

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL**

**MODELO DE GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS EN ÁREAS  
RURALES**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERA  
AMBIENTAL**

**RITA CRISTINA TIPÁN GUALOTO**

**criswen1ambiental@gmail.com**

**JUANITA YESSENIA YÁNEZ SALAZAR**

**yyess.dls@hotmail.com**

**DIRECTOR: PROF. ING. ISAÍAS MARCELO MUÑOZ RODRÍGUEZ M.SC**

**marcelo.munoz@epn.edu.ec**

**QUITO, JUNIO 2011**

## DECLARACIÓN

Nosotras, Rita Cristina Tipán Gualoto y Juanita Yessenia Yánez Salazar, 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 en la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

---

**CRISTINA TIPÁN GUALOTO**

---

**YESSENIA YÁNEZ SALAZAR**

## **CERTIFICACIÓN**

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Rita Cristina Tipán Gualoto y Juanita Yessenia Yáñez Salazar, bajo mi supervisión.

---

**PROF. ING. MARCELO MUÑOZ R. M.SC**  
**DIRECTOR DEL PROYECTO**

## AGRADECIMIENTOS

A mis padres por el sacrificio que hicieron día a día para asegurarme un mejor futuro y por la libertad que me han dado durante toda mi vida. Gracias por confiar en mí.

A mis hermanos porque al final me llegaron a querer como yo los quiero a ellos.

A las personas con las que compartí mi vida universitaria: Vanessa, Pao, Yessenia, Carlos, Juan, Gabo, Marcelo y Robinson. Gracias por las risas, los abrazos, las caídas y por todos los momentos que vivimos juntos.

A mis profesores, Ing. Marcelo Muñoz, Ing. Cesar Narváez e Ing. Luis Jaramillo por todo el apoyo que nos brindaron para la realización de nuestro proyecto de tesis.

A la Fundación Pachamama que depositó su confianza en nosotras y que mediante la cual, logramos terminar exitosamente nuestro proyecto de tesis.

A mi compañera y amiga Yessenia por tener una paciencia infinita conmigo. Fue un placer el haber trabajado juntas.

A mi amiga Gaby por el apoyo durante todo este tiempo y sobre todo por brindarme una amistad sincera y leal.

A todos mis amigos más cercanos que lograron cambiar lo prosaico en trascendental.

Y finalmente a la persona que derribó todas las paredes construidas a mí alrededor.

**Cristina**

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por haberme dado toda la sabiduría para hacer de mí, una persona honesta y responsable.

A mis padres por su paciencia, apoyo y comprensión, por estar junto a mí siempre brindándome confianza en todos los momentos de mi vida.

A los Ingenieros Marcelo Muñoz, César Narváez y Luis Jaramillo por sus enseñanzas y apoyo a lo largo de mi carrera y desarrollo de la tesis.

A mis amigos y compañeros que compartimos juntos los buenos y malos momentos, apoyándonos siempre unos a otros para llegar a la meta que nos propusimos Chelo, Gabo, Vane, Juancho, Robin, Pao, Carlitos y en especial a mi amiga de tesis Cris.

**Yess**

## DEDICATORIA

A mi familia, porque a pesar de todas las dificultades que vivimos, logramos mantenernos juntos.

A todas las personas que de una u otra forma dejaron una huella positiva en mi vida y que siempre serán recordadas. A las personas que dejaron una huella negativa: ¡gracias por hacerme más fuerte!

A todos los individuos que con acciones individuales o colectivas intentan cambiar la realidad del mundo en que vivimos.

**Cristina**

## DEDICATORIA

Con mucho cariño dedico esta tesis a mis Padres porque me han dado lo mejor. A mi hermana Sol que ha sido mi fiel amiga

Mi eterna gratitud a ellos que son todo para mí y son las personas que más quiero.

**Yess**

## CONTENIDO

DECLARACIÓN .....	II
CERTIFICACIÓN .....	iii
AGRADECIMIENTOS .....	IV
AGRADECIMIENTOS .....	V
DEDICATORIA.....	vi
DEDICATORIA.....	vii
CONTENIDO.....	viii
ÍNDICE DE CUADROS .....	xiv
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xix
RESUMEN .....	xxii
ABSTRACT .....	xxiii
PRESENTACIÓN.....	xxiv
CAPÍTULO 1 .....	1
ASPECTOS GENERALES.....	1
1.1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN .....	2
1.2.1 OBJETIVO GENERAL .....	2
1.2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS .....	2
1.3 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO .....	3
1.4 MARCO LEGAL.....	5
CAPÍTULO 2 .....	8
INVESTIGACIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	8

2.1	DESCRIPCIÓN DE LA COMUNIDAD WEEKAINTS .....	8
2.1.1	FORMA DE VIDA Y CONSUMO .....	9
2.2	RESIDUOS SÓLIDOS.....	11
2.2.1	RESIDUOS SÓLIDOS EN ÁREAS RURALES.....	11
2.2.2	CLASIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS .....	12
2.2.3	COMPOSICION DE RESIDUOS SÓLIDOS.....	13
2.2.4	TASA DE GENERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS .....	15
2.2.4.1	Cantidad de Residuos Sólidos.....	15
2.2.4.2	Tasa Per Cápita (T.P.C) .....	15
2.2.5	ALMACENAMIENTO.....	17
2.2.6	RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE .....	18
2.3	EFFECTOS DE LA INADECUADA GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS.....	18
2.4	IMPACTOS DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS EN EL MEDIO AMBIENTE.....	20
2.4.1	RECURSO HÍDRICO .....	20
2.4.2	RECURSO SUELO .....	21
2.4.3	RECURSO ATMOSFÉRICO .....	22
2.5	GESTIÓN FINAL .....	23
2.5.1	GESTIÓN DE RESIDUOS sólidos ORGÁNICOS.....	23
2.5.1.1	Compostaje Aerobio .....	24
2.5.1.1.1	<i>Principales organismos que actúan en la descomposición de materia orgánica.....</i>	24
2.5.1.1.2	<i>Proceso del Compostaje Aerobio.....</i>	25
2.5.1.1.3	<i>Factores Relativos al Proceso de Compostaje Aerobio ...</i>	26
2.5.1.1.4	<i>Materiales según su velocidad de descomposición.....</i>	28
2.5.1.1.5	<i>Productos del compost.....</i>	28
2.5.1.1.6	<i>Usos y Aplicaciones del compost.....</i>	29
2.5.1.1.7	<i>Ventajas y Desventajas del Compost.....</i>	29
2.5.1.2	Compostaje Aerobio Doméstico .....	30
2.5.1.2.1	<i>Características del Contenedor.....</i>	31
2.5.1.2.2	<i>Localización del Compostador .....</i>	31
2.5.1.2.3	<i>Herramientas para la Elaboración de Compost.....</i>	32

2.5.1.2.4	<i>Ventajas del Compostaje Doméstico</i> .....	32
2.5.1.2.5	<i>Etapas para realizar el compostaje aerobio</i> .....	32
2.5.1.3	Compostaje Aerobio Colectivo.....	34
2.5.1.3.1	<i>Tipos de Compostaje Aerobio</i> .....	34
2.5.1.3.2	<i>Características del Compostaje Aerobio</i> .....	36
2.5.1.4	Compostaje Anaerobio .....	38
2.5.1.4.1	<i>Microorganismos que intervienen en los procesos</i> .....	38
2.5.1.4.2	<i>Factores que afectan al proceso</i> .....	40
2.5.1.4.3	<i>Uso y aplicaciones</i> .....	41
2.5.1.4.4	<i>Ventajas y Desventajas</i> .....	42
2.5.1.5	Compostaje Anaerobio Doméstico .....	43
2.5.1.5.1	<i>Características del Contenedor</i> .....	44
2.5.1.5.2	<i>Localización del Compost Anaerobio Doméstico</i> .....	44
2.5.1.5.3	<i>Ventajas del Compost Anaerobio Doméstico</i> .....	44
2.5.1.5.4	<i>Etapas para la realización del Compostaje Anaerobio Doméstico</i> .....	45
2.5.1.6	Compost Anaerobio Colectivo .....	45
2.5.1.6.1	<i>Tipos de biodigestor anaerobio colectivos</i> .....	46
2.5.1.6.2	<i>Características del compostaje anaerobio colectivo – biodigestor tubular</i> .....	48
2.5.1.6.3	<i>Ventajas</i> .....	49
2.5.1.6.4	<i>Consideraciones previas a la instalación</i> .....	50
2.5.1.6.5	<i>Etapas para la construcción de compostaje anaerobio – biodigestor tubular</i> .....	53
2.5.1.7	Alimentación de Animales Domésticos.....	56
2.5.2	GESTIÓN DE RESIDUOS INORGÁNICOS .....	57
2.5.2.1	Reciclaje .....	57
2.5.2.2	Sitios de Acopio.....	57
2.5.2.2.1	<i>Contenedores</i> .....	58
2.5.2.2.2	<i>Tableros Informativos</i> .....	58
2.5.2.2.3	<i>Actividades en el Sitio de Acopio</i> .....	59
2.5.2.2.4	<i>Ventajas de los Sitios de Acopio</i> .....	60
2.5.2.3	Relleno Sanitario Manual.....	61

2.5.2.3.1	<i>Tipos o métodos de relleno sanitario</i> .....	62
2.5.2.3.2	<i>Selección del método</i> .....	63
2.5.2.3.3	<i>Identificación y Selección del Terreno</i> .....	64
2.5.2.3.4	<i>Construcción</i> .....	65
2.5.2.3.5	<i>Operación y Mantenimiento</i> .....	66
2.5.2.3.6	<i>Clausura del Relleno Sanitario Manual</i> .....	66
2.5.2.3.7	<i>Ventajas del Rellenos Sanitario Manual</i> .....	67
2.5.2.4	<i>Educación</i> .....	67
2.5.2.4.1	<i>Pasos para Capacitar a la Población</i> .....	69
2.5.2.4.2	<i>Reducción de Sólidos en el Origen</i> .....	70
CAPÍTULO 3	.....	71
INVESTIGACIÓN DE CAMPO	.....	71
3.1	POBLACIÓN ACTUAL Y FUTURA.....	71
3.2	ANÁLISIS POBLACIONAL .....	71
3.3	CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS.....	72
3.4	DETERMINACIÓN DE CALIDAD Y CANTIDAD DE RESIDUOS SÓLIDOS GENERADOS .....	78
3.4.1	DETERMINACIÓN DE LA TASA PER CÁPITA .....	78
3.4.2	DATOS REGISTRADOS DURANTE LA SEMANA DE RECOLECCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS.....	80
3.4.2.1	Cantidad de Materia Orgánica e Inorgánica .....	80
3.4.2.2	Porcentaje de los diferentes componentes de los Residuos Sólidos Inorgánicos durante la semana .....	82
3.5	DETERMINACIÓN DE LA TASA PER CAPITA, CANTIDAD ACTUAL Y FUTURA DE RESIDUOS SÓLIDOS .....	85
3.6	ENCUESTA.....	86
3.6.1	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	88
3.7	PRESENCIA DE RESIDUOS SÓLIDOS PELIGROSOS.....	91
3.8	RECOLECCIÓN Y DISPOSICIÓN FINAL .....	92
3.9	PROBLEMAS SOCIO ECONÓMICOS ALREDEDOR DEL MANEJO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS .....	93
CAPÍTULO 4	.....	95

PROPUESTA DE MODELO DE GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS .....	95
4.1 RESIDUOS SEPARADOS .....	95
4.2 MODELO DE GESTIÓN DE RESIDUOS SEPARADOS PARA EL ÁREA RURAL.....	97
4.3 ANALISIS DE RESULTADOS PARA LA VIABILIDAD DEL MODELO DE GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS EN ÁREAS RURALES.....	98
4.4 DISEÑOS PARA LA GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS EN ÁREAS RURALES (COMUNIDAD WEEK AINTS).....	102
4.4.1 COMPOSTAJE AEROBIO .....	103
4.4.1.1 Unidad de Compostaje (Uc).....	104
4.4.1.2 Diseño de la pila .....	105
4.4.1.3 Tiempo de Compostaje (Tc) .....	105
4.4.1.4 Dimensión del Área de Compostaje .....	106
4.4.2 COMPOSTAJE ANAEROBIO .....	108
4.4.2.1 Producción de biogás .....	110
4.4.2.2 Dimensión del Biodigestor Plástico Tubular.....	112
4.5 DISEÑOS PARA LA GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS INORGÁNICOS EN ÁREAS RURALES (WEEK AINTS) .....	117
4.5.1 SITIO DE ACOPIO .....	118
4.5.2 RELLENO SANITARIO MANUAL .....	118
4.5.2.1 Volumen de residuos sólidos .....	120
4.5.2.2 Volumen del relleno necesario.....	121
4.5.2.3 Área requerida.....	121
4.5.2.4 Área total requerida: .....	122
4.5.2.5 Volumen de la zanja .....	122
4.5.2.6 Dimensiones de la zanja.....	123
4.5.2.7 Conformación de las celdas.....	123
4.5.2.7.1 Dimensiones de la celda .....	124
4.5.2.7.2 Compactación de las celdas .....	125
4.5.3 ENCAPSULACIÓN DE PILAS.....	125
4.5.3.1 Modelo de Encapsulación.....	127
4.5.3.2 Proceso de Encapsulamiento .....	128
4.6 IMPACTO DEL MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS.....	129

4.7 COSTOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO DE GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS.....	130
4.7.1 COMPOSTAJE AEROBIO .....	130
4.7.2 COMPOSTAJE ANAEROBIO .....	131
4.7.3 RELLENO SANITARIO MANUAL .....	132
4.7.4 ENCAPSULACIÓN PILAS.....	133
CAPÍTULO 5.....	134
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	134
5.1 CONCLUSIONES.....	134
5.2 RECOMENDACIONES .....	135
ANEXOS .....	137
ANEXO No 1 .....	138
DATOS DE LA ENCUESTA REALIZADA A LA COMUNIDAD.....	138
ANEXO No 2 .....	141
LOTIZACIÓN DE LA COMUNIDAD WEEK AINTS .....	141
ANEXO No 3 .....	142
ANÁLISIS DE LABORATORIO DE LOS RESIDUOS SOLIDOS DE LA COMUNIDAD WEEK AINTS.....	142
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	143

## ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO 1.4-1: MARCO LEGAL RESPECTO A LA GESTIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS EN ECUADOR.....	5
CUADRO 2.2-1: EJEMPLOS DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS E INORGÁNICOS.....	13
CUADRO 2.2-2: NATURALEZA DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN ECUADOR .....	14
CUADRO 2.2-3: PRODUCCIÓN PER CÁPITA, POR TAMAÑO DE CIUDADES.	15
CUADRO 2.2-4: ESTIMACIÓN PER CÁPITA EN ZONAS RURALES PARA VARIOS PAISES.....	16
CUADRO 2.2-5: TASA PER CÁPITA DE RESIDUOS SÓLIDOS EN ZONAS RURALES DE COLOMBIA.....	16
CUADRO 2.3-1: PROBLEMAS AMBIENTALES Y DE SALUD ASOCIADOS AL MANEJO INADECUADO DE RESIDUOS SOLIDOS.....	19
CUADRO 2.5-1: FACTORES QUE AFECTAN AL PROCESO DE COMPOSTALE AEROBIO.....	26
CUADRO 2.5-2: RELACIONES C/N DE MATERIALES COMPOSTABLES .....	27
CUADRO 2.5-3: MATERIALES PARA COMPOSTAR .....	27
CUADRO 2.5-4: TIPOS DE COMPOSTADORES PARA COMPOSTAJE AEROBIO DOMÉSTICO .....	30
CUADRO 2.5-5: PROBLEMAS, POSIBLES CAUSAS Y SOLUCIONES AL REALIZAR EL COMPOSTAJE AEROBIO.....	37
CUADRO 2.5-6: PROCESOS DE LA BIOMETIZACION.....	39
CUADRO 2.5-7: TEMPERATURA Y TIEMPO DE RETENCION PARA EL COMPOST ANAEROBIO.....	40
CUADRO 2.5-8: EFECTO DE LOS VALORES DE PH .....	41

CUADRO 2.5-9: EQUIVALENCIA ENERGÉTICA DEL BIOGÁS CON OTROS COMBUSTIBLES .....	42
CUADRO 2.5-10: EJEMPLO DE COMPOSTAJE ANAEROBIO DOMÉSTICO ...	45
CUADRO 2.5-11: PARTES PRINCIPALES DEL BIODIGESTOR TUBULAR .....	49
CUADRO 2.5-12: MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL BIODIGESTOR TUBULAR.....	51
CUADRO 2.5-13: COMPARACIÓN ENTRE RELLENO SANITARIO CON RESIDUOS SÓLIDOS MEZCLADOS Y RELLENO SANITARIO CON RESIDUOS SÓLIDOS MEZCLADOS .....	67
CUADRO 3.4-1: CANTIDAD DE RESIDUOS SÓLIDOS CORRESPONDIENTES AL PRIMER DÍA.....	80
CUADRO 3.4-2: CANTIDAD DE RESIDUOS SÓLIDOS CORRESPONDIENTES AL SEGUNDO DÍA.....	80
CUADRO 3.4-3: CANTIDAD DE RESIDUOS SÓLIDOS CORRESPONDIENTES AL TERCER DÍA .....	81
CUADRO 3.4-4: CANTIDAD DE RESIDUOS SÓLIDOS CORRESPONDIENTES AL CUARTO DÍA.....	81
CUADRO 3.4-5: CANTIDAD DE RESIDUOS SÓLIDOS CORRESPONDIENTES AL QUINTO DÍA.....	81
CUADRO 3.4-6: CANTIDAD DE RESIDUOS SÓLIDOS CORRESPONDIENTES AL SEXTO DÍA.....	82
CUADRO 3.4-7: CANTIDAD DE RESIDUOS SÓLIDOS CORRESPONDIENTES AL SÉPTIMO DÍA.....	82
CUADRO 3.4-8: PORCENTAJE DE LOS COMPONENTES DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS INORGÁNICOS CORRESPONDIENTES AL SEGUNDO DÍA .....	82
CUADRO 3.4-9: PORCENTAJE DE LOS COMPONENTES DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS INORGÁNICOS CORRESPONDIENTES AL TERCER DÍA .....	83
CUADRO 3.4-10: PORCENTAJE DE LOS COMPONENTES DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS INORGÁNICOS CORRESPONDIENTES AL CUARTO DÍA .....	83

CUADRO 3.4-11: PORCENTAJE DE LOS COMPONENTES DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS INORGÁNICOS CORRESPONDIENTES AL QUINTO DÍA .....	84
CUADRO 3.4-12: PORCENTAJE DE LOS COMPONENTES DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS INORGÁNICOS CORRESPONDIENTES AL SEXTO DÍA .....	84
CUADRO 3.4-13: PORCENTAJE DE LOS COMPONENTES DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS INORGÁNICOS CORRESPONDIENTES AL SÉPTIMO DÍA .....	84
CUADRO 3.4-14: PESO ESPECÍFICO APARENTE REGISTRADO EN LA SEMANA DE MUESTREO .....	85
CUADRO 3.5-1: T.P.C. Y CANTIDAD DE RESIDUOS SÓLIDOS .....	85
CUADRO 3.5-2: PORCENTAJE DE RESIDUOS ORGÁNICOS E INORGÁNICOS .....	85
CUADRO 3.5-3: PORCENTAJE DE LOS DIFERENTES COMPONENTES DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS INORGÁNICOS .....	86
CUADRO 4.3-1: TASA PER CAPITA Y GENERACIÓN FUTURA DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS .....	98
CUADRO 4.3-2: GENERACIÓN ANUAL DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS .....	99
CUADRO 4.3-3: TASA PER CÁPITA Y GENERACIÓN FUTURA DE RESIDUOS SÓLIDOS INORGÁNICOS .....	99
CUADRO 4.3-4: GENERACIÓN ANUAL DE RESIDUOS SÓLIDOS INORGÁNICOS .....	99
CUADRO 4.3-5: TASA PER CAPITA Y GENERACIÓN FUTURA DE RESIDUOS SÓLIDOS INORGÁNICOS (LATAS) .....	99
CUADRO 4.3-6: GENERACIÓN ANUAL DE RESIDUOS SÓLIDOS INORGÁNICOS (LATAS) .....	99
CUADRO 4.3-7: TASA PER CAPITA Y GENERACIÓN FUTURA DE RESIDUOS SÓLIDOS INORGÁNICOS (PAPEL Y CARTÓN) .....	100
CUADRO 4.3-8: GENERACIÓN ANUAL DE RESIDUOS SÓLIDOS INORGÁNICOS (PAPEL Y CARTÓN) .....	100

CUADRO 4.3-9: TASA PER CAPITA Y GENERACIÓN FUTURA DE RESIDUOS SÓLIDOS INORGÁNICOS (PILAS) .....	100
CUADRO 4.3-10: GENERACIÓN ANUAL DE RESIDUOS SÓLIDOS INORGÁNICOS (PILAS) .....	100
CUADRO 4.3-11: TASA PER CAPITA Y GENERACIÓN FUTURA DE RESIDUOS SÓLIDOS INORGÁNICOS (PLÁSTICO).....	100
CUADRO 4.3-12: GENERACIÓN ANUAL DE RESIDUOS SÓLIDOS INORGÁNICOS (PLÁSTICO).....	101
CUADRO 4.3-13: TASA PER CAPITA Y GENERACIÓN FUTURA DE RESIDUOS SÓLIDOS INORGÁNICOS (VIDRIO) .....	101
CUADRO 4.3-14: GENERACIÓN ANUAL DE RESIDUOS SÓLIDOS INORGÁNICOS (VIDRIO) .....	101
CUADRO 4.3-15: TASA PER CAPITA Y GENERACIÓN FUTURA DE RESIDUOS SÓLIDOS INORGÁNICOS (OTROS).....	101
CUADRO 4.3-16: GENERACIÓN ANUAL DE RESIDUOS SÓLIDOS INORGÁNICOS (OTROS).....	102
CUADRO 4.3-17: PESO ESPECÍFICO APARENTE DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS INORGÁNICOS.....	102
CUADRO 4.4-1: PESO ESPECÍFICO APARENTE DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS .....	104
CUADRO 4.4-2: PESO DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS VS VOLUMEN .....	104
CUADRO 4.4-3: TIEMPO DE COMPOSTAJE VS TEMPERATURA.....	106
CUADRO 4.4-4: PRODUCCIÓN DE ESTIÉRCOL DIARIO.....	109
CUADRO 4.4-5: PRODUCCIÓN DE BIOGÁS.....	110
CUADRO 4.4-6: EQUIVALENCIA ENERGÉTICAS DEL BIOGÁS.....	111
CUADRO 4.4-7: DIMENSIONADO DE UN BIODIGESTOR DE VOLUMEN 1333,3 L .....	112

CUADRO 4.4-8: DIMENSIONES DE LA ZANJA SEGÚN EL ANCHO DEL ROLLO .....	113
CUADRO 4.5-1: PRODUCCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS INORGÁNICOS POR SEMANA .....	118
CUADRO 4.7-1: COSTOS DE INVERSIÓN, EQUIPOS EMPLEADOS EN EL SISTEMA DE COMPOSTAJE .....	130
CUADRO 4.7-2: COSTOS DE INVERSIÓN EMPLEADOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL BIODIGESTOR TUBULAR.....	131
CUADRO 4.7-3: INVERSIÓN PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL RSM.....	132
CUADRO 4.7-4: INVERSIÓN PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL RSM.....	133

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 2.4-1: CONTAMINACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO .....	20
FIGURA 2.4-2: CONTAMINACIÓN DEL RECURSO ATMOSFÉRICO .....	22
FIGURA 2.5-1: CUBIERTA DE UNA PILA ESTÁTICA.....	35
FIGURA 2.5-2: REACTOR PARA COMPOSTAJE.....	36
FIGURA 2.5-3: COMPORTAMIENTO DE LA DIGESTIÓN ANAEROBIA .....	42
FIGURA 2.5-4: BIODIGESTOR DE FLUJO DISCONTINUO.....	46
FIGURA 2.5-5: BIODIGESTOR DE FLUJO CONTINUO – CÚPULA FIJA.....	47
FIGURA 2.5-6: BIODIGESTOR DE FLUJO CONTINUO – CÚPULA FLOTANTE	47
FIGURA 2.5-7: BIODIGESTOR DE FLUJO CONTINUO – TUBULAR.....	48
FIGURA 2.5-8: BIODIGESTOR TUBULAR DE FLUJO CONTINUO.....	49
FIGURA 2.5-9: ZANJA PARA EL BIODIGESTOR TUBULAR.....	53
FIGURA 2.5-10: CONSTRUCCION DEL CUERPO DEL BIODIGESTOR TUBULAR.....	54
FIGURA 2.5-11: VÁLVULA DE SALIDA DE BIODIGESTOR TUBULAR .....	54
FIGURA 2.5-12: ENTRADAS Y SALIDAS DEL BIODIGESTOR TUBULAR .....	55
FIGURA 2.5-13: CONEXIONES DEL BIODIGESTOR TUBULAR .....	55
FIGURA 2.5-14: CONTENEDORES Y TABLEROS INFORMATIVOS.....	58
FIGURA 2.5-15: FORMAS DE RECOLECCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS INORGÁNICOS.....	60
FIGURA 2.5-16: MÉTODO DE ÁREA .....	62
FIGURA 2.5-17: MÉTODO DE ZANJA/TRINCHERA.....	63
FIGURA 3.3-1: REUNIÓN INFORMATIVA.....	72
FIGURA 3.3-2: ENTREGA DE FUNDAS A LAS HABITANTES.....	73

FIGURA 3.3-3: RECOLECCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS EN LA COMUNIDAD .....	74
FIGURA 3.3-4: HOMOGENIZACIÓN DE LAS MUESTRAS.....	74
FIGURA 3.3-5: OPERACIÓN DE CUARTEO.....	75
FIGURA 3.3-6: RECOLECCIÓN DE LOS RESIDUOS SOLIDOS.....	75
FIGURA 3.3-7: PESAJE DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS .....	76
FIGURA 3.3-8: CLASIFICACION DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS INORGÁNICOS .....	76
FIGURA 3.3-9: DETERMINACIÓN DEL PESO ESPECÍFICO APARENTE .....	77
FIGURA 3.5-1: PORCENTAJE DE RESIDUOS SOLIDOS ORGÁNICOS E INORGÁNICOS.....	86
FIGURA 3.5-2: PORCENTAJE DE LOS DIFERENTES COMPONENTES DE LOS RESIDUOS SOLIDOS INORGÁNICOS .....	86
FIGURA 3.6-1: ENCUESTA REALIZADA EN LA COMUNIDAD .....	87
FIGURA 3.6-2: TIPOS DE DEPÓSITO DONDE SE ALMACENA LOS RESIDUOS SÓLIDOS .....	89
FIGURA 3.6-3: FRECUENCIA DE TRANSPORTE DE RESIDUOS SÓLIDOS....	89
FIGURA 3.6-4: OBJETOS QUE SE REUTILIZAN.....	90
FIGURA 3.6-5: CONOCIMIENTO ACERCA DE RECICLAJE .....	90
FIGURA 3.6-6: AFECCIONES A LA SALUD CAUSADAS POR EL MAL MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS.....	91
FIGURA 3.6-7: PORCENTAJE DE INDIVIDUOS QUE HA PADECIDO ENFERMEDADES DEBIDO AL MAL MANEJO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS	91
FIGURA 4.4-1: DIMENSIONES DE LA PILA DE COMPOSTAJE AEROBIO.....	105
FIGURA 4.4-2: ESQUEMA DE UNA POSIBLE DISTRIBUCIÓN .....	107
FIGURA 4.4-3: CUBIERTA PARA EL COMPOSTAJE.....	108
FIGURA 4.4-4: CANCHA DE CONCRETO .....	108

FIGURA 4.4-5: DIMENSIONES DE LA ZANJA PARA EL BIODIGESTOR TUBULAR.....	113
FIGURA 4.4-6: IMPERMEABILIZACIÓN DE LA ZANJA .....	113
FIGURA 4.4-7: CAJA DE ENTRADA Y SALIDA DEL BIODIGESTOR.....	114
FIGURA 4.4-8: DIMENSIONES DE LAS CAJAS DE ENTRADA Y SALIDA PARA EL BIODIGESTOR .....	115
FIGURA 4.4-9: UBICACIÓN DEL BIODIGESTOR CON RESPECTO A LA CHANCHERA.....	115
FIGURA 4.4-10: DIMENSIÓN DE LA PLATAFORMA PARA LA CHANCHERA	116
FIGURA 4.4-11: MODELOS DE CERCOS ECONÓMICOS.....	116
FIGURA 4.5-1: APLICACIÓN DE PILAS ENCAPSULADAS.....	126
FIGURA 4.5-2: MODELO DE ENCAPSULACIÓN DE PILAS.....	127

## RESUMEN

El presente Proyecto de Titulación consiste en una investigación bibliográfica sobre las etapas de la gestión y generalidades de los residuos sólidos en áreas rurales; y una investigación en campo sobre la caracterización de residuos sólidos en una comunidad rural “Week Aints” ubicada en la provincia de Pastaza.

Se realizó la caracterización de los residuos sólidos para la población actual y futura. Con los resultados obtenidos, se propone un modelo de gestión con residuos sólidos separados, es decir, residuos sólidos orgánicos e inorgánicos.

Para los residuos sólidos orgánicos se plantean tres alternativas para su disposición final: Compostaje Aerobio, Compostaje Anaerobio y Alimento para Animales Domésticos. En cuanto a los residuos sólidos inorgánicos se propone la implementación de: Sitio de Acopio, Relleno Sanitario Manual y Encapsulación de Pilas usadas.

El modelo de gestión de residuos sólidos separados permite establecer un modelo denominado GESTIÓN LIMPIA, en el cual se pretende dar a los residuos sólidos generados en áreas rurales el destino final más adecuado desde el punto de vista económico, social, ambiental y de salud pública.

## **ABSTRACT**

The presented Degree Project consists of bibliographical research of the management stages of the solid waste in rural areas and field research regarding the characterization of solid waste in a rural community, "Week Aints," located in the Pastaza province.

Study of the solid waste was conducted considering the current and future population. With the obtained results, a model of management of separated solid waste, meaning organic and inorganic solids, is proposed.

For the organic solid waste, three alternatives have been planned for its ultimate disposal: Aerobic Composting, Anaerobic Composting and Food for Domestic Animals. In consideration of the inorganic solid waste, the following have been proposed: Storage Site, Manual Toilet Filling and Encapsulation of Used Batteries.

The model of management of distinct solid wastes allows for the establishment of a model called Clean Management wherein solid waste produced in rural areas would be disposed of in an area found most adequate from an economic, social and environmental standpoint.

## PRESENTACIÓN

En el presente proyecto se analizarán las características de los residuos sólidos que se generan en áreas rurales y las formas de gestionarlos a fin de evitar los impactos negativos en el ambiente y en la salud de la población.

El primer capítulo se refiere a nociones básicas del proyecto, objetivos, leyes que rigen para el manejo adecuado de residuos sólidos y generalidades acerca de la ubicación y demografía de la comunidad rural Week Aints.

El segundo capítulo contiene la investigación bibliográfica en la cual se detallan las etapas de los residuos sólidos, el manejo y la disposición final.

En el tercer capítulo se presentan los datos recolectados, así como los resultados obtenidos en la investigación de campo realizados en la comunidad Week Aints.

En el cuarto capítulo se plantea el modelo de gestión de residuos sólidos separados en la comunidad Week Aints.

En el último capítulo se da a conocer las conclusiones y recomendaciones del proyecto, con lo que se busca dar una adecuada gestión a los residuos sólidos generados en áreas rurales.

# **CAPÍTULO 1**

## **ASPECTOS GENERALES**

### **1.1 INTRODUCCIÓN**

Los problemas generados por el inadecuado manejo de los residuos sólidos en el país siempre han estado presentes. Durante los años setenta, el Instituto Ecuatoriano de Obras Sanitarias (IEOS), tenía la responsabilidad del sector de agua potable y saneamiento, dentro del cual se incluía la gestión de residuos sólidos.

Posteriormente, el IEOS dejó de existir nominalmente, pero todas sus funciones se trasladaron a la Subsecretaría de Saneamiento Ambiental del Ministerio de Desarrollo Urbano y de Vivienda (MIDUVI).

El MIDUVI, a través de la Subsecretaría de Servicios Domiciliarios de Agua Potable, Saneamiento y Residuos Sólidos, realizó un análisis del marco jurídico e institucional relacionado con el manejo de los residuos en el Ecuador, con el objeto de plantear acciones y estrategias para un reordenamiento del sector.

Los esfuerzos de las instituciones responsables de los servicios relacionados con los residuos sólidos, son mínimos, de ahí que el problema se agrava día a día, sin que existan respuestas del Gobierno Central y de los Gobiernos Locales.

En la actualidad, no existe una política institucional a nivel nacional para la gestión de los residuos sólidos; por lo que cada una de las instituciones públicas y ministerios relacionados con el tema aplican criterios y estrategias distintas para atender situaciones comunes operando de manera disfuncional.

Se puede decir por lo tanto, que la falta de infraestructura, la falta de participación ciudadana, la carencia de servicios eficientes y el financiamiento para el manejo de los residuos sólidos son el motivo fundamental para que se registren coberturas sumamente deficientes en cuanto a la gestión de residuos en la zona rural.

## **1.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.2.1 OBJETIVO GENERAL**

- Proponer un modelo para la gestión de residuos sólidos generando alternativas que sirvan como base para el manejo de los mismos en zonas rurales.

### **1.2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Proporcionar un manejo adecuado para los residuos sólidos generados en la comunidad Week Aints procurando que éstos dejen de ser un problema y permitan el desarrollo de la comunidad.
- Formular alternativas para el manejo de los residuos sólidos tanto orgánicos como inorgánicos en la comunidad Week Aints
- Determinar la cantidad, composición y el tipo de residuos sólidos generados en dicha comunidad.
- Aprovechar de manera óptima los residuos sólidos orgánicos permitiendo su uso en procesos productivos.
- Proteger la salud de la población y mantener un ambiente agradable y sano.
- Disminuir el impacto ambiental que generan los residuos sólidos mal manejados debido a su inadecuada disposición.

### **1.3 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO**

En la sociedad actual se sigue una fuerte corriente consumista que conlleva a una mayor generación de productos y alimentos. Además, en conjunto con el crecimiento poblacional da como resultado la generación cada vez mayor de residuos sólidos. Dentro del área rural se suma una mayor facilidad de adquisición de productos que en un principio, no llegaban hasta estos sectores. Es así que la composición de los residuos sólidos es cada vez más heterogénea.

La inadecuada disposición de los residuos sólidos en el área rural es fuente de deterioro de los ecosistemas que abrigan gran biodiversidad, afectando a la flora y fauna de la zona. Las comunidades aprovechan su entorno para proyectos de turismo para lo cual deben procurar conservar sus recursos de la mejor manera posible evitando una posible contaminación. Es por esto que resulta urgente implementar un adecuado manejo y disposición final de los residuos sólidos para minimizar los impactos negativos en el ambiente y promover el desarrollo en dichas comunidades.

La disposición final de los residuos sólidos en las comunidades toma características particulares debido a factores como: la falta de recursos e información, desconocimiento de la tecnología apropiada que no necesariamente significa costos mayores de inversión y operación, desconocimiento de soluciones conjuntas, entre otros.

Es un tema de gran interés y preocupación para las autoridades, instituciones y comunidades pues una inadecuada disposición de los mismos pueden amenazar la salud humana y el ambiente: además de que se estimula la proliferación de vectores transmisores de enfermedades.

Se debe considerar además la falta de políticas y prácticas ambientalmente sostenibles dentro del área rural. En el Ecuador, la cobertura de recolección de

residuos sólidos urbanos llega al 86.9%, mientras que el 19.7% corresponde al sector rural. (SIISE, 2001)

Es necesario darle una visión nueva al manejo de residuos sólidos y destacar la importancia de reducir su generación e intensificar su aprovechamiento y valorización. Los residuos sólidos rurales pueden generar oportunidades de desarrollo para las comunidades en términos de salud y de un manejo ambientalmente adecuado, como para crear áreas de oportunidad y generación de ingresos para grupos comunitarios que se vinculen a estas actividades.

Es así que se busca un modelo ecológico que permita encontrar formas de organización y procedimientos de trabajo adecuados y un mejor aprovechamiento, reciclaje, tratamiento y reducción del volumen de residuos sólidos en beneficio de toda la comunidad.

## 1.4 MARCO LEGAL

El Marco Legal que regula la gestión integral de los residuos sólidos en el Ecuador se detalla en la siguiente tabla:

**CUADRO 1.4-1:  
MARCO LEGAL RESPECTO A LA GESTIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS EN ECUADOR**

Leyes	Artículos
<b>CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR</b>	<p>Art. 14 Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, <i>sumak kawsay</i>. Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados.</p>
	<p>Art. 66 Se reconoce y garantizará a las personas: 127. El derecho a vivir en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado, libre de contaminación y en armonía con la naturaleza.</p>
	<p>Art. 83 Son deberes y responsabilidades de las ecuatorianas y los ecuatorianos, sin perjuicio de otros previstos en la Constitución y la ley: 16. Respetar los derechos de la naturaleza, preservar un ambiente sano y utilizar los recursos naturales de modo racional, sustentable y sostenible. 113. Conservar el patrimonio cultural y natural del país, y cuidar y mantener los bienes públicos</p>
	<p>Art. 250 El territorio de las provincias amazónicas forma parte de un ecosistema necesario para el equilibrio ambiental del planeta. Este territorio constituirá una circunscripción territorial especial para la que existirá una planificación integral recogida en una ley que incluirá aspectos sociales, económicos, ambientales y culturales, con un ordenamiento territorial que garantice la conservación y protección de sus ecosistemas y el principio del <i>sumak kawsay</i>.</p>

**CUADRO 1.4-2 CONTINUACIÓN:  
MARCO LEGAL RESPECTO A LA GESTIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS EN ECUADOR**

<b>CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR</b>	Art. 264 Los gobiernos municipales tendrán las siguientes competencias exclusivas sin perjuicio de otras que determine la ley: 14. Prestar los servicios públicos de agua potable, alcantarillado, depuración de aguas residuales, manejo de desechos sólidos, actividades de saneamiento ambiental y aquellos que establezca la ley. 19. Formar y administrar los catastros inmobiliarios urbanos y rurales.
	Art. 267 Los gobiernos parroquiales rurales ejercerán las siguientes competencias exclusivas, sin perjuicio de las adicionales que determine la ley: 11. Planificar el desarrollo parroquial y su correspondiente ordenamiento territorial, en coordinación con el gobierno cantonal y provincial. 13. Planificar y mantener, en coordinación con los gobiernos provinciales, la vialidad parroquial rural. 14. Incentivar el desarrollo de actividades productivas comunitarias, la preservación de la biodiversidad y la protección del ambiente. 16. Promover la organización de los ciudadanos de las comunas, recintos y demás asentamientos rurales, con el carácter de organizaciones territoriales de base.
	Art. 397 12 Establecer mecanismos efectivos de prevención y control de la contaminación ambiental, de recuperación de espacios naturales degradados y de manejo sustentable de los recursos naturales.
<b>LEY DE GESTIÓN AMBIENTAL</b>	Art. 2 La gestión ambiental se sujeta a los principios de solidaridad, corresponsabilidad, cooperación, coordinación, reciclaje y reutilización de desechos, utilización de tecnologías alternativas ambientalmente sustentables y respecto a las culturas y prácticas tradicionales.
	Art. 9 Le corresponde al Ministerio del ramo: j) Coordinar con los organismos competentes sistemas de control para la verificación del cumplimiento de las normas de calidad ambiental referentes al aire, agua, suelo, ruido, desechos y agentes contaminantes;
	Art. 11 Para los efectos de esta Ley, serán consideradas como fuentes potenciales de contaminación, las sustancias radioactivas y los desechos sólidos, líquidos o gaseosos de procedencia industrial, agropecuaria, municipal o doméstica.

**CUADRO 1.4-3 CONTINUACIÓN:  
MARCO LEGAL RESPECTO A LA GESTIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS EN ECUADOR**

<p><b>LEY DE PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN CAPÍTULO III</b></p>	<p>Art. 13 Los Ministerios de Salud y del Ambiente, cada uno en el área de su competencia, en coordinación con las municipalidades, planificarán, regularán, normarán, limitarán y supervisarán los sistemas de recolección, transporte y disposición final de basuras en el medio urbano y rural.</p>
	<p>Art. 14 Las personas naturales o jurídicas que utilicen desechos sólidos o basuras, deberán hacerlo con sujeción a las regulaciones que al efecto se dictará. En caso de contar con sistemas de tratamiento privado o industrializado, requerirán la aprobación de los respectivos proyectos e instalaciones, por parte de los Ministerios de Salud y del Ambiente, en sus respectivas áreas de competencia.</p>
	<p>Art. 15 El Ministerio del Ambiente regulará la disposición de los desechos provenientes de productos industriales que, por su naturaleza, no sean biodegradables, tales como plásticos, vidrios, aluminio y otros.</p>

## **CAPÍTULO 2**

### **INVESTIGACIÓN BIBLIOGRÁFICA**

#### **2.1 DESCRIPCIÓN DE LA COMUNIDAD WEEKAINTS**

Dentro del territorio ecuatoriano, se puede encontrar diferentes nacionalidades repartidas en las diferentes regiones. Es así que la Provincia de Pastaza, ubicada dentro de la Amazonía, no se queda atrás. En la ciudad del Puyo, capital provincial, día a día se puede apreciar la migración que realizan los pueblos indígenas desde la selva hacia la ciudad. Se enfrentan con problemas culturales, económicos y de vivienda.

Para enfrentar este último problema, un grupo de indígenas planifica en el 2003 un proyecto de vivienda para la nacionalidad Achuar, el mismo que fue presentado a la NAE (Nacionalidad Achuar de Ecuador). En consejo, el proyecto de vivienda fue aprobado. Sin embargo luego de un tiempo fue rechazado por malos entendidos sobre los objetivos de la ejecución del mismo.

No conformes con el rechazo del proyecto, este grupo de indígenas reúnen a más personas interesadas para crear una asociación y obtener fondos. En vista de que no solo la nacionalidad Achuar se enfrenta a este problema sino todos los que migran hacia la ciudad como son las nacionalidades Kichua, Shuar y Waoraní se logra juntar más personas que se unan al proyecto.

Esta asociación nunca pensó en la invasión de terrenos por lo que debían adquirir un terreno legalizado para la ejecución del proyecto para el cual las personas aportaron con un mínimo de dinero para iniciar este proyecto siendo la primera vez un aporte de 50USD. Para poder pagar el costo total del terreno se realizaron préstamos que en conjunto ayudaron a la adquisición legal del terreno donde ahora se ubica la comunidad.

Luego de 7 años de estos trámites, hoy por hoy WEEK AINTS es una realidad. Muchos indígenas que nunca pensaron tener un terreno cerca de Puyo, ahora habitan en esta comunidad. Sus habitantes piensan ahora en el desarrollo de la misma. Aspiran ser una comunidad estratégica, alternativa, ambientalista y modelo para otras comunidades dentro de la provincia.

### **2.1.1 FORMA DE VIDA Y CONSUMO**

Los pueblos indígenas de la amazonia ecuatoriana tienen sus propias formas de vida. Desde su gastronomía, música y cosmovisión hasta sus variados lenguajes.

A nivel gastronómico se puede apreciar la preparación de peces en hojas, como el caracha con el que tradicionalmente se elabora el ayampaco y carnes como la guanta, la guatusa y otros animales de la selva. Los productos que se consumen mayoritariamente son la yuca, el plátano y el plátano verde. También se puede observar la preparación de bebidas con la chicha, que consiste netamente en yuca masticada para ayudar a su fermentación.

Dentro de los pueblos indígenas suele darse la poligamia. Por ejemplo, entre los Achuar, se suele encontrar casos de poliginia sororal (las esposas son hermanas entre ellas), lo cual se explica como una manera de evitar los celos entre las diferentes mujeres.

La lengua se ve distribuida de la siguiente manera:

Nacionalidad Shuar	Shuar Chicham
Nacionalidad Achuar	Achuar
Nacionalidad Kichwa	Kichwa
Nacionalidad Huaorani	Waotededo

La parte ambiental y su relación con ella se imparten desde muy temprana edad. Se lo considera importante pues asegura una buena provisión de recursos

naturales y previene su escasez y agotamiento. La obtención de los animales del monte, peces del río, productos de la chacra y otras actividades están reguladas por el trato que se tiene con el medio.

La comunidad ha incursionado en la crianza de cerdos tanto para la venta como para el consumo interno. Por ser una actividad nueva para la población, al momento, no se ha podido implementar un buen manejo para la crianza de los mismos. Esto genera problemas para la salud de la población.

Es muy común dentro de áreas rurales, dejar los animales fuera de cualquier tipo de corral. Esto no permite tener un control de lo que los animales ingieran a su paso. Debido a que no existe una disposición final de los residuos sólidos dentro de la comunidad, estos ocupan los espacios abiertos donde son quemados o simplemente abandonados en el terreno. Son en estos lugares donde los cerdos se dirigen atraídos por los residuos sólidos.

La disposición de sus excretas también ocasiona problemas. Es así que por contacto con animales enfermos o con sus excreciones y secreciones, el hombre puede adquirir enfermedades como la brucelosis o la leptospirosis. Estas enfermedades son de importancia por su impacto en la salud y por el costo que llegan a representar para la sociedad.

La crianza de gallinas también se ha convertido en una actividad cada vez más frecuente. En algunos casos se han podido construir gallineras pero en general, los animales se encuentran sueltos en los alrededores.

La adquisición de productos que vienen empacados en plástico empieza a formar parte de un problema pues debido a la cercanía que tiene la comunidad con la ciudad, este tipo de residuos se hace cada vez más frecuente y debido a que la

mayoría de sus residuos sólidos orgánicos eran depositados en la chacra, ahora estos nuevos residuos no tienen una disposición final adecuada.

## **2.2 RESIDUOS SÓLIDOS**

Conjunto de materiales sólidos de origen orgánico e inorgánico, considerados como material de desecho que se producen tras la fabricación, transformación o utilización de bienes de consumo y que están destinados a ser rechazados.

(Flores et al. 2001)

Estos residuos sólidos son susceptibles o no de aprovechamiento o transformación para darle otra utilidad o uso directo, transformándolo así en un nuevo bien, con valor económico o de disposición final.

### **2.2.1 RESIDUOS SÓLIDOS EN ÁREAS RURALES**

Residuos Rurales: Son aquellos residuos provenientes de actividades realizadas en áreas rurales, que pueden ser recuperados naturalmente o pueden ser reciclados.

La mayoría de residuos sólidos en áreas rurales son orgánicos (80%) entre ellos: restos de cocina, restos de la cosecha: paja y rastrojos secos, restos provenientes del trabajo en la agricultura: podas, deshierbes, raleos, restos de jardinería, etc. Mientras que el 20% son residuos sólidos inorgánicos como: latas, vidrios, botellas de plástico, papel y cartón.

Las comunidades rurales por lo general no cuentan con los servicios básicos como es la electricidad por tal motivo hay presencia de pilas, su cantidad es mínima pero hay que tener en cuenta que son residuos sólidos tóxicos muy peligrosos.

Los residuos sólidos orgánicos son de fácil biodegradación y su tratamiento se lo realiza mediante:

- Compostaje Aerobio
- Compostaje Anaerobio
- Alimento para animales domésticos.

Los residuos sólidos inorgánicos y los de lenta biodegradación pueden ser reciclados, si existe un mercado para poderlos comercializar; de lo contrario éstos serán trasladados a un relleno sanitario manual local.

### **2.2.2 CLASIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS**

**Residuos Sólidos Orgánicos:** Residuos sólidos biodegradables que son putrescibles, de origen biológico; de fácil biodegradación por ejemplo: los restos de comida, frutas y verduras, sus cáscaras, carne, huevos y otros residuos que puedan ser transformados fácilmente en materia estable

**Residuos Sólidos Inorgánicos y de lenta biodegradación:** Son aquellos residuos sólidos no putrescibles, de origen no biológico, de origen industrial o de algún otro proceso no natural. Debido a sus características químicas sufren una descomposición natural muy lenta. Estos residuos contienen materiales que podrían ser reciclables como: plástico, papel, cartón, cuero, metales y vidrio.

### CUADRO 2.2-1: EJEMPLOS DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS E INORGÁNICOS

Residuos Sólidos Orgánicos	Residuos Sólidos Inorgánicos y de lenta biodegradación
Residuos de alimentos: Pan, huevos Restos de carne Cáscaras de huevo Cáscaras de plátanos Frutas y verduras, entre otros.  Residuos de jardinería: Poda de pasto Hojarasca Ramas	Bolsas, empaques y envases de: plástico, vidrio, papel, cartón, metal.  Residuos sanitarios: Pañales desechables, papel de baño, toallas sanitarias.  Residuos peligrosos: Pilas y baterías, cartuchos de impresora, envases de aerosoles.  Otros: Ropa y textiles, utensilios de cocina, artículos de oficina, cerámica.

Fuente: Bueno Mariano

**Residuos Sólidos Inertes:** Son aquellos que no se descomponen ni se transforman en materia prima y su degradación natural requiere grandes períodos de tiempo. Entre estos se encuentran: algunos tipos de papel como el papel carbón, algunos plásticos, metal y vidrio.

**Residuos Sólidos Peligrosos:** Son aquellos que por su toxicidad, reactividad o corrosividad, plantean un riesgo sustancial real o potencial a la salud humana o al ambiente por ejemplo: pilas, baterías celulares.

#### 2.2.3 COMPOSICION DE RESIDUOS SÓLIDOS

Se trata de identificar tanto en masa como en volumen los componentes de los residuos. La composición de los mismos es un factor determinante pues con ello se puede decidir sobre la posibilidad de reciclaje, elección del sistema de tratamiento, planificación de operaciones unitarias, estudio de políticas de gestión de manejo y disposición final apropiada

Los valores de composición se describen en términos de porcentaje en masa, en base al contenido del material orgánico e inorgánico. En términos generales se puede decir que la composición de los residuos es consecuencia de los siguientes aspectos dentro de una población:

- nivel social
- hábitos de consumo
- ubicación: rural, urbana, sector turístico, residencial o industrial

#### **CUADRO 2.2-2: NATURALEZA DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN ECUADOR**

<b>Material</b>	<b>Porcentaje (%)</b>	<b>Producción (ton/día)</b>
Materia orgánica	71.4	5298
Papel y cartón	9.6	709
Plástico	4.5	336
Vidrio	3.7	274
Metales	0.7	53
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>	<b>6669</b>

Fuente: Análisis Sectorial de RSU en Ecuador (2002)

La composición de los residuos sólidos dentro del ambiente rural difiere con el ambiente urbano en parte por las costumbres de manejo. Los residuos sólidos orgánicos en zonas rurales son utilizados para la alimentación de ciertos animales o como abono natural, mientras que en las zonas urbanas todo el material orgánico es desechado en su totalidad.

Sin embargo, conforme al paso de los años, existe un cambio en la composición de los residuos. El volumen creciente por parte de materiales como el plástico tanto en recipientes como en bolsas se hace cada vez más frecuente en estas zonas.

**CUADRO 2.2-3: PRODUCCIÓN PER CÁPITA, POR TAMAÑO DE CIUDADES**

<b>Tipo de ciudad</b>	<b>T.P.C (Kg/hab/día)</b>	<b>Referencia</b>
Metrópolis	0.85	Quito
Grande	0.65	Santo Domingo
Mediana	0.64	Riobamba
Pequeña y rural	0.45	Tena

Fuente: Análisis Sectorial de RSU en Ecuador (2002)

La ciudad del Puyo tiene una T.P.C de 0,43 Kg/hab/día, ubicándose de esta forma dentro de ciudades pequeñas y rurales. La comunidad Week Aints se ubica en la parte rural de dicha ciudad.

## **2.2.4 TASA DE GENERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS**

### **2.2.4.1 Cantidad de Residuos Sólidos**

Es de vital importancia tener conocimiento sobre la cantidad generada de residuos sólidos, ésta se determina con la siguiente fórmula:

$$C.R.S = T.P.C * P_0$$

**(2)**

Donde:

C.R.S. = Cantidad de residuos sólidos

T.P.C = Tasa Per cápita

Po = Población

(Muñoz, 2008)

### **2.2.4.2 Tasa Per Cápita (T.P.C)**

Es la cantidad media de residuos generados por una persona en el día, se expresa en kilogramos por habitantes por día (Kg/hab\*día)

Este parámetro asocia el tamaño de la población, la cantidad de residuos y el tiempo; para su determinación se utiliza la siguiente fórmula:

$$T.P.C = \frac{\text{Peso registrado en un día } \left(\frac{\text{Kg}}{\text{día}}\right)}{\text{Número de habitantes (hab)}}$$

(2.1)

(Muñoz, 2008)

En relación a la producción de residuos sólidos en ciudades pequeñas y zonas rurales, se considera que cada habitante puede producir 0,1 a 0,4 Kg/hab-día.

A continuación se proporciona un estimado de la producción per cápita en distintas zonas rurales de algunos países.

#### CUADRO 2.2-4: ESTIMACIÓN PER CÁPITA EN ZONAS RURALES PARA VARIOS PAISES

País	T. P.C. (Kg/hab.día)
130 comunas de Holanda	0,69
14 pueblos rurales de	0,46
Algeria	0,30
Zonas rurales de Chile	0,2 - 0,4
Zonas rurales de Perú	

Fuente: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/scan/pequena.pdf>

#### CUADRO 2.2-5: TASA PER CÁPITA DE RESIDUOS SÓLIDOS EN ZONAS RURALES DE COLOMBIA

Zona	T. P.C. (Kg/hab.día)
Girardota	0.32
Barbosa	0.24
Guican	0.21
Tutaza	0.26
Socha	0.25
Socota	0.20
Susacon	0.11
Tasco	0.25
Tipacoque	0.36

Fuente: Consultoría GAB Geovanis Arrieta Bernate

### 2.2.5 ALMACENAMIENTO

Los sitios de almacenamiento están diseñados para acopiar los residuos en un sitio seguro por un determinado periodo de tiempo hasta su gestión externa o recolección.

El modelo de gestión que se propone es residuos separados, es decir, que los residuos orgánicos se gestionarán en el sitio de generación, mientras que para los residuos sólidos inorgánicos se propondrá algunas alternativas de gestión.

Para los residuos orgánicos se propone su utilización como alimento de animales domésticos o la elaboración de composto. Estos residuos a nivel de generador se pueden almacenar en cualquier tipo de recipiente

Para los residuos inorgánicos se propone que se gestione sea por evacuación a través del municipio al relleno sanitario común o se lo gestione en un relleno sanitario local, a través de un relleno sanitario manual. Los residuos gestionados en el municipio serán ubicados en zonas o puntos de acopio para su almacenamiento y una vez que completen la carga útil de un vehículo, se desalojará al relleno municipal. Para los residuos gestionados localmente se puede diseñar un relleno sanitario manual. Cabe señalar que los residuos a confinarse en este relleno sanitario son inorgánicos y no generan ningún tipo de digestión biológica, lixiviados, metano o generación de vectores.

En áreas rurales no existen contenedores de almacenamiento en la esquinas o al final de las calles. Para esto se sugiere que la ubicación del área de almacenamiento se ubique en lugares visibles y céntricos. Los contenedores deben estar ubicados en lugares, no muy apartados de la población y donde todos tengan acceso al depósito.

### **2.2.6 RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE**

Implica el desplazamiento de los residuos sólidos al lugar donde deberán ser descargados. Este puede ser según el modelo de gestión propuesto hacia el relleno sanitario municipal o hacia el relleno sanitario manual considerando únicamente el transporte de los residuos sólidos inorgánicos.

En el caso del transporte hacia el relleno sanitario municipal, la recolección depende del ancho y diseño vial, la capacidad del vehículo recolector y sobre todo los recursos municipales disponibles.

Si los residuos sólidos son transportados al relleno sanitario manual, los equipos no convencionales son los más usados en zonas pequeñas y de difícil acceso, por ejemplo el tractor agrícola conectado con un remolque, carretas de tracción animal, triciclos, o camionetas disponibles en el sector.

La frecuencia de recolección depende de la capacidad de almacenamiento. Se debe establecer horarios y frecuencias identificando en cada uno de estos lo siguiente: localización, número y capacidad de los recipientes donde se encuentran los residuos.

## **2.3 EFECTOS DE LA INADECUADA GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS**

La problemática ambiental relacionada con el manejo de los residuos sólidos, afecta al hombre y a su entorno de diferentes maneras, especialmente en los sectores de:

- Salud Pública
- Destrucción de los recursos naturales
- Factores sociales

- Factores económicos.

Entre los factores ambientales impactados por el mal manejo de los residuos sólidos tenemos:

- Recurso Hídrico.
- Recurso Atmosférico.
- Recurso Suelo.
- Paisajismo.

Riesgos directos: Son ocasionados por el contacto directo con la basura, ya que al no existir una adecuada gestión de los residuos sólidos éstos se mezclan con materiales peligrosos como: vidrios, metales, excrementos, residuos infecciosos los cuales pueden causar enfermedades a la población.

Riesgos indirectos: Están vinculados a la proliferación de vectores como son: moscas, ratas; transmitiendo enfermedades tales como: tifoidea, salmonelosis, disenterías, diarreas, malaria, dengue y rabia, entre otras.

#### **CUADRO 2.3-1: PROBLEMAS AMBIENTALES Y DE SALUD ASOCIADOS AL MANEJO INADECUADO DE RESIDUOS SÓLIDOS**

<b>Fase del manejo de residuos sólidos</b>	<b>Problema Ambiental</b>	<b>Riesgo para la salud</b>	<b>Población expuesta</b>
<b>Generación y almacenamiento inadecuado</b>	Peligro ambiental por materiales peligrosos o potencialmente peligrosos de uso cotidiano doméstico. Proliferación de vectores (insectos, ratas, roedores y organismos patógenos). Contaminación de alimentos. Malos olores.	Enfermedades gastrointestinales. Intoxicación de infantes y mascotas. Dengue	Población carente de sistemas adecuados de almacenamiento y recolección

**CUADRO 2.3-2 CONTINUACIÓN: PROBLEMAS AMBIENTALES Y DE SALUD ASOCIADOS AL MANEJO INADECUADO DE RESIDUOS SÓLIDOS**

<b>Recolección y transporte</b>	Deterioro del paisaje. Malos olores. Ruidos.	Enfermedades respiratorias, gastrointestinales y dermatológicas.	Población general.
<b>Segregación y reciclaje</b>	Alimentación del ganado porcino con residuos insalubres. Aplicación de compost contaminado al suelo.	Enfermedades respiratorias, gastrointestinales y dermatológicas.	Consumidores de carne porcina de animales criados en los basureros
<b>Tratamiento y disposición final</b>	Contaminación del suelo. Contaminación del aire por quemaduras. Contaminación de aguas superficiales y subterráneas. Deterioro del paisaje. Incendios.	Enfermedades infectocontagiosas y parasitarias; enfermedades alérgicas y a las vías respiratorias, piel y mucosas. Dengue.	Población adyacente a los lugares de disposición final donde se acumulan o queman residuos.

Fuente: CEPIS-BS/OPS, 2007

## 2.4 IMPACTOS DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS EN EL MEDIO AMBIENTE

### 2.4.1 RECURSO HÍDRICO

Contaminación de las aguas, tanto superficiales como subterráneas, por el vertimiento de la basura a ríos, así como por los lixiviados, producto de la descomposición de los residuos sólidos en los botaderos a cielo abierto.

**FIGURA 2.4-1: CONTAMINACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO**



El agua se contamina con la presencia de materia orgánica, ya que ésta atrae a un gran número de bacterias y protozoarios, aumentando exageradamente su población, en consecuencia generan compuestos que acidifican el agua, eliminan el oxígeno disuelto vital para la vida de las especies acuáticas causándoles la muerte.

Las bacterias anaerobias no se afectan, sin embargo la fermentación ocasiona que el agua se vuelva turbia, que despidan olores fétidos por la presencia de ácido sulfhídrico y metano, originando la muerte de muchos peces, deteriorando el aspecto estético y hace que las aguas para consumo humano se contaminen y generen problemas de salud.

#### **2.4.2 RECURSO SUELO**

Los desechos y residuos materiales que van depositándose en la tierra, se descomponen y la dañan, con lo cual ocasionan severos problemas ambientales ya que en ella viven la mayoría de los organismos, incluyendo al ser humano.

Su contaminación ocurre a través de diferentes elementos como son los lixiviados, que se filtran a través del suelo, afectando la productividad del mismo y acabando con la micro fauna que habita en él, lo cual lleva a la pérdida de productividad del suelo, aportando así a incrementar el proceso de desertificación del suelo.

El abandono y la acumulación de desechos sólidos a cielo abierto son causa del deterioro estético y la desvalorización del terreno propio, y de las áreas adyacentes. Esto es debido a la contaminación causada por distintas sustancias contenidas en la basura, sin ningún control.

### 2.4.3 RECURSO ATMOSFÉRICO

Los residuos sólidos abandonados en los botaderos a cielo abierto deterioran la calidad del aire, produciendo infecciones respiratorias e irritaciones nasales y de los ojos, además de las molestias que dan los olores pestilentes.

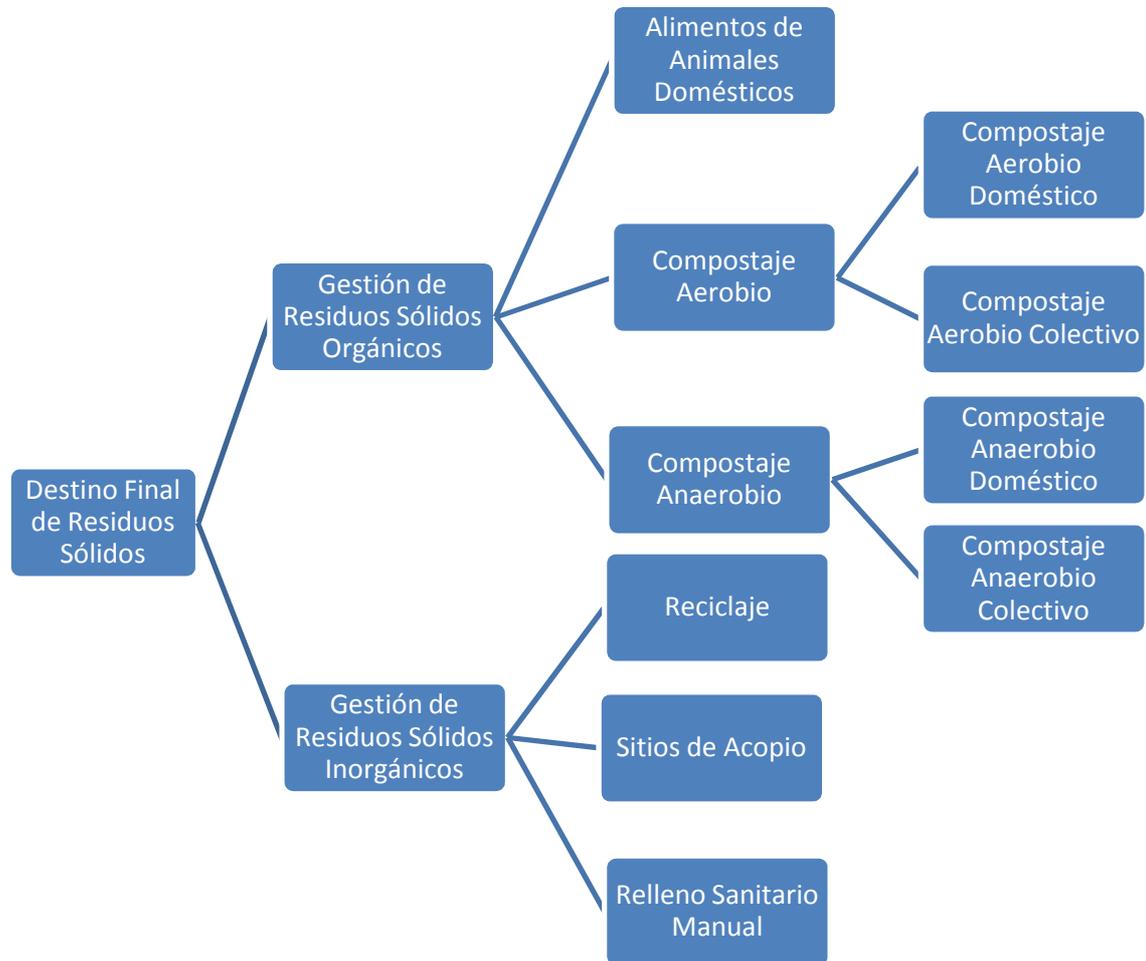
**FIGURA 2.4-2: CONTAMINACIÓN DEL RECURSO ATMOSFÉRICO**



Cuando se pudren o se descomponen los residuos orgánicos de la basura se desprenden gases tipo invernadero, entre ellos están:

- Metano ( $\text{CH}_4$ ). Se genera en los rellenos sanitarios, es producto de la quema de basura, de las excretas animales.
- Óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ). Se libera por el excesivo uso de fertilizantes; está presente en desechos orgánicos de animales.
- Dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ). Por la combustión de petróleo y sus derivados, quema de basura, tala inmoderada, y la descomposición de materia orgánica.

## 2.5 GESTIÓN FINAL



Elaborado por: Autoras

### 2.5.1 GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS

Los residuos sólidos orgánicos son importantes desde el punto de vista cualitativo y cuantitativo pues permiten tomar una decisión adecuada respecto a su tratamiento y disposición final.

Biotecnologías de bajo costo como el compost son ampliamente utilizados en la actualidad. El compost puede ser tanto aerobio como anaerobio y de ambos se obtienen subproductos que pueden utilizarse en múltiples áreas productivas relacionadas con el suelo. Además se obtiene productos como el biogás que forma parte de las energías alternativas que se están aplicando alrededor del mundo.

### 2.5.1.1 Compostaje Aerobio

El compost es un abono orgánico obtenido a partir de la descomposición aerobia de la materia orgánica. Es lo que se produce cuando los materiales de origen animal o vegetal se biodegradan por la acción de miles de microorganismos.

El compostaje se puede definir como la técnica por la cual la materia orgánica es descompuesta de forma controlada, imitando los procesos naturales de fermentación termófila para producir humus, convirtiéndose en un producto válido para abonar suelos y plantas.

(Gerard Kiely. 1999. Mc Graw Hill)

#### 2.5.1.1.1 *Principales organismos que actúan en la descomposición de materia orgánica*

- Bacterias: Son organismos unicelulares, cuyo tamaño no supera la micra de diámetro. Son los encargados de degradar en un primer momento los materiales introducidos en la compostera, y producen el aumento inicial de temperatura dentro de la misma.
- Actinomicetes: Son bacterias, siendo los géneros más comunes *Notocardia* y *Streptomyces*. Son heterótrofos y aerobios, poco tolerantes a la acidez, son eficaces en la degradación de sustancias húmicas y en sintetizar sustancias bióticas y antibióticos. Dentro del proceso de compostaje son los que producen el olor a tierra húmeda así como enzimas que descomponen sustancias muy resistentes como la celulosa o la lignina.
- Protozoos: Son invertebrados, generalmente unicelulares, son los principales consumidores de bacterias y hongos del suelo. Se alimentan en parte del compost y en parte de las bacterias, hongos y actinomicetos.

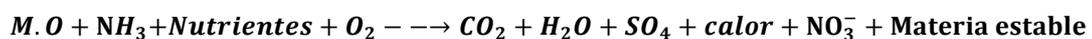
- Hongos: Son heterótrofos aerobios, en su desarrollo producen una estructura llamada micelio, son tolerantes a la acidez, lo que supone una ventaja ante las bacterias, algunos son capaces de descomponer la lignina. Son de gran importancia en el compost al degradar sustancias vegetales complejas que las bacterias no pueden o tardarían mucho.
- Anélidos oligoquetos: Descomponen restos orgánicos por fragmentación mecánica, favoreciendo la actividad bacteriana y fúngica. Dentro de la compostera podemos encontrar la lombriz de tierra, muy beneficiosa para la descomposición de la materia orgánica, ya que ingiere la materia en su primera fase de descomposición y dentro de su tracto esta materia se transforma en compost.
- Himenópteros (hormigas): Su presencia en el compostador indica falta de humedad en el mismo.

(Tchobanoglous et al. 1998)

#### 2.5.1.1.2 *Proceso del Compostaje Aerobio*

El proceso de compostaje consiste en la biodegradación de la materia orgánica mediante su oxidación por la acción de diversos microorganismos presentes en los propios residuos o por inoculación de microorganismos especiales.

B. Aerobias



(Muñoz, 2011)

El compostaje generalmente presenta las siguientes fases:

- PRIMERA FASE: Los microorganismos mesófilos convierten los azúcares, carbohidratos, almidones, proteínas en ácidos orgánicos simples.

- SEGUNDA FASE: Las bacterias, hongos y actinomicetos convierten los ácidos orgánicos en anhídrido carbónico y vapor de agua. (se genera calor)
- TERCERA FASE: Microorganismos mesófilos y termófilos degradan la materia orgánica restante.

(Muñoz, 2007)

### 2.5.1.1.3 Factores Relativos al Proceso de Compostaje Aerobio

En el proceso de compostaje existen factores que se deben tener en cuenta, los más importantes son: el tamaño de la partícula, la temperatura, el pH, la humedad, la aireación y la relación C/N.

#### CUADRO 2.5-1: FACTORES QUE AFECTAN AL PROCESO DE COMPOSTALE AEROBIO

<b>Tamaño de la partícula</b>	Para obtener resultados óptimos el tamaño de los residuos sólidos debe ser menor a 10mm.
<b>Temperatura</b>	Al inicio del proceso la temperatura será en torno a los 30°C. En la etapa final es conveniente que la temperatura sea mayor a 50°C. Si la temperatura sube por encima de 66°C, la actividad biológica se reduce significativamente
<b>pH</b>	El pH debería permanecer en el rango de 7 a 7.5. Subidas fuertes de pH pueden facilitar la pérdida de nitrógeno en forma amoniacal
<b>Humedad</b>	Debería estar entre 50 y 60% durante el compostaje. El exceso de humedad produce compactación de los materiales, falta de aireación y por lo tanto putrefacción y lixiviados. Está situación impide la acción de los microorganismos aeróbios. La falta de humedad disminuye la actividad de los microorganismos y el proceso se retrasa. Para controlar la humedad se debe considerar la capacidad de campo.
<b>Aireación</b>	Por debajo del 10% se dan las condiciones anaerobias. Es el mínimo al que podemos mantener la compostera para que no inicie un proceso anaerobio. La concentración óptima se encuentra entre el 5% y el 15% en volumen de O <sub>2</sub> . Una aireación excesiva desecará los restos y una insuficiente producirá putrefacción, lixiviados y malos olores.

#### CUADRO 2.5-1 CONTINUACIÓN: FACTORES QUE AFECTAN AL PROCESO DE COMPOSTALE AEROBIO

	El volteo de una pila de compostaje es necesario para airear, homogeneizar la mezcla e intentar que todas las zonas consigan
--	--

<b>Mezcla y volteo</b>	una temperatura uniforme. Cada volteo consigue disminuir de 5°C a 10°C la temperatura. Para prevenir el secado se debe voltear regularmente.
<b>Relación C/N</b>	Esta relación indica la proporcionalidad entre la energía, representada por el carbono y los nutrientes representados por el nitrógeno. Para iniciar un adecuado proceso de compostaje, esta relación, C/N debe ser menor a 30. En la etapa intermedia esta relación debe ser en torno de 20. En la etapa final del compostaje la relación debe ser menor a 15.
<b>Relación Sólidos Volátiles/Sólidos Totales</b>	Para asegurar la estabilidad de los residuos, el composto debe tener una relación SV/ST menor a 0.3
<b>Control de variables Climáticas</b>	Como hay que controlar la humedad el sistema debe hacerse bajo cubierta(estructura tipo invernadero)

Fuente: (Tchobanoglous, 1994)(Muñoz, 2007)

#### CUADRO 2.5-2: RELACIONES C/N DE MATERIALES COMPOSTABLES

<b>Material</b>	<b>C/N</b>	
<b>Residuos de comida</b>	Residuos comida	15
	Fruta	35
<b>Residuos de jardín</b>	Césped	20
	Leguminosas	15
	Hojas caídas	40-80
	Ramas de árboles trituradas	100-300
<b>Papel</b>	Mezclado	170
	Periódico	980
<b>Madera</b>	Serrín	200-500
	Madera de pino	720
	Paja, tallos de maíz	50-150
<b>Estiércoles</b>	Vaca	18
	Cerdo	20
	Aves	15
	Oveja	22

Fuente: (Mariano Bueno. Editorial Integral)

#### CUADRO 2.5-3: MATERIALES PARA COMPOSTAR

Restos de comida: - Restos de verduras - Restos de fruta	Los cítricos contienen grandes cantidades de sustancias ácidas. Para evitar una acidificación del compost hay que echarlos en pocas cantidades.
--	---

- Cáscaras de huevo - Posos de café e infusiones	
Restos de poda y jardín	Las acículas de pino y plantas cupresáceas han de echarse en pocas cantidades dado su carácter ácido.
Césped	Dado su alto contenido en agua se corre el riesgo de putrefacción dentro del compostador.
Estiércol o heces de animales Herbívoros	Acelerador natural del compostaje dado su contenido en bacterias y nitrógeno
Ceniza de leña	De procedencia orgánica y sin químicos
Tejidos naturales	Algodón, seda, lino, etc.
Serrín	Procedente de madera sin tratar
Pelo, uñas, astas, etc.	De animales o personas.
Papel o cartón; hueveras de cartón, servilletas.	Papel o cartón que no contenga tintas

Fuente: (Mariano Bueno. Editorial Integral)

#### **2.5.1.1.4 Materiales según su velocidad de descomposición**

- Rápida descomposición: hojas frescas, césped, estiércol de animales de corral, estiércol de ovejas, frutas y verduras.
- Descomposición más lenta: bolsas de infusiones y posos de café, paja y heno viejo, restos de plantas, estiércoles pajizos (caballos, burros y vacas), flores viejas y lechos de hámster, conejos y otros animales domésticos (herbívoros)
- Descomposición muy lenta: hojas de otoño, desbroce de setos duros, ramas podadas, serrín y virutas de madera, cáscaras de huevo, cáscaras de frutos secos, lanas e hilos naturales, huesos de frutos.

(Mariano Bueno. Editorial Integral)

#### **2.5.1.1.5 Productos del compost**

Una de las características más atractivas del compostaje es que se puede utilizar como acondicionador de suelo, es de fácil disposición final, regresa al suelo dándole soltura por esta razón crecen mejor las plantas y es de gran ayuda para la agricultura ecológica u horticultura, fruticultores, pastizales y viveros.

#### **2.5.1.1.6 Usos y Aplicaciones del compost**

En la agricultura, beneficiando en el mantenimiento de la fertilidad del suelo, evitando la contaminación del suelo por el uso de fertilizantes químicos, generando menor dependencia del productor de insumos externos y con costos elevados.

Como reductor de la erosión, se emplea también en replantaciones forestales y en la protección de suelos de obras civiles (taludes, recuperación de canteras, etc).

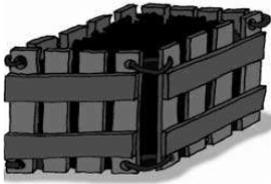
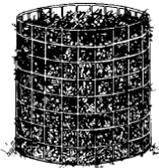
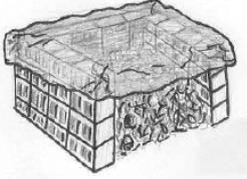
#### **2.5.1.1.7 Ventajas y Desventajas del Compost**

- Optimiza los recursos existentes en cada zona al aprovechar los residuos que se producen en ella.
- Reducción de volumen de residuos.
- Ahorro económico en abonos químicos.
- Producto comercializable.
- Disminuye las necesidades de materia orgánica de los suelos y contribuye a su recuperación.
- Mantiene la estructura del suelo
- Al aumentar el contenido de materia orgánica al suelo, evita la erosión y la desertificación.
- El compost, al aumentar la actividad biótica, proporciona sustancias activas como hormonas vegetales y antibióticos, es rico en microbios y frena la acción y proliferación de microorganismos dañinos.
- Aporte de micronutrientes.
  - Tiempo e infraestructura para procesamiento de residuos
  - Disponibilidad de terreno
  - Si el clima es muy frío, el proceso se alarga debido a las bajas temperaturas.
  - Las lluvias excesivas también pueden dar lugar a problemas de encharcamientos y anaerobiosis.

### 2.5.1.2 Compostaje Aerobio Doméstico

El compostaje doméstico se realiza a nivel familiar, en el jardín, terraza, huerta o cualquier otro lugar apropiado, a partir de cantidades pequeñas de residuos y mediante los sistemas más sencillos.

#### CUADRO 2.5-4: TIPOS DE COMPOSTADORES PARA COMPOSTAJE AEROBIO DOMÉSTICO

<p><b>Compostador de palés</b></p> 	<p>Es sólido, ligero y barato. Ofrece la posibilidad de reutilizar maderas tiradas en la basura o palés de obra. Los materiales necesarios para su fabricación son: 4 palés, clavos, 3 bisagras, tapadera, alfombra vieja o plástico.</p> <p>Se colocan los palés en forma de caja (sin suelo y sin techo), se unen tres de ellos con los clavos formando una estructura sólida. El cuarto palé hace de puerta. Por último, se coloca encima una tapadera.</p>
<p><b>Compostador redondo de malla</b></p> 	<p>Es sólido, barato, ligero y fácil de construir. Los materiales necesarios para su fabricación son: trozo de malla metálica o plástica, cuerda, cartón, tapadera.</p> <p>Se coloca la malla en forma de cilindro y se unen los dos extremos con cuerdas hasta que quede firme. Por dentro, se forra con el cartón, previamente perforado para que pueda entrar el aire y se une con la cuerda. Por último, se coloca la tapa.</p>
<p><b>Compostador de ladrillos</b></p> 	<p>Es sólido y resistente. Los materiales necesarios para su fabricación son: ladrillo, cemento, lona de plástico</p> <p>Se colocan los ladrillos fijados con cemento en forma de U. Por encima del montón se coloca una lona de plástico.</p>
<p><b>Columna de cajas</b></p> 	<p>La construcción de este modelo resulta muy económico. Estas cajas se apilan fácilmente, así podemos formar una columna de cajas que iremos rellenando de residuos. Cuando completamos la primera caja, la dejamos compostando mientras rellenamos la de encima y así sucesivamente.</p>

Fuente: (Alcolea, 2000)

### **2.5.1.2.1** *Características del Contenedor*

Cualquier contenedor de compost tiene que asegurar las siguientes condiciones:

Proteger el montón de materiales del agua de la lluvia, a la vez que retener la humedad y el calor interno, cubriéndolo con una tapa, alfombra vieja o plástico.

Tener paredes perforadas por orificios para permitir la entrada de aire, pero que no sean tan grandes como para que entre el agua de lluvia.

No debe de tener base para estar en contacto con la tierra del jardín y permitir que los organismos del suelo penetren fácilmente en el montón.

- **Material:** El material más utilizado en la fabricación propia es la madera, mientras que los que encontramos en la tiendas suelen ser en su mayoría de plástico.
- **Resistencia:** Dado que el compostador debe aguantar los golpes de palas, riegos, altas temperaturas, etc., es esencial que sea firme y fuerte.
- **Peso:** No debe pesar demasiado ya que hay que levantarlo para sacar el compost una que vez que esté hecho. Tampoco demasiado ligero porque puede volarse.
- **Capacidad:** La capacidad se debe adecuar a nuestras características tanto de espacio como de cantidad de materia orgánica que tengamos a disposición.

### **2.5.1.2.2** *Localización del Compostador*

El compostador debe colocarse sobre la tierra, para permitir a los organismos descomponedores presentes en el suelo la colonización del recipiente.

El lugar elegido debe permitir una manipulación y acceso al compostador fácil.

Conviene que el lugar esté protegido de condiciones meteorológicas adversas para no exponer el material continuamente a lluvia, viento y sol, evitando que los residuos se humedezcan o sequen demasiado.

### ***2.5.1.2.3 Herramientas para la Elaboración de Compost***

La elaboración de compost, ya sea individual o colectiva, necesita de utensilios básicos que nos resultarán útiles para el manejo del material.

Herramientas de trabajo: palas, picos, rastrillos, malla metálica, carretilla, machete, contenedor, balde, manguera y plástico.

Equipos de protección: gafas, guantes y mascarillas.

### ***2.5.1.2.4 Ventajas del Compostaje Doméstico***

- Excelente calidad del compostaje resultante.
- Reducción de los gastos de transporte de residuos.
- Concienciación y sensibilización de la población implicada.
- Reducción en el origen de más de la mitad de los residuos orgánicos.
- Menor uso de los productos químicos.

### ***2.5.1.2.5 Etapas para realizar el compostaje aerobio***

- Selección de residuos

Se seleccionarán adecuadamente residuos compostables. Además es importante conseguir materiales orgánicos variados para enriquecer el compost final. Los materiales seleccionados se acumulan durante el tiempo necesario hasta conseguir un volumen grande, suficiente para llenar al menos la mitad del compostador.

- Triturado de residuos

No deben sobrepasar los 10 mm de tamaño. El tamaño de los materiales incide directamente en la velocidad de descomposición de los materiales. Cuanto menor sea el tamaño, la velocidad de descomposición será mayor.

- Disposición de los residuos

Mezcla de materiales según C/N, estiércol, cantidades de materiales, clasificación de materiales por su velocidad de descomposición. La colocación de los materiales dentro del compostador debe asegurar una adecuada mezcla de los mismos.

- Colocación de una base de material leñoso

Se pueden colocar tanto una capa de ramas como una base de paja. El grosor adecuado sería entre 10 – 15 cm de anchura. La función de esta base es la de facilitar la circulación de aire dentro del compostador evitando la compactación de los materiales recién introducidos. Estas ramas van a presentar un proceso de descomposición muy lento.

- Primer llenado de materiales

El siguiente paso es la introducción de los materiales previamente mezclados. Se trata de realizar una mezcla de materiales frescos y secos, es decir, materiales con alto contenido de humedad y materiales sin contenido de agua.

En el primer llenado de la compostera hay que asegurar una cantidad mínima para que el proceso se pueda iniciar. El volumen mínimo corresponde a la mitad de la compostera. El llenado óptimo sería  $2/3$  del volumen total.

- Incorporación regular de materiales

Después del primer llenado de la compostera se procederá a añadir los distintos residuos que se generen siempre siguiendo el mismo procedimiento: mezcla de materiales húmedos y secos (2:1).

Es conveniente cubrir los materiales con mayor contenido en agua, como los restos de comida, con material seco o bien enterrado para evitar la proliferación

de moscas de la fruta y ayudar a mantener las condiciones óptimas de temperatura.

Es aconsejable voltear el material una o dos veces al mes mientras dura el proceso. Esta operación, tiene dos funciones esenciales, por un lado mezcla los materiales del montón, homogeneizando y por otro, airea el montón, evitando posibles zonas sin oxígeno.

- Retirada de compost

La duración estimada del proceso de compostaje es de 2 meses. Transcurrido ese tiempo y comprobando que el compost ya está hecho se procede a la retirada del mismo.

### **2.5.1.3 Compostaje Aerobio Colectivo**

Es una planta de compostaje donde llegarán los residuos orgánicos para su almacenamiento y degradación.

#### **2.5.1.3.1 Tipos de Compostaje Aerobio**

- Sistemas Abiertos
  - Sistema de Pilas

El compostaje en pilas es el sistema más sencillo. Lo construimos directamente sobre el suelo, donde se van depositando, por capas, los diferentes tipos de residuos formando una pila.

Hay que tener en cuenta que la pila no es una estructura estable, por lo que el material tiende a esparcirse, sobre todo si llueve y la pila no está cubierta. Las dimensiones mínimas que debe mantener la pila, son de 1 m de ancho por 1 m de alto. La longitud mínima también es de 1 m, pero esta va incrementando según vamos generando residuos.

- Compostaje en pilas estáticas

Consiste en la formación de pilas de reducida altura, que se dejan sin movimiento. La aireación ocurre naturalmente a través del aire que fluye en forma pasiva a través de la pila.

- Compostaje en pilas de volteo o en hileras

En este sistema el material se amontona en pilas alargadas al aire libre o en galpones. El tamaño y la forma de las pilas (triangular o trapezoidal) dependerán del clima, material utilizado y la maquinaria disponible.

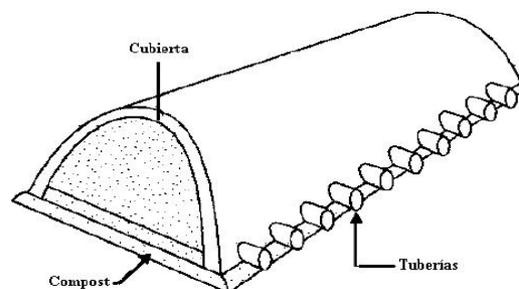
Este sistema considera el volteo de las pilas ya sea en forma manual o mecánica

- Compostaje en pilas estáticas aireadas en forma pasiva

Consiste en colocar el material a compostar en pilas y airearlo en forma pasiva, a través de una red de tuberías perforada que se colocan en la parte inferior de la pila. La altura recomendada de la pila es de 1,0 a 1,5 m.

Se le coloca una cubierta porosa (turba) de manera de permitir el flujo adecuado de aire que entra a través de las cañerías. Además la cubierta permite retener los olores, la turba presenta afinidad por las moléculas que los causan y controlar la humedad.

**FIGURA 2.5-1: CUBIERTA DE UNA PILA ESTÁTICA**



Fuente: INTEC. Corporación de Investigación Tecnológica, 1997

- Sistemas Cerrados
  - Compostadores

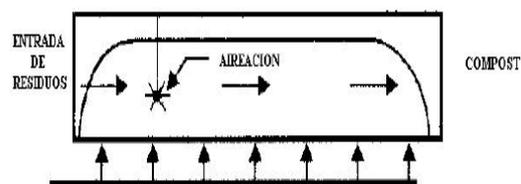
Este sistema se basa en recoger el montón de residuos dentro de un recipiente que llamamos compostador. La función del compostador es mantener el material ordenado, minimizar el espacio y tratar de mejorar la estética.

La capacidad del compostador también dependerá de la cantidad de residuos orgánicos que generemos.

- Compostaje en reactores

Este se lleva a cabo en un contenedor o recipiente cerrado. La principal ventaja de este sistema es su rápida velocidad de descomposición (10 a 14 días), bajo requerimiento de terrenos, completo control del proceso y la calidad del producto final. Sin embargo presenta un alto costo de instalación y operación.

#### FIGURA 2.5-2: REACTOR PARA COMPOSTAJE



Fuente: INTEC. Corporación de Investigación Tecnológica, 1997

##### 2.5.1.3.2 Características del Compostaje Aerobio

**Área de Acopio:** Es el lugar donde se reciben los residuos orgánicos. En esta zona se realizará el acondicionamiento de los residuos orgánicos recolectados.

**Zona de Degradación del Residuo Orgánico:** En esta zona se receptorá residuos orgánicos los cuales corresponden a la generación de una semana. Esta zona estará bajo cubierta.

**CUADRO 2.5-5: PROBLEMAS, POSIBLES CAUSAS Y SOLUCIONES AL REALIZAR EL COMPOSTAJE AEROBIO**

<b>Efecto apreciado</b>	<b>Posible causa</b>	<b>Solución</b>
La temperatura del montón no sube y tiene suficiente humedad	El calor se desprende por falta de material	Añade más cantidad de material hasta alcanzar las 2/3 partes del compostador lleno. Protégelo temporalmente con un plástico.
El montón está muy húmedo	Posiblemente se haya mojado por el agua de lluvia	Meter un palo y ahuecar el montón. Si no se resuelve, sacar todo el montón, voltear y mezclar con material seco.
El montón está muy seco y no disminuye el volumen	Sequedad en el ambiente Demasiados materiales secos Abandono temporal del cubo	Regar la pila uniformemente Añadir material fresco Sacar el montón, voltear y mezclar con materiales frescos
El montón huele a podrido	Falta de oxígeno Exceso de humedad Proceso anaeróbico	Sacar el montón, voltear y mezclar con material seco.
El montón huele a amoníaco	Aporte excesivo de material rico en nitrógeno (césped, restos comida) Exceso de humedad Proceso anaeróbico	Sacar el montón, voltear y mezclar con material seco.
Hay muchas moscas	Exceso de humedad Restos de comida sin cubrir	Cubrir los restos de comida con material seco o tierra
Hay larvas blancas	Larvas de mosca Mucha humedad	Reducir la humedad
Presencia de hormigas	Debido a los restos de comida Sequedad del montón	Si existe hormiguero: voltear la pila y añadir agua o materiales húmedos
Presencia de roedores	Restos de comida que les atraigan	Eliminar restos de carne o pescado en el cubo. Voltear el montón.
Presencia de babosas	Humedad del montón o de la zona	Reducir la humedad en caso de que sean muchas

Fuente: (Gerard Kiely. 1999. Mc Graw Hill)

#### 2.5.1.4 Compostaje Anaerobio

La digestión anaerobia, definida como la utilización de microorganismos, en ausencia de oxígeno, para estabilizar la materia orgánica por conversión a metano y otros productos inorgánicos, incluidos dióxido de carbono (Kiely, 1999)

La digestión anaerobia se describe por:

M.O+Nutrientes----→Ácidos orgánicos +CO<sub>2</sub>+H<sub>2</sub>+ H<sub>2</sub>S Ácidos orgánicos---→ CH<sub>4</sub>+ CO<sub>2</sub>+Material estable+NH<sub>3</sub>

(Muñoz, 2011)

La mezcla de gases tiene un porcentaje aproximado de 2/3 de CH<sub>4</sub> y 1/3 de CO<sub>2</sub>. A esto se lo conoce como biogás y el proceso se denomina biometanización.

##### 2.5.1.4.1 *Microorganismos que intervienen en los procesos*

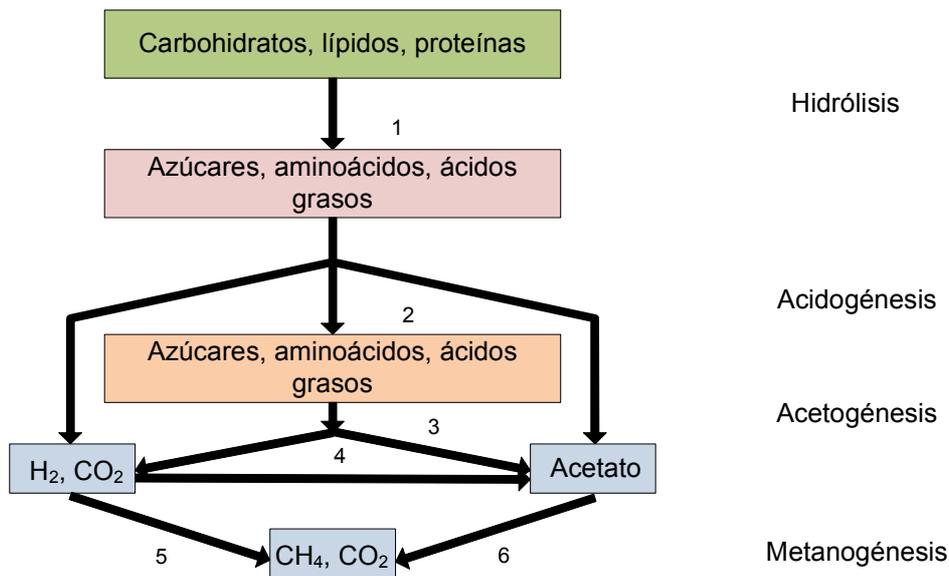
- Hidrólisis: predominan bacterias Gram+ incluidas en los géneros Clostridium y Staphylococcus, y Bacteroides Gram-.
- Acidogénesis:
  - a) Acidogénesis: predominan bacterias Gram + del ácido láctico y relacionadas: Lactobacillus, Streptococcus, Staphylococcus, Micrococcus; Gram -: Escherichia, Salmonella, Veillonella y reductoras de sulfato.
  - b) β-oxidación: Clostridium, Syntrophomonas
- Metanogénesis:
  - a) Hidrogenotrófica: Methanobacterium, Methanobrevibacter
  - b) Hidrogenoclástica: Methanosarcina y Methanosaeta (antesMethanotrix)

(Compostaje, 2010)

Estos microorganismos trabajar en equilibrio ya que lo producido por unas sirve de alimento para las siguientes, formando así una cadena que da lugar en el último instante a los productos finales del proceso.

(Díaz et al. 2010)

### CUADRO 2.5-6: PROCESOS DE LA BIOMETIZACION



Fuente: Díaz et al. 2010

- **Hidrólisis:** es el primer paso necesario para la degradación anaerobia de substratos orgánicos complejos (proteínas) para lo cual se hidrolizan dando lugar a componentes solubles (aminoácidos), capaces de atravesar la membrana plasmática siendo así asimilados por los microorganismos.
- **Acidogénesis:** las moléculas orgánicas solubles son fermentadas por varios organismos formando compuestos intermedios de pesos más bajos que pueden ser utilizados directamente por las bacterias metanogénicas (acetato, formato, metanol).

- **Metanogénesis:** donde los compuestos intermedios son transformados por las bacterias metanogénicas en metano y dióxido de carbono. Esta fase es estrictamente anaerobia.

#### 2.5.1.4.2 Factores que afectan al proceso

El compost anaerobio debe ser controlado, ya que existen diversos factores que influyen en el desempeño de dicho proceso. Un desequilibrio en algunos de estos factores puede provocar la ruptura del equilibrio entre los microorganismos que participan dentro de la biometización.

Los parámetros físicos y químicos que condicionan estos procesos son: la temperatura, relación C/N, pH y alcalinidad

- Temperatura: afecta directamente la velocidad de producción de ácidos e incluso al rendimiento del proceso. Se alcanza cierta temperatura dependiendo del tipo de bacterias que se utilicen. Así, en procesos mesofílicos se produce la digestión a una temperatura óptima cerca de los 35°C, mientras que las bacterias termofílicas trabajan de forma óptima a unos 60°C. En la siguiente tabla se puede apreciar los diferentes rangos de temperatura para la digestión anaeróbica.

**CUADRO 2.5-7: TEMPERATURA Y TIEMPO DE RETENCIÓN PARA EL COMPOST ANAEROBIO**

Fermentación	Rango de temperatura (°C)			Tiempo de retención (días)
	Mínimo	Óptimo	Máximo	
<b>Sicrofílica</b>	4-10	15-18	25-30	> 100
<b>Mesofílica</b>	15-20	28-33	35-45	30-60
<b>Termofílica</b>	25-45	50-60	75-80	10-16

Fuente: Instituto de Investigación Porcina, 2003

- La alcalinidad adecuada es de 1500 a 7500 mg/l

- Relación C/N: los materiales a descomponer están compuestos en su mayor parte por carbono C y nitrógeno N. La relación ideal C/N es de 20:1 a 30:1. Menores relaciones inhiben la actividad bacteriana por excesivo contenido de amonio.
- pH: lo óptimo para el crecimiento se encuentra entre 6.5 a 7.5.

#### CUADRO 2.5-8: EFECTO DE LOS VALORES DE PH

Valor de pH	Efecto
7,0-7,2	Optimo
> 6,2	Retarda la acidificación
< 7,6	Retarda la amonización

Fuente: Metcalf-Eddy, 1995

Los nutrientes para el crecimiento y la actividad de las bacterias deben contener carbono, nitrógeno, fósforo, azufre y algunas sales minerales. También se debe evitar la presencia de metales pesados, antibióticos y detergentes que inhiben el proceso.

##### 2.5.1.4.3 *Uso y aplicaciones*

Del compost anaerobio se obtienen como principal; producto el biogás. Este puede ser utilizado como cualquier otro gas combustible. El poder calorífico del biogás es de 6 kWh/ m<sup>3</sup>, lo cual equivale más o menos a ½ litro de diesel. El poder calorífico aprovechable depende del rendimiento de los quemadores o de los equipos que se utilicen para generar calor. Un metro cúbico de biogás totalmente combustionado es suficiente para: generar 1.25 kwh de electricidad, generar 6 horas de luz equivalente a un bombillo de 60 watt, poner a funcionar un refrigerador de 1 m<sup>3</sup> de capacidad durante una hora, o hacer funcionar una incubadora de 1 m<sup>3</sup> de capacidad 30 minutos o hacer funcionar un motor de 1 HP durante 2 horas.

(Moncayo, 2005)

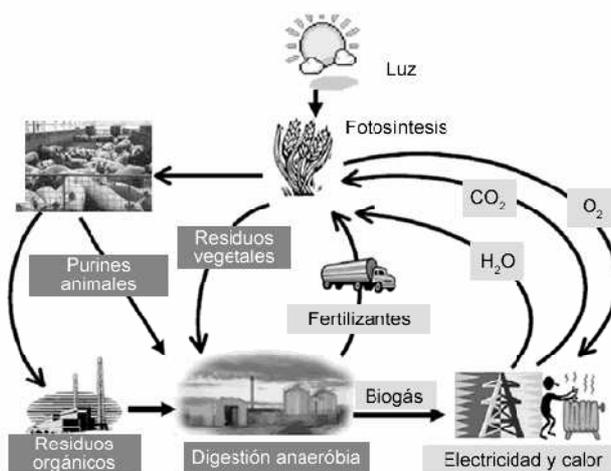
**CUADRO 2.5-9: EQUIVALENCIA ENERGÉTICA DEL BIOGÁS CON OTROS COMBUSTIBLES**

Equivalencia energética del biogás	
Biogás	Combustible (equivalencia)
1m <sup>3</sup>	0.16 litros de gasolina
1m <sup>3</sup>	0.18 litros de diesel
1m <sup>3</sup>	0.89 Kg de leña
1m <sup>3</sup>	1.25 kWh de energía eléctrica

Fuente: ICAITI, 1983

Otro producto del compost anaerobio son los efluentes que contienen una alta concentración de nutrientes y que puede ser utilizado como un biofertilizante. Este se aplica directamente en fresco como un insecticida natural en los cultivos.

**FIGURA 2.5-3: COMPORTAMIENTO DE LA DIGESTIÓN ANAEROBIA**



Fuente: Oliver Campero, 2010, extraído de: [www.3tres3.com/medioambiente/imagenes/070912-09.gif](http://www.3tres3.com/medioambiente/imagenes/070912-09.gif)

#### 2.5.1.4.4 *Ventajas y Desventajas*

- Reduce el potencial contaminante del residuo tratado.

- Mejora el valor fertilizante del residuo.
- Producción del biogás como fuente energética.
- Evita los malos olores que emiten los desechos orgánicos cuando se arrojan a cielo abierto.
- Evita la tala de árboles para ser utilizados como leña pues en reemplazo se utiliza el biogás. Como consecuencia secundaria de esto, no se produce humo como sucede al quemar leña.
- Está más limitada que el compost aerobia pues para mantener las condiciones anóxicas se deben controlar magnitudes como el pH y evitar la presencia de oxígeno.
- Las bacterias metanogénicas son inhibidas por multitud de compuestos, convirtiéndose en la principal fuente de problemas del funcionamiento del compost anaerobio.
- En el proceso anaerobio solo pueden trabajar unas determinadas bacterias, mientras que en los procesos aerobios se pueden utilizar una gran variedad de estas.
- Los patógenos pueden causar problema en el compostaje anaeróbico pues no hay suficiente calor para destruirlos como el que se produce en el compostaje aeróbico donde se crea temperaturas lo suficientemente altas para lograr este objetivo.

#### **2.5.1.5 Compostaje Anaerobio Doméstico**

Los biodigestores familiares de bajo costo están ampliamente implementados en países del sureste asiático y en América Latina se viene trabajando con países como Cuba, Bolivia, Colombia y Brasil. Estos modelos de biodigestores familiares, son los construidos a partir de mangas de polietileno tubular pues se caracterizan por su bajo costo, fácil instalación y mantenimiento, así como por requerir sólo de materiales locales para su construcción. Por ello se consideran una “tecnología apropiada”.

(Herrero, 2008)

Las familias dedicadas a la agricultura, suelen ser propietarias de pequeñas cantidades de ganado (dos o tres vacas) y pueden, por tanto, aprovechar el estiércol para producir su propio combustible y un fertilizante natural mejorado. También pueden ser utilizados otros materiales orgánicos u otro tipo de estiércol animal.

Los biodigestores colectivos pueden ser adaptados a una escala pequeña con el fin de ser alimentados con los materiales que se disponga en su alrededor. Por ello, el diseño de los anteriores biodigestores tendrá un menor tamaño y menor costo. Sin embargo siguen el mismo principio de los colectivos. Son muy comunes los biodigestores tubulares.

Existen sin embargo, maneras sencillas de hacer un compostador anaeróbico utilizando baldes plásticos con tapas bien ajustadas.

#### ***2.5.1.5.1 Características del Contenedor***

El contenedor para realizar compost anaerobio deber ser hermético, impermeable y en el momento de la digestión debe poder cerrarse completamente. Es así que se lo conoce como un pequeño reactor.

#### ***2.5.1.5.2 Localización del Compost Anaerobio Doméstico***

La localización del contenedor para la digestión anaerobia debe encontrarse en un lugar fresco, alejado de cualquier perturbación y sobre todo donde se lo pueda monitorear continuamente. Pueden estar colocados en los patios domiciliarios o si existe la posibilidad, en pequeños invernaderos caseros.

#### ***2.5.1.5.3 Ventajas del Compost Anaerobio Doméstico***

La principal aplicación del compost anaerobio en pequeña escala es la obtención del biol. Este fertilizante natural puede ser aplicado a los pequeños cultivos que

las familias poseen. El biogás puede ser aprovechado de igual forma pero la producción es baja en esta escala.

#### 2.5.1.5.4 *Etapas para la realización del Compostaje Anaerobio Doméstico*

### CUADRO 2.5-10: EJEMPLO DE COMPOSTAJE ANAEROBIO DOMÉSTICO

<p>Cortar la parte inferior de los baldes, alrededor de 1 / 2 "desde el fondo</p>	
<p>Buscar un área donde se pueda hundir los cubos en el suelo. Ubicar los cubos en la tierra girando como un tornillo. El borde inferior debe hundirse cerca de 10 cm del suelo.</p>	
<p>Poner los desechos de alimentos en el cubo y broche de presión en la tapa. Siga añadiendo restos de comida hasta que el cubo está lleno. Una vez que el cubo está lleno, dejar la tapa y dejar que empiece la digestión, que tendrá 6 meses a un año para que los materiales se descompongan por completo. Cuando un cubo se llena, comenzar a poner sus residuos en el cubo siguiente, siguiendo los mismos procedimientos.</p> <p>Una vez que un cubo está lleno, no quitar la tapa para comprobar el progreso. Cada vez que se quita la tapa, hay una posibilidad de que los organismos anaeróbicos pueden morir, lo que retrasará el proceso de descomposición. Es por ello que este modelo toma un largo tiempo de retención.</p>	

Fuente: Anaerobic Compost, 2010

#### 2.5.1.6 **Compost Anaerobio Colectivo**

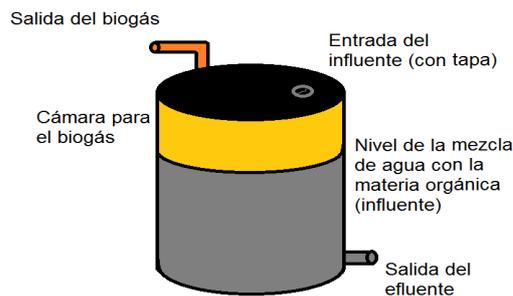
Los modelos que se presentan a continuación están elaborados para ser aplicados dentro de pequeñas comunidades e inclusive ciudades y lo que se busca es el aprovechamiento del biogás. El compost anaerobio se lo realiza dentro de biodigestores que varían en sus características.

### 2.5.1.6.1 Tipos de biodigestor anaerobio colectivos

- De flujo discontinuo

Estos se llenan una sola vez para luego vaciarlos pasado un tiempo prudencial, en el cual el material interno se ha degradado y se ha generado el biogás.

**FIGURA 2.5-4: BIODIGESTOR DE FLUJO DISCONTINUO**



Fuente: [http://galicia.isf.es/files/pfc/pfc\\_agustin\\_prado.pdf](http://galicia.isf.es/files/pfc/pfc_agustin_prado.pdf)

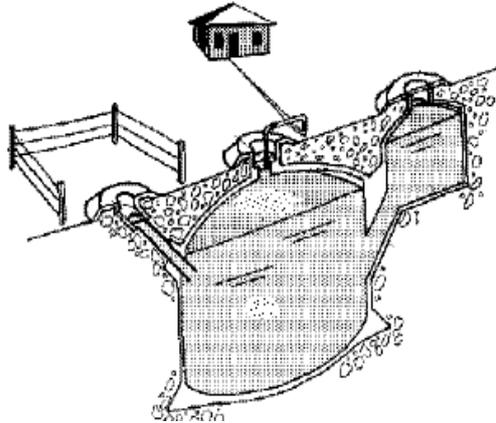
- De flujo continuo

Son aquellos que permiten la entrada y salida constante de fluido. Dependiendo de su estructura se pueden diferenciar en:

- De estructura sólida fija (cúpula fija, chino)

Consta de una cámara de gas firme construida de ladrillos, hormigón u otro material. La cima y fondos son hemisféricos y están unidos por lados rectos. La tubería de la entrada es recta y los extremos se encuentran nivelados. Se guarda el gas producido durante la digestión bajo la cúpula.

**FIGURA 2.5-5: BIODIGESTOR DE FLUJO CONTINUO – CÚPULA FIJA**



Fuente: [http://galicia.isf.es/files/pfc/pfc\\_agustin\\_prado.pdf](http://galicia.isf.es/files/pfc/pfc_agustin_prado.pdf)

- De estructura sólida móvil (cúpula flotante, indio)

Consta de un tambor fabricado de fibra de vidrio reforzado con plástico. Por lo general, la pared del reactor y fondo son construidos de ladrillo. El gas producido es recogido bajo una bóveda flotante que sube y baja unida a una guía central.

**FIGURA 2.5-6: BIODIGESTOR DE FLUJO CONTINUO – CÚPULA FLOTANTE**



Fuente: [http://galicia.isf.es/files/pfc/pfc\\_agustin\\_prado.pdf](http://galicia.isf.es/files/pfc/pfc_agustin_prado.pdf)

- De estructura flexible (tubular de plástico)

Ampliamente utilizados en América Latina, Asia y África pues no requiere una alta inversión como los biodigestores nombrados anteriormente. Son estructuras de plástico (polietileno) flexible. El gas se acumula en la parte superior de la bolsa, la misma que se llena parcialmente con biomasa.

**FIGURA 2.5-7: BIODIGESTOR DE FLUJO CONTINUO – TUBULAR**

Fuente: Oliver Campero 2001

- De alta velocidad o flujo inducido

Usados en instalaciones industriales. Se les conoce como CSTD (Conventional Stirred Digester). Se diferencian de los digestores convencionales pues constan de un tipo de agitación mecánica, continua o intermitente, que permite que el material aun no digerido entre en contacto con las bacterias activas y así obtener buena digestión de la materia orgánica, con tiempos de retención de hasta 15 días. Es una tecnología relativamente nueva.

**2.5.1.6.2 Características del compostaje anaerobio colectivo – biodigestor tubular**

Como se mencionó anteriormente, la estructura principal de este biodigestor se caracteriza por una bolsa o balón plástico sellado en forma de salchicha donde el gas se almacena en la parte superior, aproximadamente un 25% del volumen total. La bolsa se va inflando lentamente con una presión de operación baja. Su instalación es rápida y sencilla y requiere bajos costos en relación a otros modelos.

**FIGURA 2.5-8: BIODIGESTOR TUBULAR DE FLUJO CONTINUO**

Fuente: Chao et al. 2007

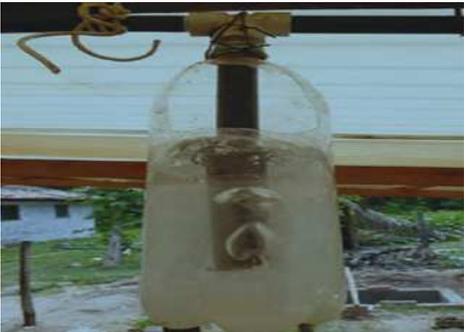
### 2.5.1.6.3 *Ventajas*

- El costo de instalación es mucho menor que el establecimiento de otros tipos de biodigestores.
- Son más eficientes que los biodigestores de cemento, ya que requieren menor volumen líquido para producir una unidad de gas.
- Una vez instalados los biodigestores plásticos son de fácil manejo y mantenimiento.
- 

**CUADRO 2.5-11: PARTES PRINCIPALES DEL BIODIGESTOR TUBULAR**

Partes	Características	
<b>Tubo de admisión</b>	De material plástico cuyo diámetro puede ser de 20 a 30cm y por donde ingresará el material al biodigestor.	
<b>Fermentador</b>	Es el principal componente del biodigestor, su tamaño depende de la cantidad de desechos a fermentar, pero no debe ser muy grande.	

**CUADRO 2.5-12 CONTINUACIÓN: PARTES PRINCIPALES DEL BIODIGESTOR TUBULAR**

<p><b>Tubo de metano</b></p>	<p>Este tubo se ubica en la parte superior del fermentador, por lo general debe tener 2 pulgadas de diámetro y se usa para transportar el biogás a su lugar de uso. El tubo posee 3 conexiones. Una que conecta al fermentador, la de salida con una llave de paso incluida y una salida que está sumergida en agua.</p>	
<p><b>Dispositivo de seguridad</b></p>	<p>Se utiliza para prevenir la ruptura del fermentador debido a las presiones producidas por la digestión anaeróbica de los desechos. Consiste en una botella insertada en el tubo de salida del metano.</p>	

Elaborado por: Autoras

#### **2.5.1.6.4 Consideraciones previas a la instalación**

- Debe ubicarse en un sitio preferiblemente cerca del lugar donde se encuentren los residuos almacenados
- El suelo y las paredes de la cama del biodigestor deben ser firmes. Se recomienda un suelo bien compactado y en lo posible liso, es decir, libre de piedras afiladas, raíces y otros que puedan dañar la bolsa plástica.
- El área debe tener un buen drenaje de las escorrentías causadas por las lluvias pues podría ocasionar encharcamientos.
- Debe estar protegido del sol pues la radiación puede deteriorar la bolsa plástica.
- No debe existir ramas de árboles sobre el biodigestor, ya que con el viento estas pueden caer y dañarlo.

(Herrero, 2008)

**CUADRO 2.5-13: MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL BIODIGESTOR TUBULAR**

Materiales	Características	
Polietileno tubular (grosor 6-8 micras)	El diámetro puede varias. La longitud depende del diseño de acuerdo a la carga diaria con que se alimentara el biodigestor. Existe en el mercado plástico de invernadero que contiene filtro ultravioleta (UV) lo que ayuda a prolongar el tiempo de vida del biodigestor en caso de exponerse al sol.	
Tubos de PVC	De 20 a 30 cm de diámetro y de longitud aproximada de 1 metro cada uno	
Adaptador (macho-hembra)	De 2 pulgadas que se colocaran en el tubo de salida del metano	
Arandelas de caucho de	2 unidades con diámetro externo de 7 cm, 2 pulgadas de diámetro interno y 1mm de espesor	
Arandelas plásticas	2 unidades. Pueden ser también de acrílico	

**CUADRO 2.5-12 CONTINUACIÓN:  
MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL BIODIGESTOR TUBULAR**

Tubería PVC	de 2 pulgadas de diámetro y longitud de 10 a 15 cm	
Tiras Neumático	de 5 metros para ajustar los tubos de PVC de entrada y salida del material del biodigestor	
Botella plástica	Destinado para la válvula de seguridad	
Codos de PVC	2 unidades de 2 pulgadas de diámetro	
T de PVC	Para las conexiones de la tubería de salida del metano	

**CUADRO 2.5-14 CONTINUACIÓN: MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL BIODIGESTOR TUBULAR**

Válvula de salida	Para la salida del biogás, preferiblemente de bola.	
Manguera	Para conexiones con el tubo de PVC de 2 pulgadas	

Elaborado por: Autoras

**2.5.1.6.5 Etapas para la construcción de compostaje anaerobio – biodigestor tubular**

Previamente haber escogido el lugar para la ubicación del biodigestor. Debe cumplir los requisitos que se mencionaron en la selección del lugar para la construcción del mismo.

**FIGURA 2.5-9: ZANJA PARA EL BIODIGESTOR TUBULAR**



En un lugar liso se debe extender el práctico tubular y realizar una doble capa para lo cual, una persona debe ingresar por dentro del plástico tubular llevando consigo otro plástico tubular de la misma longitud. De esta manera queda el biodigestor con doble capa.

**FIGURA 2.5-10: CONSTRUCCIÓN DEL CUERPO DEL BIODIGESTOR TUBULAR**



A 1/3 de la longitud del plástico tubular, realizar un agujero por donde se colocara las arandelas de plástico y de caucho junto con el adaptador macho – hembra como se indica a continuación. De adentro hacia afuera siendo el eje el adaptador debe quedar en el siguiente orden: arandela de caucho, arandela de plástico – plástico tubular – arandela de caucho, arandela de plástico

**FIGURA 2.5-11: VÁLVULA DE SALIDA DE BIODIGESTOR TUBULAR**



Colocar los tubos de PVC de 1 metro de longitud y 20-30 cm de diámetro en los extremos del práctico tubular. Estos deben ajustarse con la cinta de neumático.

**FIGURA 2.5-12: ENTRADAS Y SALIDAS DEL BIODIGESTOR TUBULAR**

Realizar las conexiones respectivas con los tubos de PVC de 2 pulgadas, la T de PVC, la manguera hasta llegar a la válvula de cierre. No olvidar la válvula de seguridad con la botella plástica.

**FIGURA 2.5-13: CONEXIONES DEL BIODIGESTOR TUBULAR**

Finalmente colocar el biodigestor en la zanja destinada para el mismo. Si es posible conseguir un plástico para cubrir la zanja y dar extra protección del digestor.

La fosa debe ser protegida con una cerca alrededor para evitar la caída accidental de personas o animales sobre la bolsa del biodigestor, lo que podría ocasionar su ruptura

### **2.5.1.7 Alimentación de Animales Domésticos**

Otra posibilidad, para el aprovechamiento productivo de residuos sólidos orgánicos, es utilizarlos directamente para alimentar diferentes animales domésticos como conejos, gallinas, cabras, perros, cerdos, etc.

Los residuos orgánicos tienen un alto contenido de humedad lo que implica dificultades para el almacenamiento, el consumo debe ser rápido con el fin de evitar problemas de fermentación o descomposición del mismo. Para incorporar el producto orgánico como complemento importante en la alimentación animal, es necesaria una correcta planificación en la que se tenga en cuenta: de qué productos se dispone, en qué cantidades y en qué periodos de tiempo.

Los residuos sólidos orgánicos tratados adecuadamente pueden transformarse en una excelente fuente de alimentación animal.

Se considera que la producción de carne de cerdo en base a esta alimentación es una forma interesante de recuperación y reciclaje de los residuos que se transforman en proteína de alto valor energético.

El cerdo posee valiosas cualidades ya que es capaz de alimentarse con residuos de baja calidad y transformarlo en un alimento para el hombre. Para ello, el manejo que se realice en torno a la cría se debe hacer con determinadas condiciones de higiene y seguridad. De tal manera que no implique riesgo para la salud pública, animal, ambiental y que resulte viable económicamente.

## **2.5.2 GESTIÓN DE RESIDUOS INORGÁNICOS**

### **2.5.2.1 Reciclaje**

Es la actividad de recuperar los desechos sólidos a fin de reintegrarlos al ciclo económico, reutilizándolos o aprovechándolos como materia prima para nuevos productos, con lo que podemos lograr varios beneficios económicos, ecológicos y sociales.

(Guía de orientación en Saneamiento Básico, 2010)

Los beneficios ambientales generados por el reciclaje son ineludibles. Para que un proyecto como este sea exitoso, se deben considerar aspectos de sostenibilidad económica que garanticen los beneficios de manera permanente. Para la iniciación de un proyecto de reciclaje se debe evaluar lo siguiente:

- Volumen y tipo de residuo sólido que se desea reciclar. En este caso los residuos sólidos inorgánicos
- Costos de inversión inicial, operación y mantenimiento del sistema de reciclaje
- Uso y demanda de los productos reciclados
- Precio de los productos reciclados.

En ciudades pequeñas y zonas rurales no existen muchas posibilidades de reciclar residuos sólidos inorgánicos siendo su baja generación un factor que limita el reciclaje en estas zonas. Es común encontrar materiales como papel, cartón, plásticos y vidrios.

### **2.5.2.2 Sitios de Acopio**

Los sitios de acopio son los sitios donde se almacenan, limpios y clasificados los residuos sólidos inorgánicos reciclables recuperados para su posterior

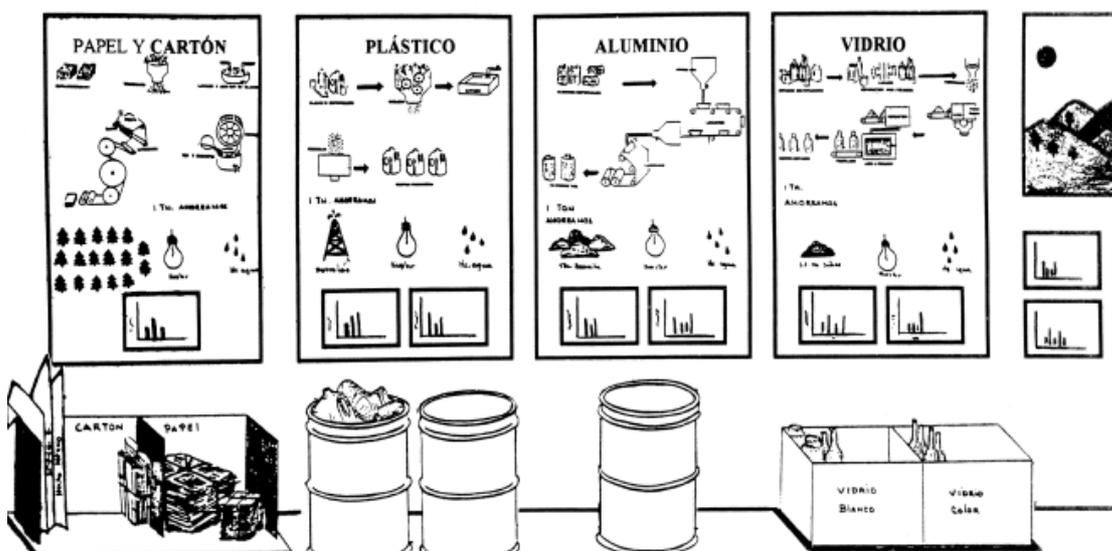
aprovechamiento y/o comercialización. Su creación trae consigo ventajas para los habitantes de las localidades y para el ambiente.

El sitio de acopio deberá permanecer cerrado, techado, limpio, ordenado y contará con contenedores y los tableros informativos.

#### 2.5.2.2.1 Contenedores

Son los recipientes destinados para recibir los residuos sólidos ya separados y clasificados (papel, cartón, aluminio, vidrio y plástico).

**FIGURA 2.5-14: CONTENEDORES Y TABLEROS INFORMATIVOS**



Se pueden establecer sitios de acopio de basura en espacios públicos dentro de la localidad como son escuelas, plazas comunitarias o en espacios públicos destinados únicamente para este fin.

#### 2.5.2.2.2 Tableros Informativos

Se colocarán en la pared arriba de cada uno de los contenedores, tableros o anuncios con información. Es necesario que se elabore un cartel que se coloque

en lugares estratégicos, donde se indique la forma correcta de llevar a cabo la separación de los productos reciclables, la forma en que son recibidos y cómo se deben entregar al sitio de acopio.

#### **2.5.2.2.3    *Actividades en el Sitio de Acopio***

- Decidir la ubicación del Sitio de Acopio
- Designación del día en que se recolectarán los residuos inorgánicos.
- Una persona encargada del Sitio de Acopio, será la responsable de llevar todos los registros.
- En el Sitio de Acopio se colocan los residuos sólidos según su tipo, para lo cual se recomienda la siguiente clasificación:
  - Papel y cartón
  - Plástico
  - Latas

#### **Papel y Cartón**

Los periódicos, revistas, libros, papel y cartón se deben apilar por separado y amarrarse con un cordón.

Si el papel se encuentra en diferentes tamaños y formas o es pedacera se lo debe compactar dentro de contenedores que podrían ser cajas de cartón o bolsas de plástico.

#### **Plástico**

El plástico puede ser empacado en bolsas plásticas grandes, para su entrega al sitio de acopio.

Para los envases que tengan asa, como los galones de leche, o de naranjada, se pueden ir ensartando por la misma, con un cordón tan largo como sea necesario, para formar grupos de tamaño más cómodo para su manejo.

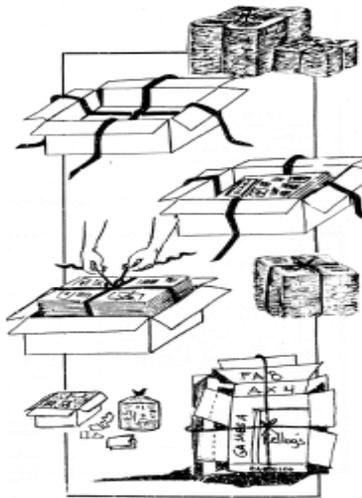
Tratar de enjuagar y compactar con el pie o cortarlo, los envases siempre destapados.

### Latas

Para ocupar el menor espacio posible en su centro de acopio y en el transporte, estos materiales deben ser compactados.

Para su entrega deben ser empacados en bolsas de plástico o costales.

### FIGURA 2.5-15: FORMAS DE RECOLECCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS INORGÁNICOS



Fuente: Martinez, 2008

#### 2.5.2.2.4 Ventajas de los Sitios de Acopio

- Generar empleo organizado, a través de cooperativas.
- Reducir el volumen de residuos sólidos a ser recogidos y transportados.
- Disminuir necesidades de equipo recolector.
- Aumentar la vida útil de los rellenos sanitarios y, por lo tanto, disminuir la demanda de terrenos, que son cada día más escasos y costosos.
- Disminuir costos por la prestación del servicio de limpia.
- Conservar recursos naturales y proteger el ambiente.

(Phillips et al. 2010)

### 2.5.2.3 Relleno Sanitario Manual

Los residuos sólidos inorgánicos que se gestionan de manera local pueden ser destinados al RSM.

El RSM es una técnica para la disposición final de los residuos sólidos en el suelo que disminuye las molestias y peligro para la salud y seguridad pública y el medio ambiente durante su operación y etapa final o clausura. El término manual significa que la compactación y confinamiento de los residuos puede ser realizada sin el uso de maquinaria; en reemplazo se requiere del esfuerzo humano y el empleo de algunas herramientas y compactadores manuales.

Los gastos operativos son muchos más bajos que los rellenos sanitarios comunes, porque el manejo está basado en equipo manual. Es viable para poblaciones urbanas y rurales menores de 40.000 personas que no excedan las 20 toneladas diarias de basura.

(Muñoz, 2008)

Es importante recalcar que al disponer únicamente de los residuos sólidos inorgánicos, no se producirá descomposición biológica y proliferación de vectores. Tampoco se generarán lixiviados y metano.

La planificación debe abarcar la concepción y diseño de la obra hasta su construcción, operación y clausura. También se requiere financiar los estudios para la selección del sitio, el diseño, la construcción y la fase inicial de operación. Durante todo el tiempo de su vida útil se debe incluir en el presupuesto un rubro para la operación y mantenimiento del relleno. Además se requiere asignar un jefe de operaciones.

Entre las gestiones preliminares se tiene: Identificación y selección del terreno: presentación de alternativas a las autoridades locales, selección del sitio y negociación, legalización del terreno, levantamiento topográfico y preparación del plano

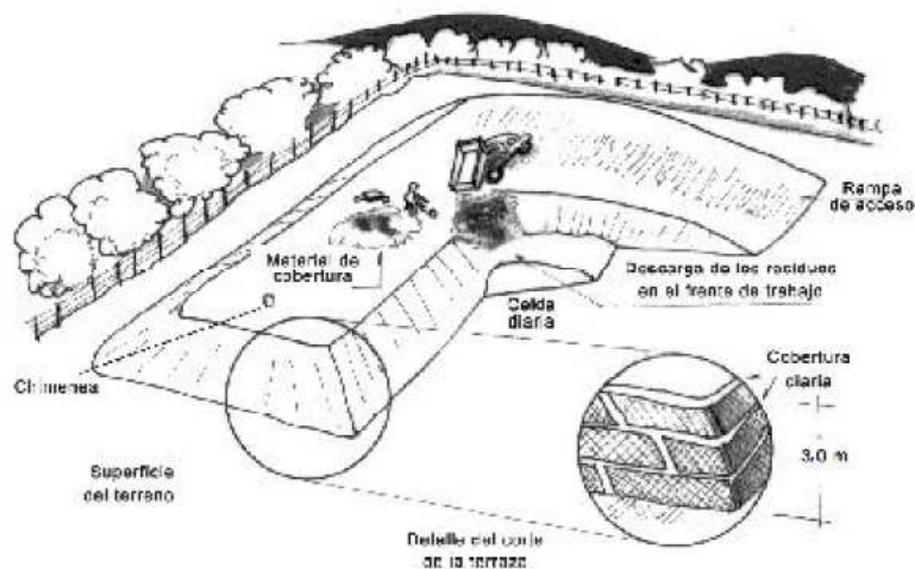
### 2.5.2.3.1 Tipos o métodos de relleno sanitario

- Método de área

Se construye en áreas relativamente planas, donde no sea factible excavar fosas o trincheras para enterrar la basura, esta puede depositarse directamente sobre el suelo original, el que debe elevarse algunos metros, previa impermeabilización del terreno. En estos casos, el material de cobertura deberá ser transportado desde otros sitios.

(Muñoz, 2008)

**FIGURA 2.5-16: MÉTODO DE ÁREA**



Fuente: Jaramillo, 2002

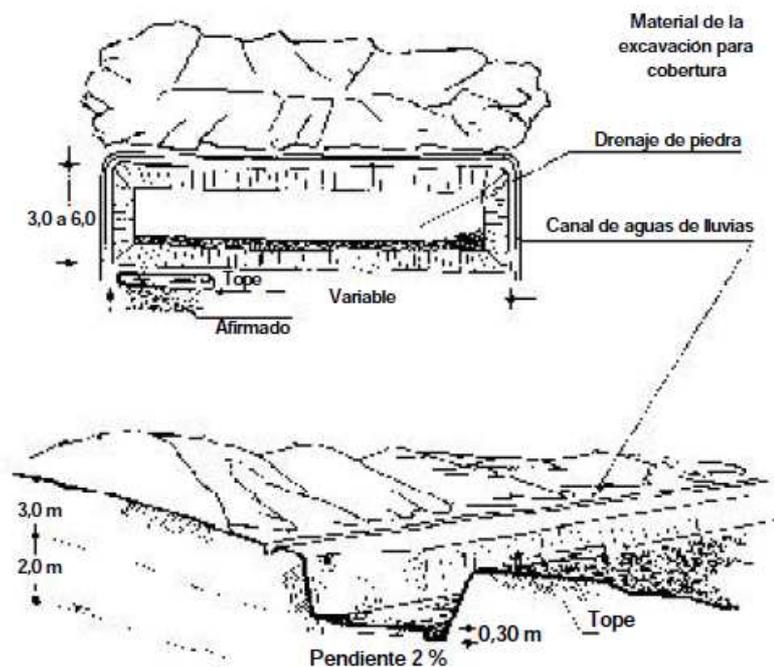
- Método de zanjas/trinchera

Se utiliza en terrenos planos. Consiste en excavar periódicamente zanjas de dos o tres metros de profundidad con una retroexcavadora o un tractor de orugas. Los residuos sólidos inorgánicos se depositan y acomodan dentro de la trinchera para luego compactarlos y cubrirlos con la tierra excavada.

Se debe tener especial cuidado en periodos de lluvias dado que las aguas pueden inundar las zanjas. De ahí que se deba construir canales perimétricos para captarlas y desviarlas e incluso proveer a las zanjas de drenajes internos.

(Muñoz, 2008)

**FIGURA 2.5-17: MÉTODO DE ZANJA/TRINCHERA**



Fuente: Jaramillo, 2002

#### 2.5.2.3.2 Selección del método

Estudio y diseño: incluye presupuesto, presentación a las autoridades y comunidad vecina, consecución de recursos de crédito para la inversión.

Preparación del terreno: limpieza y desmonte, preparación del suelo, corte de taludes.

Construcción de la infraestructura periférica: camino de acceso al terreno, drenaje pluvial, desvío y aislamiento de eventuales cursos de agua.

Construcciones auxiliares: encerramiento perimetral, arborización perimetral, valla publicitaria o cartel de presentación,

Inicio de la Operación y Mantenimiento del relleno sanitario manual: organización y funciones de los responsables. Supervisión de la municipalidad.

Elaborar un manual de funciones: operación y mantenimiento.

(Guía de orientación en Saneamiento Básico, 2010)

### **2.5.2.3.3 *Identificación y Selección del Terreno***

Este paso es importante y para el mismo se realiza una evaluación para determinar el área necesaria (la duración mínima proyectada para la vida útil del relleno sanitario).

Para elegir el terreno, hay que considerar los siguientes factores:

- Localización:
- Distancia de la comunidad hasta el RSM
- Distancia de vías principales
- Vida útil del terreno:
- La capacidad del terreno debe ser lo suficientemente grande para permitir su utilización a largo plazo (alrededor de 10 años).
- Material de cobertura:
- El terreno debe tener disponibilidad de material de cobertura.
- Conservación de los recursos naturales

#### Otras consideraciones

El relleno sanitario deberá estar alejado de zonas arqueológicas o áreas de protección especial.

Se recomienda ubicar el relleno sanitario en suelos de sedimentos muy finos, finos, rocas areniscas finas con arcilla o suelos arcillosos.

Durante esta etapa es importante la participación de la población afectada por el relleno. La comunidad debe formar parte de la discusión sobre el tema, comentar sobre ello y objetar las propuestas realizadas.

El área requerida depende de la cantidad de residuos sólidos inorgánicos que se van a depositar en el RSM.

(Alegre et al. 2010)

Para calcular el área se necesita:

- Proyectar la producción total en kilogramos por día de residuos sólidos en 10 años como mínimo;
- Convertir esta información a unidades de volumen utilizando un factor de conversión de 400 kilogramos por metro cúbico; este factor de conversión es la densidad de los residuos sólidos que se compactan en un RSM.
- Estimar el volumen total requerido considerando el material de cobertura (tierra) y los residuos sólidos enterrados.

#### **2.5.2.3.4 Construcción**

El RSM debe tener instalaciones que permitan el tratamiento de los residuos sólidos inorgánicos de manera higiénica, cómoda y organizada.

- Vía de acceso

Debe permitir el tránsito de los vehículos con comodidad hasta el lugar donde se construyen las celdas para los residuos sólidos. Su acceso se puede señalar

con piedras pintadas de color claro, llantas alineadas una tras otra, u otro material disponible en la zona.

- Caseta de uso múltiple

Principalmente para el almacenamiento de las herramientas.

- Cerco perimétrico

Tiene varios objetivos como servir de cortina rompe viento, aislamiento visual del área de operaciones y delimitación del RSM. Se puede construir con materiales baratos como cañas, troncos, plantones y árboles nativos.

- Canal perimétrico

De alta importancia en zonas de lluvia para evitar que el agua superficial penetre en el RSM.

(Alegre, 2010)

#### **2.5.2.3.5 Operación y Mantenimiento**

El personal es el recurso más importante en la operación del RSM. Los operarios deben realizar las siguientes tareas:

- Recepción de los residuos sólidos inorgánicos
- Construcción de la celda de residuos sólidos inorgánicos
- Enterramiento y compactación de la celda
- Limpieza y mantenimiento del RSM.
- Mejoramiento de vías de acceso
- Limpieza de drenajes
- Construcción de zanjas o reparación de terrazas

#### **2.5.2.3.6 Clausura del Relleno Sanitario Manual**

Después de haber concluido con el plan de cierre y colocado el material impermeable deberemos proceder a implementar una zona verde tal como un

jardín o arborización y para ello colocaremos 50 centímetros de capa de tierra de chacra, y encima de ésta procedemos a sembrar plantas o árboles.

(Cesta, 2003)

#### 2.5.2.3.7 *Ventajas del Rellenos Sanitario Manual*

El manejo de los residuos sólidos que se está aplicando corresponde a residuos sólidos separados. Así, se encuentran las siguientes ventajas:

**CUADRO 2.5-15: COMPARACIÓN ENTRE RELLENO SANITARIO CON RESIDUOS SÓLIDOS MEZCLADOS Y RELLENO SANITARIO CON RESIDUOS SÓLIDOS MEZCLADOS**

<b>Características</b>	<b>Relleno Sanitario con Residuos Sólidos Mezclados</b>	<b>Relleno Sanitario con Residuos Sólidos Separados</b>
Residuos	Todos los residuos	> cantidad de R.S. $\approx$ 40%
Lixiviados	Si	No
Presencia de Vectores	SI	No
Biogás	Si	No
Cantidad de tierra de recubrimiento	> cantidad	< cantidad
Costo O/M	> costo	< costo
Menor periodo útil	< tiempo	> tiempo

Fuente: Muñoz 2007

#### 2.5.2.4 **Educación**

La adopción de un manejo adecuado de los residuos sólidos puede fallar si las persona inician incorrectamente el ciclo del manejo de los mismos.

La capacitación y educación sanitaria debe ser una actividad continua que busca cambiar hábitos y costumbres negativos y desarrollar la capacidad local para establecer una organización comunal para la gestión de los servicios básicos.

(Alegre, 2010)

Para cambiar el comportamiento de la población, se debe comprender sus prácticas y percepción sobre el manejo de los residuos sólidos. Toda comunidad, de alguna manera, dispone sus residuos sólidos y posee una visión particular a nivel individual y colectivo sobre esta actividad. La Comunidad Week Aints no es una excepción puesto que, por ejemplo, los residuos sólidos orgánicos han sido siempre utilizados como abono sobre sus cultivos y no han sido considerados como residuos.

Considerando que la comunidad cuenta con un grupo mayoritario de niños y jóvenes, el objetivo prioritario radica en los programas de educación. En muchos casos, este segmento de la población participa directamente en la limpieza del hogar y de la comunidad y puede influir en el comportamiento de los mayores.

Las mujeres y grupos femeninos organizados son otro objetivo prioritario en los programas de educación, pues ellas desempeñan las actividades caseras, se preocupan por la salud de la familia y son la principal fuente de información sobre temas de salud e higiene.

Los materiales de educación sanitaria que se producen localmente pueden ser tan efectivos como los que se diseñan externamente a un mayor costo. A continuación se enumeran los materiales educativos usados por los promotores de salud:

- Afiches
- Folletos
- Materiales para docentes
- Trípticos
- Guías para estudiantes
- Historietas
- Material de campañas (calendarios, etiquetas, etc.)

El material educativo se puede complementar con concursos, campañas, teatro, juegos, etc. De esta forma se puede acaparar más la atención de la población, especialmente la de los niños y jóvenes.

#### ***2.5.2.4.1 Pasos para Capacitar a la Población***

- Diagnóstico
- Diseño
- Implementación y consolidación
- Operación y mantenimiento.

Dentro de estos pasos se debe identificar responsables, así como las metas que se desea alcanzar.

#### **Primer paso: Diagnóstico**

Consiste en conocer los problemas y potencialidades que posee cada comunidad para recolectar, tratar y disponer los residuos sólidos. El diagnóstico incluye una revisión completa del ciclo de los residuos sólidos, desde que se generan hasta que se disponen y debe identificar los principales riesgos para la salud y el ambiente local. Un diagnóstico del estado del manejo de residuos sólidos en ciudades pequeñas y zonas rurales se la puede realizar a través de una encuesta, la misma que permitirá conocer la realidad actual del manejo de residuos dentro de la comunidad.

#### **Segundo paso: Diseño**

El diseño del sistema de manejo y tratamiento de residuos sólidos debe cubrir las etapas desde el inicio hasta su disposición final.

### **Tercer paso: Implementación y consolidación**

La implementación del manejo de residuos sólidos se debe realizar mediante un plan con metas e indicadores sencillos que permitan conocer el grado de aceptación y el nivel de consolidación.

### **Cuarto paso: Operación y mantenimiento**

La operación y mantenimiento es tal vez el paso más crítico del proceso. Al respecto, se debe implementar modalidades de estímulo del personal y sobre todo mecanismos apropiados de financiamiento.

#### **2.5.2.4.2 Reducción de Sólidos en el Origen**

En la actualidad, se ha introducido el concepto de RDSO (reducir sólidos en origen). Se puede lograr efectivamente a dos niveles: cuantitativo y cualitativo.

Para el cuantitativo por ejemplo el evitar la adquisición de envases innecesarios es un punto que puede ser abordado con facilidad y a su vez asumido por la población. En lo que se refiere a la parte cualitativa, se debe evitar productos contaminantes cuya fabricación, uso y eliminación producen la emisión de elementos que dañan el medio ambiente.

Para que la RDSO tenga un efecto social, lo que podría llamarse “minimización inmaterial” conviene reforzar el impacto público mediante una serie de recursos, por ejemplo, si una persona muy conocida dentro de los medios fabrica su propio compost y esto es publicado en un afiche, esto podría motivar a la población.

Existen formas de fomentar la reducción de la basura. Así tenemos:

- Instrumentos de orden legal y soluciones cooperativas
- Mecanismos económicos
- Información constante, motivadora y sistemática hacia la comunidad

(Wernes, 1995)

## CAPÍTULO 3

### INVESTIGACIÓN DE CAMPO

#### 3.1 POBLACIÓN ACTUAL Y FUTURA

Actualmente en la comunidad Week Aints habitan 10 familias con un promedio de 54 habitantes, en una superficie de 40 hectáreas.

La población futura será aproximadamente de 216 habitantes; ya que se conoce que en un periodo de 3 años, vivirán en esta comunidad 50 familias, pues los terrenos están comprados y algunas casas en construcción.

#### 3.2 ANÁLISIS POBLACIONAL

Para analizar la distribución poblacional en la comunidad Week Aints se deben conocer algunos conceptos como son:

**Población absoluta:** La población absoluta es el número total de habitantes que vive en un lugar determinado.

**Densidad de población:** La densidad de población nos señala la relación entre el número de habitantes y el espacio en el que viven. Para su cálculo se divide la población absoluta entre la superficie (en kilómetros cuadrados) en los que vive esa población.

$$Densidad\ de\ la\ población = \frac{Población\ Absoluta}{Superficie\ (Km^2)}$$

**(3)**

Como ya se mencionó, actualmente habitan 54 personas en la comunidad Week Aints que tiene un área de 4 hectáreas. Para el cálculo de la densidad de la población futura se estimó que habitarán 216 personas.

Por tanto la densidad poblacional actual y futura es:

$$\text{Densidad Poblacional Actual} = \frac{54 \text{ (hab)}}{0.04 \text{ (Km}^2\text{)}} = 1350 \text{ (hab/Km}^2\text{)}$$

$$\text{Densidad Poblacional futura} = \frac{216 \text{ (hab)}}{0.04 \text{ (Km}^2\text{)}} = 5400 \text{ (hab/Km}^2\text{)}$$

### 3.3 CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS

Para realizar la caracterización de los residuos se ejecutaron los siguientes pasos:

#### a) Reunión informativa y presentación del Estudio

Para dar inicio al estudio se realizó una pequeña reunión informativa donde participó toda la comunidad.

El objetivo fue dar información acerca del proyecto e incentivar a la comunidad para que formen parte de las diferentes actividades.

#### FIGURA 3.3-1: REUNIÓN INFORMATIVA



#### b) Identificación de las viviendas

Se elaboró un registro con nombres de los participantes, indicando la localización y el número de habitantes de cada vivienda, para lo cual se hizo una encuesta.

Se realizó una visita casa por casa para informar: la importancia de la participación de los habitantes y el horario establecido para la recolección de los residuos sólidos. Se les entregó la primera bolsa donde debían colocar sus residuos para que sean recogidos.

#### c) Recolección de los residuos

Las personas de cada vivienda se encargaban de la respectiva clasificación de los residuos sólidos en los siguientes componentes:

- Materia Orgánica
- Materia Inorgánica

A partir del primer día se inició la recolección. Esto sirve únicamente como una operación de limpieza para asegurar que los residuos generados correspondan a un día. Simultáneamente, con la operación de limpieza, se entregó una nueva bolsa (Una para orgánicos de color blanco y otra para inorgánicos floreada) para el almacenamiento de los residuos que se generarían en las siguientes 24 horas.

#### **FIGURA 3.3-2: ENTREGA DE FUNDAS A LAS HABITANTES**



A partir del segundo día y hasta el séptimo día, se efectuó la recolección diaria de los residuos sólidos generados en cada vivienda, así como la entrega de nuevas bolsas.

**FIGURA 3.3-3: RECOLECCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS EN LA COMUNIDAD**



d) Operación de cuarteo

Se deposita el contenido de las fundas de materia orgánica en el área de cuarteo, se mezcla perfectamente tratando de homogenizar las muestras, dispersándolas en toda el área.

**FIGURA 3.3-4: HOMOGENIZACIÓN DE LAS MUESTRAS**



Se divide en cuatro partes iguales A, B, C, D y se eliminan las partes opuestas A y C o B y D. De las partes eliminadas del primer cuarteo se toman 10 kg, para análisis físicos, químicos y biológicos y con el resto se determina el peso volumétrico.

(Luaces, 2008)

**FIGURA 3.3-5: OPERACIÓN DE CUARTEO**

e) Pesaje y caracterización de los residuos

Diariamente, una vez recolectadas todas las bolsas de las viviendas, éstas fueron llevadas al sitio definido para la caracterización.

**FIGURA 3.3-6: RECOLECCIÓN DE LOS RESIDUOS SOLIDOS**

Se registró el peso de cada una de las bolsas para determinar la generación total de residuos sólidos. Como regla general, se descarta la muestra del primer día ya que no se conoce el período en el cual fue producido.

**FIGURA 3.3-7: PESAJE DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS**

Los materiales necesarios son: balanza; bolsas de plástico; escoba y formatos de trabajo y lapiceros.

Se procedió a la separación y clasificación de los residuos según componentes (plásticos, metales, papeles, vidrios, etc.).

Una vez culminada la clasificación, los componentes fueron pesados.

**FIGURA 3.3-8: CLASIFICACION DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS INORGÁNICOS**

Durante esta actividad se utilizó implementos de protección personal y materiales de limpieza personal, tales como: mandiles; guantes de protección anticortes; mascarillas protectoras; jabón, detergente y desinfectantes.

f) Determinación del peso específico aparente de los residuos sólidos

El peso específico aparente de los residuos es un parámetro que indica la cantidad de residuos en peso (Kg) con relación al volumen que ocupa ( $m^3$ ). Este dato es importante para determinar los posibles métodos de recolección (vehículos) y de disposición final (dimensiones de un relleno sanitario). Para esta actividad se empleó un balde de 6 litros de capacidad. Por medio del método del cuarteo se procedió a llenar el balde.

El procedimiento para la determinar el peso específico aparente es:

- Verificar que el recipiente esté limpio.
- Se pesa el recipiente.
- Se llena el recipiente hasta el tope con residuos sólidos homogeneizados obtenidos de las partes eliminadas del primer cuarteo.

**FIGURA 3.3-9: DETERMINACIÓN DEL PESO ESPECÍFICO APARENTE**



- Golpear el recipiente contra el suelo tres veces, dejándolo caer desde una altura de 10 cm.
- Nuevamente se agregan residuos sólidos hasta el tope, teniendo cuidado de no presionar.

Se debe obtener el peso neto de los residuos sólidos. Se pesa el recipiente con éstos y se resta el valor de la tara.

El cálculo del peso específico aparente se realiza haciendo uso de la siguiente fórmula:

$$Peso\ específico\ aparente = \frac{Peso\ del\ residuo\ (Kg)}{Volumen\ de\ residuos\ (m^3)} \quad (3.1)$$

Ejemplo:

Día 4

$$P. esp. a. = \frac{1.5\ (Kg)}{0.006\ (m^3)} = 250\ \left(\frac{Kg}{m^3}\right)$$

(Echarri Prim, Luis 1998)

### **3.4 DETERMINACIÓN DE CALIDAD Y CANTIDAD DE RESIDUOS SÓLIDOS GENERADOS**

#### **3.4.1 DETERMINACIÓN DE LA TASA PER CÁPITA**

Utilizando el registro del total de residuos recolectados y la lista de participantes por día de muestreo se obtiene la cantidad de residuos generados. En función de los datos recopilados sobre el número de personas por vivienda se determina el número de personas que han intervenido cada día del muestreo. Por lo tanto, los datos presentados a continuación son calculados para la población actual de 54 personas.

Dividiendo el peso total entre el número de personas, se obtiene la generación per cápita diaria promedio de las viviendas muestreadas.

$$T.P.C. = \frac{\text{Peso registrado en un día (Kg/día)}}{\text{Número de habitantes (hab)}} \quad (3.2)$$

Ejemplo:

Día 4

$$T.P.C. = \frac{17.8 \text{ (Kg/día)}}{54 \text{ (hab)}} = 0.33 \text{ (Kg * } \frac{\text{hab}}{\text{día}})$$

Determinación de la Cantidad de Residuos

$$C.R.S. = T.P.C. * P_o \quad (3.3)$$

Donde:

C.R.S. = Cantidad de residuos sólidos

T.P.C = Tasa Percápita

P<sub>o</sub> = Población presente

Ejemplo:

Día 4

$$C.R.S. = 0.33 * 54 = 17.8 \text{ Kg/día}$$

### 3.4.2 DATOS REGISTRADOS DURANTE LA SEMANA DE RECOLECCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS

#### 3.4.2.1 Cantidad de Materia Orgánica e Inorgánica

**CUADRO 3.4-1: CANTIDAD DE RESIDUOS SÓLIDOS CORRESPONDIENTES AL PRIMER DÍA**

	<b>Materia Orgánica (g)</b>	<b>Materia Inorgánica (g)</b>
Casa 1	1100	1650
Casa 2	4995	555
Casa 3	3500	1350
Casa 4	2800	2500
Casa 5	4850	1950
Casa 6	370	
Casa 7		
Casa 8		
Casa 9		
Total	17615	8005

**CUADRO 3.4-2: CANTIDAD DE RESIDUOS SÓLIDOS CORRESPONDIENTES AL SEGUNDO DÍA**

	<b>Materia Orgánica (g)</b>	<b>Materia Inorgánica (g)</b>
Casa 1	2850	500
Casa 2	6000	1300
Casa 3	2000	3000
Casa 4	850	650
Casa 5	1000	700
Casa 6	550	500
Casa 7	2900	400
Casa 8	1500	350
Casa 9	1500	600
Total	19150	8000

**CUADRO3.4-3: CANTIDAD DE RESIDUOS SÓLIDOS CORRESPONDIENTES AL TERCER DÍA**

	<b>Materia Orgánica (g)</b>	<b>Materia Inorgánica (g)</b>
Casa 1		700
Casa 2	300	1300
Casa 3	1950	1700
Casa 4	1150	200
Casa 5	2750	150
Casa 6	400	50
Casa 7	3850	150
Casa 8	1650	
Total	12050	4250

**CUADRO3.4-4: CANTIDAD DE RESIDUOS SÓLIDOS CORRESPONDIENTES AL CUARTO DÍA**

	<b>Materia Orgánica (g)</b>	<b>Materia Inorgánica (g)</b>
Casa 1		350
Casa 2	100	600
Casa 3	1550	250
Casa 4	1850	400
Casa 5	1850	
Casa 6	400	
Casa 7	2400	2350
Casa 8	1300	600
Casa 9	3200	600
Total	12650	5150

**CUADRO3.4-5: CANTIDAD DE RESIDUOS SÓLIDOS CORRESPONDIENTES AL QUINTO DÍA**

	<b>Materia Orgánica (g)</b>	<b>Materia Inorgánica (g)</b>
Casa 1	900	550
Casa 2	3250	500
Casa 3	1100	800
Casa 4	2600	300
Casa 5	1900	500
Casa 6	350	50
Casa 7	500	150
Casa 8	2600	200
Casa 9	1700	50
Total	14900	3100

**CUADRO3.4-6: CANTIDAD DE RESIDUOS SÓLIDOS CORRESPONDIENTES AL SEXTO DÍA**

	<b>Materia Orgánica (g)</b>	<b>Materia Inorgánica (g)</b>
Casa 1	1650	50
Casa 2	1300	850
Casa 3	600	200
Casa 4	1250	100
Casa 5	1500	100
Casa 6	100	20
Casa 7	1250	150
Casa 8	1000	250
Casa 9	1300	50
Total	9950	1770

**CUADRO3.4-7: CANTIDAD DE RESIDUOS SÓLIDOS CORRESPONDIENTES AL SÉPTIMO DÍA**

	<b>Materia Orgánica (g)</b>	<b>Materia Inorgánica (g)</b>
Casa 1	1500	600
Casa 2	1300	750
Casa 3	600	230
Casa 4	1250	100
Casa 5	1500	100
Casa 6	100	20
Casa 7	1250	150
Casa 8	1000	250
Casa 9	1300	70
Total	9800	2270

**3.4.2.2 Porcentaje de los diferentes componentes de los Residuos Sólidos Inorgánicos durante la semana**

**CUADRO3.4-8: PORCENTAJE DE LOS COMPONENTES DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS INORGÁNICOS CORRESPONDIENTES AL SEGUNDO DÍA**

	<b>Peso (g)</b>	<b>%</b>
Latas	650	8,1
Papel	250	3,1
cartón	300	3,8
Pilas	350	4,4

**CUADRO3.4-9 CONTINUACIÓN: PORCENTAJE DE LOS COMPONENTES DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS INORGÁNICOS CORRESPONDIENTES AL SEGUNDO DÍA**

Plástico	2150	26,9
Vidrio	600	7,5
Otros	3700	46,3
Total	8000	100

**CUADRO3.4-10: PORCENTAJE DE LOS COMPONENTES DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS INORGÁNICOS CORRESPONDIENTES AL TERCER DÍA**

	<b>Peso (g)</b>	<b>%</b>
Latas	450	10,6
Papel	400	9,4
Cartón	150	3,5
Pilas	700	16,5
Plástico	900	21,2
Vidrio	200	4,7
Otros	1450	34,1
Total	4250	100

**CUADRO3.4-11: PORCENTAJE DE LOS COMPONENTES DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS INORGÁNICOS CORRESPONDIENTES AL CUARTO DÍA**

	<b>Peso (g)</b>	<b>%</b>
Latas	200	3,9
Papel	250	4,9
cartón	700	13,6
Pilas		
Plástico	2050	39,8
Vidrio	400	7,8
Otros	1550	30,1
Total	5150	100

**CUADRO3.4-12: PORCENTAJE DE LOS COMPONENTES DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS INORGÁNICOS CORRESPONDIENTES AL QUINTO DÍA**

	<b>Peso (g)</b>	<b>%</b>
Latas	500	16,1
Papel	900	29,0
cartón	100	3,2
Pilas		
Plástico	800	25,8
Vidrio	100	3,2
Otros	700	22,6
Total	3100	100

**CUADRO3.4-13: PORCENTAJE DE LOS COMPONENTES DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS INORGÁNICOS CORRESPONDIENTES AL SEXTO DÍA**

	<b>Peso (g)</b>	<b>%</b>
Latas	100	5,6
Papel	220	12,4
Cartón	50	2,8
Pilas	50	2,8
Plástico	900	50,8
Vidrio		
Otros	450	25,4
Total	1770	100

**CUADRO3.4-14: PORCENTAJE DE LOS COMPONENTES DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS INORGÁNICOS CORRESPONDIENTES AL SÉPTIMO DÍA**

	<b>Peso (g)</b>	<b>%</b>
Latas	200	8,8
Papel	220	9,7
cartón	100	4,4
Pilas	50	2,2
Plástico	1200	52,9
Vidrio		0,0
Otros	500	22,0
Total	2270	100

**CUADRO3.4-15: PESO ESPECÍFICO APARENTE DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS REGISTRADO EN LA SEMANA DE MUESTREO**

Día	Peso del residuo (Kg)	Volumen m <sup>3</sup>	Peso específico aparente (Kg/m <sup>3</sup> )
1	1,7	0,006	283,3
2	2,15	0,006	358,3
3	1,35	0,006	225
4	1,5	0,006	250
5	1,5	0,006	250
6	1,35	0,006	225
7	1,2	0,006	200

### 3.5 DETERMINACIÓN DE LA TASA PER CAPITA, CANTIDAD ACTUAL Y FUTURA DE RESIDUOS SÓLIDOS

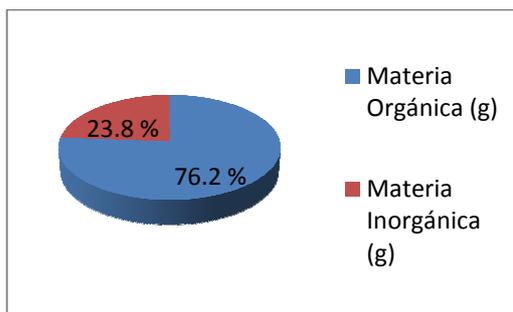
**CUADRO 3.5-1: T.P.C. Y CANTIDAD DE RESIDUOS SÓLIDOS**

Día	Peso (Kg)	Habitantes	T.P. C. (Kg/hab*día)	Cantidad actual (Kg)	Cantidad Futura 216hab (Kg)
2	27,15	54	0,503	27,15	108,6
3	16,3	54	0,302	16,3	65,2
4	17,8	54	0,330	17,8	71,2
5	18	54	0,333	18	72,0
6	11,72	54	0,217	11,72	46,9
7	12,07	54	0,224	12,07	48,3

**CUADRO3.5-2: PORCENTAJE DE RESIDUOS ORGÁNICOS E INORGÁNICOS**

	Peso (g)	%
Materia Orgánica (g)	78500	76,2
Materia Inorgánica (g)	24540	23,8
Total	103040	100

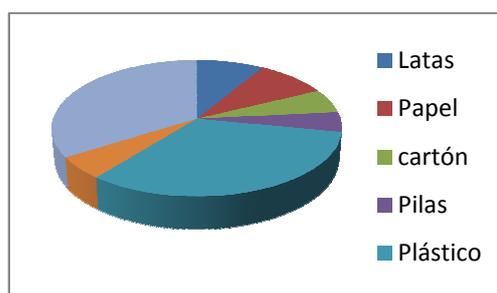
**FIGURA 3.5-1: PORCENTAJE DE RESIDUOS SOLIDOS ORGÁNICOS E INORGÁNICOS**



**CUADRO3.5-3: PORCENTAJE DE LOS DIFERENTES COMPONENTES DE LOS RESIDUOS SOLIDOS INORGÁNICOS**

	<b>Peso (g/semana)</b>	<b>%</b>
Latas	2100	8,6
Papel	2240	9,1
cartón	1400	5,7
Pilas	1150	4,7
Plástico	8000	32,6
Vidrio	1300	5,3
Otros	8350	34,0
Total	24540	100,0

**FIGURA 3.5-2: PORCENTAJE DE LOS DIFERENTES COMPONENTES DE LOS RESIDUOS SOLIDOS INORGÁNICOS**



### 3.6 ENCUESTA

La encuesta es una técnica de investigación que consiste en una interrogación verbal o escrita que se realiza a las personas con el fin de obtener determinada información necesaria para una investigación.

Es una técnica muy utilizada que permite obtener información de cualquier tipo de población.

Cuando la encuesta es verbal se suele hacer uso del método de la entrevista; y cuando la encuesta es escrita se suele hacer uso del instrumento del cuestionario, el cual consiste en un documento con un listado de preguntas, las cuales se les hacen a la personas a encuestar.

En este caso se efectuó una encuesta escrita, para la cual se realizó el siguiente cuestionario:

#### **FIGURA 3.6-1: ENCUESTA REALIZADA EN LA COMUNIDAD**



1. ¿Cuántas personas viven en su domicilio?
2. ¿Qué tipo de depósito utiliza para almacenar su basura?
3. Recibe usted el servicio de limpieza pública?
4. ¿Cuántas veces por semana transporta su basura hacia el pueblo más cercano?
5. ¿Qué objetos que se podría considerar "basura", usted reutiliza?
  - Botellas de plástico
  - Papel
  - No reutiliza

- Otros
6. ¿Sabe usted lo que es reciclaje?
7. ¿Estaría usted dispuesto a participar en una campaña de reciclaje?
8. Si es afirmativa, ¿Con quién estaría dispuesto a participar?
- Municipalidad
  - ONG
  - Otros:
9. ¿Es consciente de que la basura puede causar impacto negativo a su salud?
10. Si la respuesta es afirmativa ¿qué tipo de enfermedades cree usted que podría causar el mal manejo de la basura?
- Enfermedades respiratorias
  - Diarreas
  - Alergias a la piel
11. ¿Ha padecido alguna de las enfermedades mencionadas?
- Sí
  - No

### **3.6.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS**

Con los datos de la encuesta que se detallan en el Anexo 1, se obtienen los siguientes resultados:

1. Permanentemente se encuentran habitando esta comunidad 54 personas. Existen familias que en los próximos meses se ubicarán dentro de la comunidad aumentando así el número de pobladores. La encuesta se realizó a 10 familias y se estima que de los 54 habitantes actuales, el número ascienda a 216.

2. El tipo de depósito que utilizan para almacenar sus residuos, es en su mayoría son fundas plásticas. Se puede interpretar a la variable “ninguno” considerando

que los desechos son depositados en los sectores aledaños o se realiza la quema de los mismos.

**FIGURA 3.6-2: TIPOS DE DEPÓSITO DONDE SE ALMACENA LOS RESIDUOS SÓLIDOS**



3. Week Aints no recibe servicio de limpieza pública. La comunidad se encuentra alejada de la carretera principal (Vía Tarqui) por donde los camiones recolectores si realizan un recorrido 2 veces por semana.

4. La mayoría transporta sus desechos 1 vez por semana. Las personas que no transportan sus desechos, los ocupan de diferentes formas. EL material orgánico lo utilizan como abono para sus cultivos mientras que los residuos inorgánicos son quemados como se mencionó anteriormente.

**FIGURA 3.6-3: FRECUENCIA DE TRANSPORTE DE RESIDUOS SÓLIDOS**



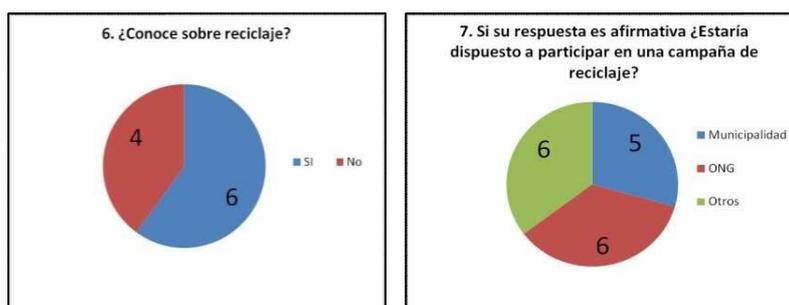
5. Las botellas de plástico que reutilizan son destinadas a maceteros ecológicos o para reserva de agua lluvia puesto que la comunidad no cuenta con los servicios de electricidad y agua potable.

**FIGURA 3.6-4: OBJETOS QUE SE REUTILIZAN**



6. La mayoría de personas conoce sobre el reciclaje. Sin embargo las personas que no lo conocen, no podrían participar en campañas de reciclaje a menos que se les instruya en este tema. Todas las personas que respondieron afirmativo a esta pregunta, están dispuesto a participar en campañas de reciclaje con cualquier entidad, sea esta pública o privada.

**FIGURA 3.6-5: CONOCIMIENTO ACERCA DE RECICLAJE**



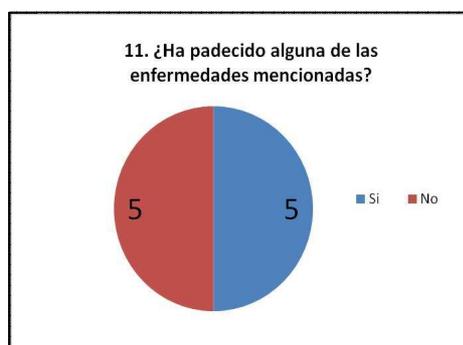
7. Todas las personas están conscientes de que la mala disposición de los residuos puede ocasionar afecciones a la salud. La diarrea es un síntoma que la mayoría asocia con la mala disposición de los desechos.

**FIGURA 3.6-6: AFECCIONES A LA SALUD CAUSADAS POR EL MAL MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS**



8. La mitad de las familias han padecido alguna de las enfermedades antes mencionadas. Cabe recalcar que la mayor parte de la población es joven y entre ellos se encuentran niños menores de 10 años, lo mismos que se han visto afectados por diarrea y alergias en la piel.

**FIGURA 3.6-7: PORCENTAJE DE INDIVIDUOS QUE HA PADECIDO ENFERMEDADES DEBIDO AL MAL MANEJO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS**



### 3.7 PRESENCIA DE RESIDUOS SÓLIDOS PELIGROSOS

En la comunidad Week Aints los únicos residuos sólidos peligrosos son las pilas. Estos dispositivos electroquímicos con capacidad para convertir la energía química en energía eléctrica se encuentran frecuentemente dentro de la comunidad debido a que no existe cobertura de energía eléctrica en el sector.

Las pilas resultan especialmente tóxicas y peligrosas para el medio ambiente, debido a que los elementos químicos que se usan para generar su energía son metales pesados, como el mercurio, el cadmio, manganeso, níquel y zinc. Estos metales pueden contaminar los recursos de la comunidad.

La encapsulación es el mecanismo en el cual, los componentes del residuo peligroso quedan atrapados físicamente en una matriz estructural. El encapsulamiento se realiza mediante la solidificación que es el proceso en el cual, se añade una cantidad suficiente de material solidificante, a los materiales peligrosos para originar una masa solidificada, y de esta manera transformar el residuo en un bloque.

Al encapsular las pilas se tendrán beneficios tales como:

- Limitar la solubilidad de los contaminantes presentes en las pilas.
- Aumentar la resistencia
- Disminuir la permeabilidad del residuo.
- Inmovilizar los contaminantes.
- Minimizar la velocidad de migración de los contaminantes al medio ambiente.
- Reducir la toxicidad de los contaminantes

### **3.8 RECOLECCIÓN Y DISPOSICIÓN FINAL**

En Week Aints no existe un sistema de recolección ni disposición final de los residuos sólidos, esto es un problema para la comunidad ya que afecta el entorno y contamina el medio ambiente, produciendo diversos tipos de enfermedades respiratorias y cutáneas, constatadas en las encuestas realizadas; así como contribuyendo en la proliferación de plagas nocivas para la salud como insectos (cucarachas, mosquitos).

Además al no existir un manejo de los residuos sólidos impide aprovecharlos; reutilizándolos o reciclándolos.

Causas del mal manejo de los residuos sólidos

- Falta de conciencia ambiental.
- Falta de conocimientos sobre las consecuencias de la contaminación.
- Falta de colaboración para limpiar el entorno.

Consecuencias del mal manejo de los residuos sólidos

- Daños materiales
- Malos olores
- Problemas a la salud
- Deterioro de la tierra
- Contaminación ambiental (agua, aire, agua)

### **3.9 PROBLEMAS SOCIO ECONÓMICOS ALREDEDOR DEL MANEJO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS**

El modelo de gestión planteado en el presente trabajo, resuelve los problemas que se pueden generar debido al inadecuado manejo de los residuos sólidos.

Para la ejecución del modelo deben considerarse aspectos ambientales, sociales y económicos.

Los habitantes de la Comunidad Week Aints tienen ingresos económicos por debajo del salario mínimo. Las obras ejecutadas hasta el momento se las han podido realizar gracias a la ayuda de fundaciones, el Municipio de Pastaza y la colaboración de todos los habitantes de la comunidad.

Para la ejecución del modelo de gestión de residuos sólidos, se necesitará de la asistencia financiera por parte de las autoridades competentes pues un proyecto de esta magnitud requiere de ayuda externa.

Además se requiere de participación y capacitación ambiental para los habitantes de la comunidad. De esta forma se asegura un desarrollo óptimo del proyecto.

A nivel social, el modelo de gestión de residuos sólidos trae consigo una mejora en distintos campos:

- Mejora las condiciones higiénicas y de salud: reduce los patógenos; reduce la transmisión de enfermedades por mala disposición de los residuos; económicamente el hecho de tener una población más sana implica un mayor desarrollo.
- Fortalecimiento del trabajo comunitario que se refleja en el compromiso de todos los habitantes para mantener el modelo de gestión.
- Incremento de la calidad de vida a nivel familiar y como comunidad pues tanto niños, mujeres y hombres serán participes a lo largo de este proyecto.

## **CAPÍTULO 4**

### **PROPUESTA DE MODELO DE GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS**

#### **4.1 RESIDUOS SEPARADOS**

El aprovechamiento de los residuos sólidos para los diferentes usos, se da de la mejor forma si estos han sido separados. La separación se puede hacer en el sitio de generación de los residuos, bien sea en los hogares o en las instituciones, lo que se denomina separación en la fuente; o la separación se puede hacer a partir de la basura mezclada, en estaciones especializadas para tal fin. La separación en la fuente evita que se contaminen unos materiales con otros y permite una mejor gestión.

La separación de los residuos en diferentes fracciones va a depender en gran medida de los usos que se le pueda dar a los materiales que se separan. Desde el punto de vista social la separación en la fuente tiene diversas ventajas como el desarrollo de la participación ciudadana en los problemas de la comunidad y la concientización de la misma comunidad en los problemas del medio ambiente y la salud.

La separación de los residuos en orgánico e inorgánico trae consigo los siguientes beneficios:

- Se puede hacer un mejor manejo de los residuos sólidos ya que será posible recuperar prácticamente la totalidad de los residuos orgánicos, y un alto porcentaje de los residuos inorgánicos que tengan mercado en este momento.
- Recuperar los materiales reciclables disminuye la cantidad de residuos sólidos que se depositan en el relleno sanitario, y se prolonga su vida útil.
- Al disminuir el volumen de los residuos sólidos destinados al relleno sanitario, los costos de recolección y disposición final son menores.

- Abre la posibilidad de producir composta para fertilizar los suelos.
- Disminuye los riesgos a la salud.
- La cantidad de materiales es menor y el rendimiento es mayor cuando la recolección es con residuos separados.
- Se conserva el ambiente y se reduce la contaminación.
- Se protegen los recursos naturales renovables y no renovables.
- Se puede implementar un relleno sanitario manual que no produzca metano, vectores ni lixiviados.

Una estrategia para disminuir la cantidad de basura es reducir, reutilizar y reciclar.

**Reducir:** Esto quiere decir que hay que EVITAR que se genere la basura, es decir, ocupar el mínimo de elementos además de hacerlo en forma limpia, minimizar los productos que se entregan con más empaques del que realmente necesita.

**Reusar:** Es la capacidad de un producto o envase para ser usado en más de un ocasión, de la misma forma y para el mismo propósito para el cual fue fabricado.

**Reciclar:** Conjunto de operaciones que permiten la recuperación de materias primas a partir de los residuos mediante la transformación de dicho residuos que pueden originar o bien un producto similar al que originó el residuo o bien originar un producto diferente. Estos nuevos productos se incorporan en un nuevo ciclo productivo.

## **4.2 MODELO DE GESTIÓN DE RESIDUOS SEPARADOS PARA EL ÁREA RURAL**

Atendiendo a la problemática que presenta el área rural, donde las viviendas están dispersas y por consiguiente los tiempos de transporte son sumamente altos, se plantea la necesidad de realizar la gestión de residuos separados. El modelo de gestión con residuos separados permite establecer un modelo llamado GESTION LIMPIA, el mismo que se detalla a continuación:

Las alternativas de gestión para los residuos sólidos orgánicos son:

- Alimentación de animales domésticos
- Compostaje Aerobio
- Compostaje Anaerobio

Para gestionar los residuos inorgánicos se plantea:

- Reciclaje
- Sitios de acopio
- Relleno Sanitario Manual Local
- Relleno Municipal

Para lograr el modelo de gestión propuesto, es necesario tener conocimiento y comprender las acciones que conjuntamente deben realizar la comunidad y la administración local.

### **Reducción en origen**

Reducir la cantidad (Minimización concepto de producción limpia)

### Separación en la fuente

Para llevar a cabo el modelo propuesto, los residuos serán clasificados en orgánicos e inorgánicos.

- Transformación de residuos
- Compostaje aerobio
- Compostaje anaerobio biogás

### Destino Final

- Sitios de Acopio
- Relleno sanitario manual

(Muñoz, 2007)

## 4.3 ANALISIS DE RESULTADOS PARA LA VIABILIDAD DEL MODELO DE GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS EN ÁREAS RURALES

Los diseños fueron realizados con los datos estimados para la población futura de 216 habitantes. Estos datos fueron calculados con la información recolectada en campo.

**CUADRO 4.3-1: TASA PER CAPITA Y GENERACIÓN FUTURA DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS**

Día	T.P.C. (Kg/hab*día)	Peso actual (Kg) 54 hab	Peso futuro (Kg) 216 hab
1	0,35	19,15	76.60
2	0,22	12,05	48.20
3	0,23	12,65	50.60
4	0,28	14,9	59.60
5	0,18	9,95	39.80
6	0,18	9,8	39.20
		Media	52.33

**CUADRO 4.3-2: GENERACIÓN ANUAL DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS**

Media (Kg /día)	Semana (Kg)	Mes (Kg)	Año (Kg)	Ton
52.33	366.31	1465.24	17582.88	17.58

**CUADRO 4.3-3: TASA PER CÁPITA Y GENERACIÓN FUTURA DE RESIDUOS SÓLIDOS INORGÁNICOS**

Día	T.P C.(Kg/hab*día)	Peso actual (Kg) 54 hab	Peso futuro (Kg) 216 hab
1	0,15	8	32.00
2	0,08	4,25	17.00
3	0,10	5,15	20.60
4	0,06	3,1	12.40
5	0,03	1,77	7.08
6	0,04	2,27	9.08
		Media	16.36

**CUADRO 4.3-4: GENERACIÓN ANUAL DE RESIDUOS SÓLIDOS INORGÁNICOS**

Media Kg /día	Semana (Kg)	Mes (Kg)	Año (Kg)	Ton
16.36	114.52	458.08	5496.96	5,50

**CUADRO 4.3-5: TASA PER CAPITA Y GENERACIÓN FUTURA DE RESIDUOS SÓLIDOS INORGÁNICOS (LATAS)**

Día	T.P.C. (Kg*hab/día)	Peso actual (Kg) 54 hab	Peso futuro (Kg) 216 hab
1	0,012	0,65	2,60
2	0,008	0,45	1,80
3	0,004	0,2	0,80
4	0,009	0,5	2.00
5	0,002	0,1	0,40
6	0,004	0,2	0,80
		Media	1,40

**CUADRO 4.3-6: GENERACIÓN ANUAL DE RESIDUOS SÓLIDOS INORGÁNICOS (LATAS)**

Media (Kg /día)	Semana (Kg)	Mes (Kg)	Año (Kg)	Ton
1,4	9,8	39.2	470.4	0,4704

**CUADRO 4.3-7: TASA PER CAPITA Y GENERACIÓN FUTURA DE RESIDUOS SÓLIDOS INORGÁNICOS (PAPEL Y CARTÓN)**

Día	T.P.C. (Kg*hab/día)	Peso actual (Kg) 54 hab	Peso futuro (Kg) 216 hab
1	0,010	0,55	2,20
2	0,010	0,55	2,20
3	0,018	0,95	3,80
4	0,019	1	4,00
5	0,005	0,27	1,08
6	0,006	0,32	1,28
		Media	2,43

**CUADRO 4.3-8: GENERACIÓN ANUAL DE RESIDUOS SÓLIDOS INORGÁNICOS (PAPEL Y CARTÓN)**

Media ( Kg /día)	Semana ( Kg)	Mes ( Kg)	Año( Kg)	Ton
2,43	17,01	68,04	816,48	0,82

**CUADRO 4.3-9: TASA PER CAPITA Y GENERACIÓN FUTURA DE RESIDUOS SÓLIDOS INORGÁNICOS (PILAS)**

Día	T.P.C. (Kg*hab/día)	Peso actual (Kg) 54 hab	Peso futuro (Kg) 216 hab
1	0,006	0,35	1,40
2	0,013	0,7	2,80
3	0,001	0,05	0,20
4	0,001	0,05	0,20
		Media	1,15

**CUADRO 4.3-10: GENERACIÓN ANUAL DE RESIDUOS SÓLIDOS INORGÁNICOS (PILAS)**

Media ( Kg /día)	Semana (Kg)	Mes (Kg)	Año (Kg)	Ton
1,15	8,05	32,2	386,4	0,39

**CUADRO 4.3-11: TASA PER CAPITA Y GENERACIÓN FUTURA DE RESIDUOS SÓLIDOS INORGÁNICOS (PLÁSTICO)**

Día	T.P.C. (Kg*hab/día)	Peso actual (Kg) 54 hab	Peso futuro (Kg) 216 hab
1	0,040	2,15	8,60
2	0,017	0,9	3,60
3	0,038	2,05	8,20
4	0,015	0,8	3,20
5	0,017	0,9	3,60

**CUADRO 4.3-12 CONTINUACIÓN: TASA PER CAPITA Y GENERACIÓN FUTURA DE RESIDUOS SÓLIDOS INORGÁNICOS (PLÁSTICO)**

6	0,022	1,2	4,80
Media			5.33

**CUADRO 4.3-13: GENERACIÓN ANUAL DE RESIDUOS SÓLIDOS INORGÁNICOS (PLÁSTICO)**

Media Kg /día	Semana (Kg)	Mes (Kg)	Año (Kg)	Ton
5.33	37,31	149,24	1790,88	1,79

**CUADRO 4.3-14: TASA PER CAPITA Y GENERACIÓN FUTURA DE RESIDUOS SÓLIDOS INORGÁNICOS (VIDRIO)**

Día	T.P.C. (Kg*hab/día)	Peso actual (Kg)	
		54 hab	216 hab
1	0,011	0,6	2,40
2	0,004	0,2	0,80
3	0,007	0,4	1,60
4	0,002	0,1	0,40
Media			1,30

**CUADRO 4.3-15: GENERACIÓN ANUAL DE RESIDUOS SÓLIDOS INORGÁNICOS (VIDRIO)**

Media ( Kg /día)	Semana (Kg)	Mes (Kg)	Año (Kg)	Ton
1,3	9,1	36,4	436,8	0,44

**CUADRO 4.3-16: TASA PER CAPITA Y GENERACIÓN FUTURA DE RESIDUOS SÓLIDOS INORGÁNICOS (OTROS)**

Día	T.P.C. (Kg*hab/día)	Peso actual (Kg)	
		54 hab	216 hab
1	0,069	3,7	14,80
2	0,027	1,45	5,80
3	0,029	1,55	6,20
4	0,013	0,7	2,80
5	0,008	0,45	1,80
6	0,009	0,5	2,00
Media			5,57

**CUADRO 4.3-17: GENERACIÓN ANUAL DE RESIDUOS SÓLIDOS INORGÁNICOS (OTROS)**

Media (Kg /día)	Semana (Kg)	Mes (Kg)	Año (Kg)	Ton
5,57	38,99	155,96	1871,52	1,87

**CUADRO 4.3-18: PESO ESPECÍFICO APARENTE DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS INORGÁNICOS**

Día	Peso del residuo (Kg)	Volumen m <sup>3</sup>	Peso específico aparente (Kg/m <sup>3</sup> )
1	0,4	0,006	66,67
2	0,4	0,006	66,67
3	0,15	0,006	25
4	0,3	0,006	50
		Media	52,08

Con los datos obtenidos de los residuos orgánicos, es viable la implementación:

- Compostaje Aerobio
- Compostaje Anaerobio

Además estos residuos serán utilizados para la alimentación de animales domésticos.

Con los datos obtenidos de los residuos inorgánicos, es viable la implementación de:

- Relleno Sanitario Manual
- Encapsulación de pilas

#### **4.4 DISEÑOS PARA LA GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS EN ÁREAS RURALES (COMUNIDAD WEEK AINTS)**

El objetivo fundamental de estos diseños es brindar una herramienta práctica para transformar razonable y fundamentalmente ecológica los residuos sólidos orgánicos generados en la comunidad Week Aints. Este constituye un proceso

ambientalmente deseable para dar tratamiento y aprovechamiento a la corriente más importante del total de residuos de la comunidad.

La generación de residuos y su posterior disposición son de gran importancia y cuidado debido a los posibles problemas ambientales que pueden surgir de un inadecuado manejo. Por esta razón se presenta el compostaje aerobio y anaerobio como alternativas para el manejo de residuos sólidos orgánicos generados en la comunidad.

Actualmente éstos no tienen una gestión, de manera que no se aprovechan las propiedades con que cuentan estos residuos para la elaboración de productos que pueden ser utilizados en otras actividades benéficas, tal es el caso de la elaboración de abonos orgánicos (compost) mediante un sistema de compostaje aerobio, los cuales serían aprovechados en acondicionamiento del suelo y embellecimiento de las zonas verdes. Otro de los beneficios en cuanto al compostaje anaerobio es la generación de biogás éste sería aprovechado como gas doméstico para la cocina, ya que la comunidad no cuenta con los servicios básicos.

#### **4.4.1 COMPOSTAJE AEROBIO**

Los productos obtenidos a partir del compostaje aerobio son atractivos para la comunidad puesto que la mayoría de sus habitantes se dedica a la agricultura.

Además su implementación es fácil y no requiere una alta inversión.

Para realizar el diseño, se analizaron los aspectos cuantitativos como son la cantidad de materia orgánica generada diariamente, los volúmenes que se disponen para compostar y la frecuencia de ingreso de los mismos. Éstos son datos de gran importancia, ya que nos permitirán calcular el área de compostaje y determinar la Unidad de Compostaje.

Para ello se determinaron los parámetros: Peso específico aparente (P.esp.a.), Masa (m) y Volumen (V), a partir de la fórmula  $P.\text{esp.a.} = m/V$ , expresando la Masa en Kilogramos (Kg), y el volumen en metros cúbicos ( $m^3$ ).

El diseño se realiza para recibir una cantidad aproximada de 17.58 toneladas de residuos orgánicos por año, lo que corresponden a la generación de residuos de la Comunidad Week Aints de aproximadamente 216 personas.

#### CUADRO 4.4-1: PESO ESPECÍFICO APARENTE DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS

Día	Peso del residuo (Kg)	Volumen m3	Peso específico aparente ( $Kg/m^3$ )
1	1,7	0,006	283,3
2	2,15	0,006	358,3
3	1,35	0,006	225
4	1,5	0,006	250
5	1,5	0,006	250
6	1,35	0,006	225
7	1,2	0,006	200
		Media	256,0

##### 4.4.1.1 Unidad de Compostaje (Uc)

La Unidad de Compostaje, es la masa de residuos que nos permitirá la conformación de la pila.

En la comunidad se generarán aproximadamente 50Kg/día de residuos sólidos orgánicos, con un peso específico aparente de 0.26 ton/m<sup>3</sup>. Por lo tanto:

#### CUADRO 4.4-2: PESO DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS VS VOLUMEN

Peso específico aparente = 0,26 (ton/m <sup>3</sup> )	Día	Semana	Quincena	Mes
Peso (ton)	0,05	0,35	0,75	1,5
Volumen (m <sup>3</sup> )	0,19	1,35	2,89	5,79

Fuente: Sztern et. 1999

Se considerará como Unidad de Compostaje, una masa de 1.5 ton y un volumen de 5,8 m<sup>3</sup>.

#### 4.4.1.2 Diseño de la pila

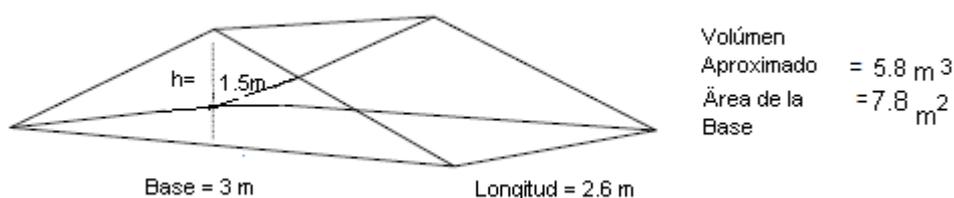
Como regla general se tomará como altura la mitad de la base, lo que nos permitirá obtener una buena relación Superficie/Volumen.

Las dimensiones de la pila serán las siguientes: Base = 3 m Altura = 1,50 m, lo que da un volumen de 2,25m<sup>3</sup> por metro lineal. En Week Aints el volumen mensual de residuos sólidos será: 5.8 m<sup>3</sup> y la capacidad de carga de la pila diseñada es de 2,25 m<sup>3</sup> por metro lineal, el cociente entre estos dos volúmenes nos dará la longitud de la Unidad de compostaje:

$$5,8 \text{ m}^3 / 2,25 \text{ m}^3 = 2,6\text{m}.$$

La Unidad de Compostaje tendrá entonces los siguientes valores:

#### FIGURA 4.4-1: DIMENSIONES DE LA PILA DE COMPOSTAJE AEROBIO



#### 4.4.1.3 Tiempo de Compostaje (Tc)

Se entiende por Tiempo de Compostaje (Tc), el transcurrido desde la conformación de la pila hasta la obtención de Compost estable.

El Tc, varía según las características de los residuos a compostar y las condiciones climatológicas.

Siendo la provincia de Pastaza una zona con clima tropical, el compostaje aerobio trabajará a temperatura ambiente.

**CUADRO 4.4-3: TIEMPO DE COMPOSTAJE VS TEMPERATURA**

Región característica	Temperatura (°C)	Tiempo de retención (días)
Tropical	30	60

Fuente: Muñoz 2008

Por tanto los cálculos se realizarán con un tiempo de retención de 60 días y a una temperatura de 25°C.

#### 4.4.1.4 Dimensión del Área de Compostaje

La dimensión de la Cancha estará determinada por la Unidad de Compostaje (Uc) y el Tiempo de Compostaje (Tc).

La conformación de las pilas se realizará en forma mensual, es decir mensualmente se ocupa un área de base de 7,8 m<sup>2</sup> en 60 días, el área necesaria para la instalación de las tres pilas es de 7,8 m<sup>2</sup> x 3 = 23.4 m<sup>2</sup>.

Se debe considerar además el espacio necesario entre pilas a los que se los llamará pasillos. Las dimensiones del mismo serán de 2 a 2,5 m.

El número de pasillos se calcula como el (Nº de pilas-1), + (el área correspondiente a la mitad del área de base de una pila).

$$\text{Nº de pasillos} = (3-1) + (7.8/2)$$

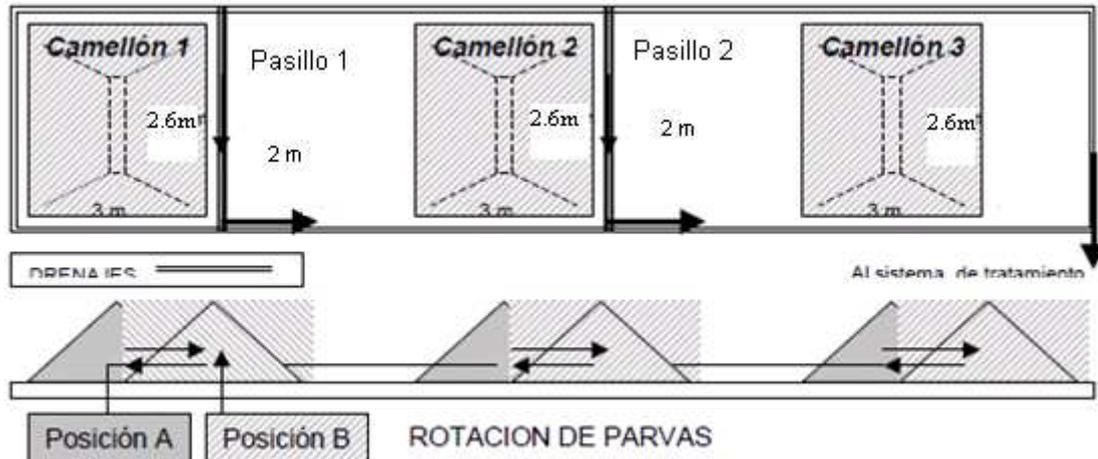
$$\text{Nº de pasillos} = 5.9 \approx 6$$

$$\text{Longitud de las pila} = 2,6 \text{ m.}$$

Área necesaria para pasillos =  $2,6 \text{ m} \times 2 \text{ m} \times 3 = 15,6 \text{ m}^2$

Área final de compostaje =  $23,4 \text{ m}^2 + 15,6 \text{ m}^2 + 3,9 \text{ m}^2 = 39 \text{ m}^2 \approx 40 \text{ m}^2$

**FIGURA 4.4-2: ESQUEMA DE UNA POSIBLE DISTRIBUCIÓN**



Como se puede apreciar en el esquema, cuando se cuenta con el material necesario para la conformación de la pila N° 3, el Camellón N° 1, ha cumplido con su  $T_c = 60$  días. El compost se retira y el espacio queda disponible para recibir una nueva pila, estableciéndose a partir del primer mes un ciclo productivo mensual con la salida del sistema del volumen de compost estable correspondiente a la pila N° 1 y así sucesivamente. Este sistema permite una disponibilidad mensual de compost.

La cancha de compostaje se debe realizar de concreto, con una altura sobre el nivel del suelo de aproximadamente 10 cm, con una mínima inclinación con el fin de facilitar el desagüe del agua producto del riego de las pilas y para facilitar su recolección.

El sistema de compostaje se realiza bajo techo para evitar la inundación de las pilas debido a las aguas lluvias.

**FIGURA 4.4-3: CUBIERTA PARA EL COMPOSTAJE**

Para impedir regueros de material por acción de los vientos y tener un mejor control del proceso las pilas serán cercadas de madera, material q se dispone en la comunidad.

**FIGURA 4.4-4: CANCHA DE CONCRETO**

#### 4.4.2 COMPOSTAJE ANAEROBIO

En comunidades rurales del Oriente, por lo general, no existe una cobertura de los servicios básicos como la electricidad debido a que se encuentran alejadas de las grandes ciudades. Es por esto que la implementación de un biodigestor es una tecnología atractiva. Además el uso de un biodigestor es transversal al manejo de los residuos sólidos orgánicos pues serán utilizados como alimento para los cerdos; mientras que las excretas del cerdo serán utilizadas para alimentar al biodigestor.

El Biodigestor Tubular de Plástico es el más apropiado para desarrollar debido a sus bajos costos y la facilidad de su construcción.

Para el diseño del biodigestor se tomará en cuenta la generación de estiércol generado por dos cerdos cada uno con un peso aproximado de 100 Kg.

La alimentación de los cerdos se realizará con una parte de los residuos sólidos orgánicos. Los cerdos reproductores (100 kg de peso) se comen entre 2.5 y 3 kg. de alimento. La alimentación por ende será con 2.5 Kg por día y por cerdo.

El biodigestor trabajará a temperatura ambiente (El tiempo de retención depende de la temperatura de la región donde se vaya a instalar el biodigestor, como se puede observar en el Cuadro 4.4-3.

La carga diaria de estiércol determinará la cantidad de biogás producido por día. Además el tiempo de retención (relacionado con la temperatura), determinarán el volumen del biodigestor. La materia prima para la producción de biogás será el estiércol fresco de los cerdos. Se debe calcular cuánto estiércol está disponible al día para ser introducido en el biodigestor.

#### **CUADRO 4.4-4: PRODUCCIÓN DE ESTIÉRCOL DIARIO**

<b>Ganado</b>	<b>Kg de estiércol fresco producido por casa 100 Kg de peso del animal</b>
Cerdo	4
Bovino	8
Caprino	4
Conejos	3
Equino	7
Humano adulto	0.4
Humano niño	0.2

Fuente: Martí 2008

El estiércol que mayor cantidad de biogás produce es el de cerdo. En la comunidad Week Aints existen 2 cerdos por lo que los cálculos se realizarán con 8 Kg de estiércol.

El biodigestor debe ser cargado todos los días con estiércol en una mezcla 1:4 con agua. Esto quiere decir una parte de la materia prima y cuatro de agua. Una buena dilución de la mezcla asegura un flujo continuo y además se evita cualquier tipo de atascamiento en el interior del biodigestor.

El volumen del biodigestor albergará tanto a la parte líquida como a la gaseosa. Se distribuye de la siguiente forma:

- 75% del volumen total a la fase líquida
- 25% del volumen total a la fase gaseosa.

#### 4.4.2.1 Producción de biogás

Para la estimación de cuánto biogás se producirá por día, existen un método denominado número mágico que se basa en la carga diaria de estiércol. Este método funciona siempre y cuando se cumplan los tiempos de retención adecuados a cada temperatura de trabajo.

#### CUADRO 4.4-5: PRODUCCIÓN DE BIOGÁS

<b>Ganado</b>	<b>Número mágico (litros de biogás producidos por día por kilo de estiércol fresco cargado diariamente)</b>
Cerdo	51
Bovino	35.3

Fuente: Martí 2008

La producción de biogás diario es resultado de multiplicar la carga de estiércol diaria por el “número mágico”. Esto aplicado al estiércol de los cerdos.

**CUADRO 4.4-6: EQUIVALENCIA ENERGÉTICAS DEL BIOGÁS**

<b>1000 litros (1m<sup>3</sup>) de biogás equivale a:</b>	
Madera	1.3 Kg
Bosta seca	1.2 Kg
Alcohol	1.1 litros
Gasolina	0.75 litros
Gas-oil	0.65 litros
Gas natural	0.76 m <sup>3</sup>
Carbón	0.7 Kg
Electricidad	2.2 Kw/h

Fuente: Martí 2008

Como se mencionó anteriormente se realizará una mezcla de 1:4 con agua, por lo tanto:

8Kg de estiércol por día \* 5 litros de agua = 40 litros.

Volumen Líquido (VL) = carga diaria\*TR (4)

$$VL = 40 * 60 \text{ (días)}$$

$$VL = 2400 \text{ l}$$

Los 2400 l corresponden al 75% del biodigestor (fase líquida), por tanto el 25% (fase gaseosa) será:

Volumen Gas = 800 l

Volumen Total = 3200 l

Volumen Total = 3.2 m<sup>3</sup>

Producción de Biogás día (litros) = carga de estiércol (kg) x Número Mágico

Producción de Biogás día (litros) = 8 KgX51 = 408 l de biogás

#### 4.4.2.2 Dimensión del Biodigestor Plástico Tubular

Para dimensionar el biodigestor, luego de haberse obtenido el volumen total, se realizan los siguientes cálculos:

**CUADRO 4.4-7: DIMENSIONADO DE UN BIODIGESTOR DE VOLUMEN 1333,3 L**

Ancho de Rollo (m)	Radio (m)	Radio <sup>2</sup> (m <sup>2</sup> )	Diámetro (D) (m)	Sección Eficaz ( $\pi \cdot r^2$ ) (m <sup>2</sup> )	Longitud (L) Vt/Sección Eficaz (m)	Relación L/D
1	0,32	0,10	0,64	0,32	10	15.625
1,25	0,4	0,16	0,8	0,50	4.4	8
1,5	0,48	0,23	0,96	0,72	3.9	4.6
1,75	0,56	0,31	1,12	0,99	3.2	2.8
2	0,64	0,41	1,28	1,29	1,04	0,81

La relación óptima L/D debe estar entre 5 y 10. Por tanto el ancho del rollo que corresponde a este rango es 1.25 m y cuya longitud es de 4 m aproximadamente.

En el mercado es factible encontrar un ancho de biodigestor de 1m. Los cálculos serán realizados con este ancho de rollo.

Así tenemos las dimensiones del biodigestor:

Ancho del rollo (AR) = 1m

Longitud del biodigestor = 4m

Con estos datos también se puede determinar las dimensiones de la zanja en el lugar escogido. Para las dimensiones se tiene el siguiente cuadro

**CUADRO 4.4-8: DIMENSIONES DE LA ZANJA SEGÚN EL ANCHO DEL ROLLO**

<b>AR (m)</b>	2	1.75	1.5	1.25	1
<b>a (m)</b>	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3
<b>b (m)</b>	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5
<b>p (m)</b>	1	0.9	0.8	0.7	0.6

Fuente: Martí 2008

Con los datos de la tabla se tiene las siguientes dimensiones para la zanja del biodigestor:

**FIGURA 4.4-5: DIMENSIONES DE LA ZANJA PARA EL BIODIGESTOR TUBULAR**



Estas medidas son aproximadas. La zanja debe evitar en lo posible derrumbes en sus paredes. Las paredes deben ser lo más lisas posibles. Para el recubrimiento de la zanja se puede adquirir el plástico como una geomembrana como se presenta a continuación:

**FIGURA 4.4-6: IMPERMEABILIZACIÓN DE LA ZANJA**



En el caso de que desee hacerlo de hormigón este tipo de estructura tendrá un mayor costo.

No hay que olvidar realizar unos canales a los costados para dirigir el agua lluvia hacia otro lugar. La zanja no debe tener pendiente y si lo tiene, máximo del 1%.

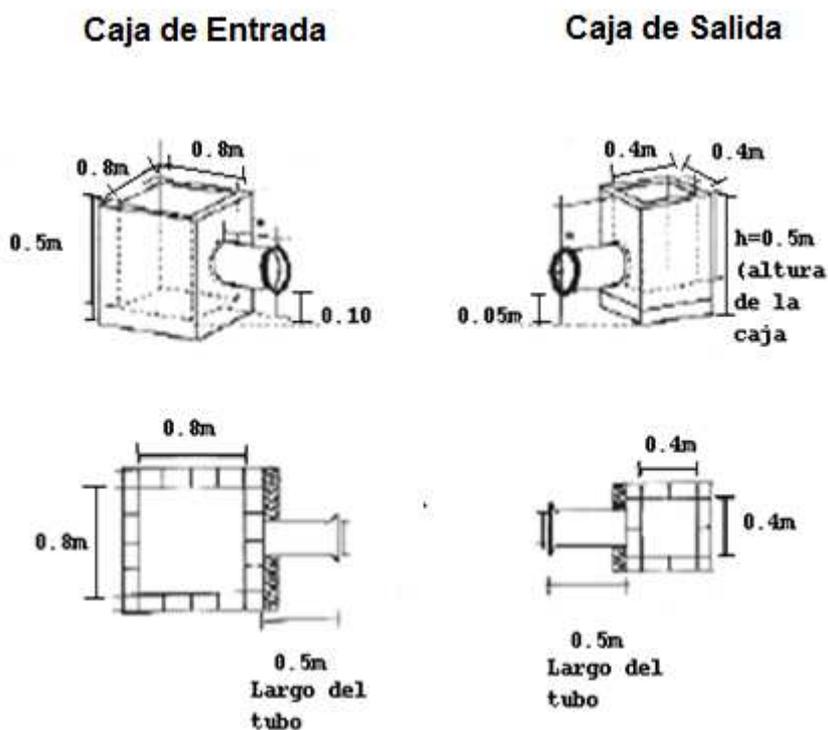
Lo que si necesita ser de material más rígido son las cajas de salida y entrada, que pueden ser de ladrillo y de hormigón como se muestra a continuación:

#### **FIGURA 4.4-7: CAJA DE ENTRADA Y SALIDA DEL BIODIGESTOR**



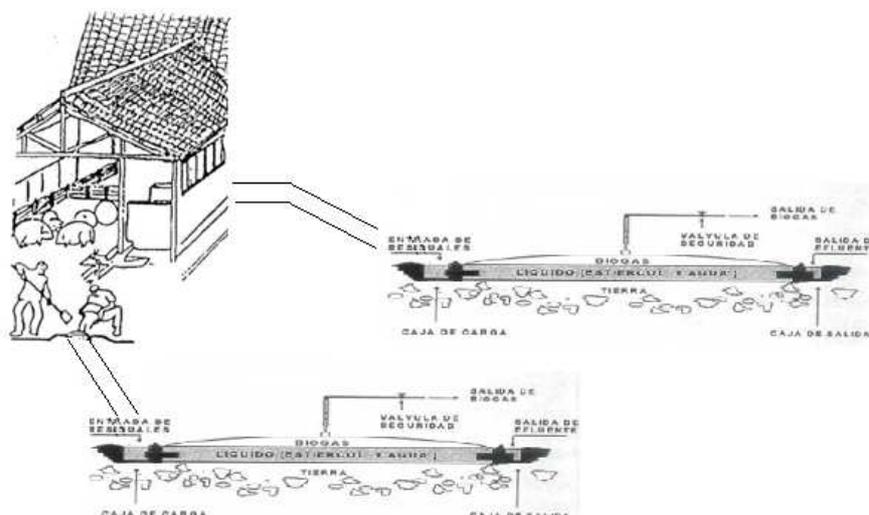
El tubo señalado en ambas cajas es el mismo que está en la estructura del biodigestor. La boca de los tubos que queda afuera, es decir, en las cajas de entrada queda de la siguiente forma:

**FIGURA 4.4-8: DIMENSIONES DE LAS CAJAS DE ENTRADA Y SALIDA PARA EL BIODIGESTOR**



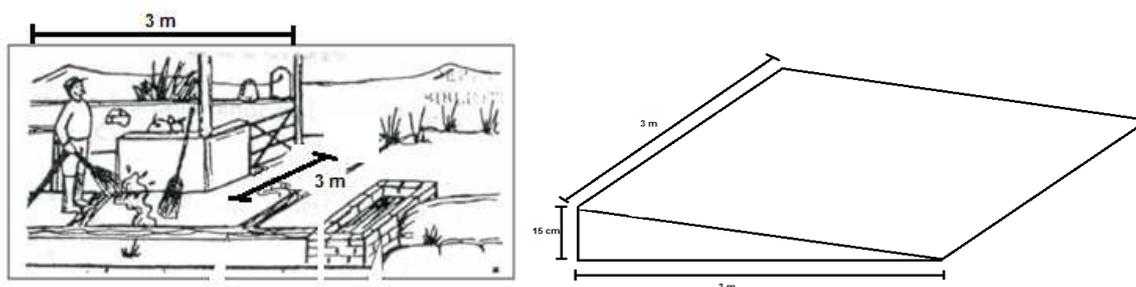
En el siguiente gráfico se muestra como podría ser la ubicación de la zanja con respecto al lugar donde se ubican los cerdos:

**FIGURA 4.4-9: UBICACIÓN DEL BIODIGESTOR CON RESPECTO A LA CHANCHERA**



Se puede observar dos opciones. La primera opción es la canalización del estiércol frente a la chanchera y la segunda por detrás. En ambas opciones se debe realizar un barrido del estiércol con agua y enviarlo por medio de una tubería como se indica. En cualquiera de los dos casos, se necesita de agua por lo que el transporte del mismo hacia la plataforma de la chanchera.

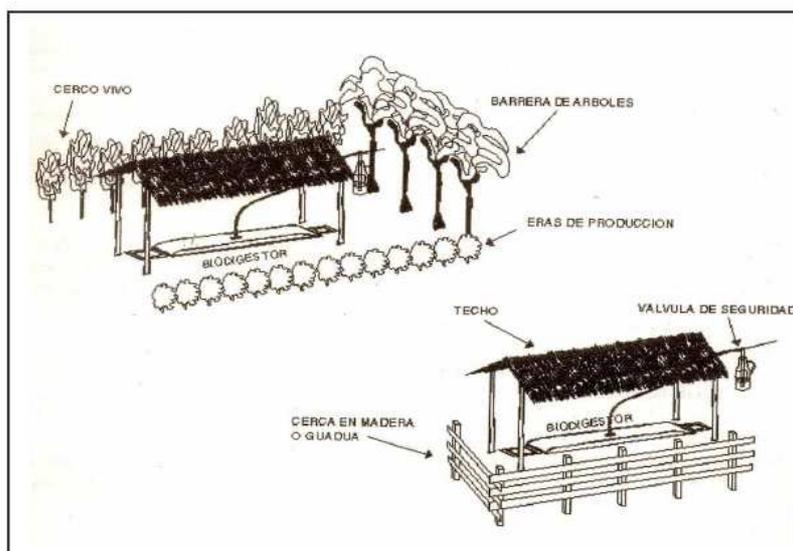
**FIGURA 4.4-10: DIMENSIÓN DE LA PLATAFORMA PARA LA CHANCHERA**



La plataforma de hormigón tendrá una ligera pendiente.

También debe considerarse la construcción del cercado y las estructuras aledañas. Para abaratar los costos del cercado, se presentan los siguientes modelos:

**FIGURA 4.4-11: MODELOS DE CERCOS ECONÓMICOS**



En el primer caso, se puede apreciar un cercado mediante la siembra de plantas o también utilizando troncos o materiales de la zona; en el segundo, es una estructura mejor elaborada en base a tablones de madera. Lo importante del cercado es que no permita la entrada de animales que puedan dañar el biodigestor y además el techo ayudará a que no ingrese agua a la zanja del biodigestor.

#### **4.5 DISEÑOS PARA LA GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS INORGÁNICOS EN ÁREAS RURALES (WEEK AINTS)**

El principal objetivo de éste diseño es poseer un sistema de disposición final adecuado para el material inorgánico, y de esta manera impedir que cause peligro o molestias a la salud pública, y evitar perjudicar el ambiente.

Aunque en comunidades rurales el porcentaje de residuos sólidos inorgánicos es mínimo es de vital importancia que éstos tengan un tratamiento adecuado ya que al quemarlos que es lo que se hace en la comunidad Week Aints, los gases perjudican la salud de la población y deterioran el ambiente.

Se presenta como alternativa para la gestión un relleno sanitario manual, en el cual, al disponer solo de materia inorgánica como papel, cartón, vidrio y plástico, no presentará problemas de lixiviados, biogás, presencia de vectores, además tendrá mayor tiempo de vida útil y facilidad de manejo durante su operación.

Todo esto nos permitirá disminuir significativamente los impactos ambientales causados por la generación de residuos sólidos y contribuir en cierta forma al cuidado del medio ambiente.

#### 4.5.1 SITIO DE ACOPIO

El sitio de acopio se ha diseñado para recibir una cantidad aproximada de 5.50 toneladas de residuos inorgánicos por año, la que corresponden a la generación de residuos de la Comunidad Week Aints de aproximadamente 216 personas.

En este sitio se receptorá 114.52 Kg/ semana de residuos inorgánicos. Existirán 5 contenedores pues los residuos inorgánicos serán clasificados en latas, papel y cartón, pilas, plástico, vidrio y otros.

En la siguiente tabla se indica cual será la producción en kilogramos que corresponde a la generación de residuos inorgánicos de una semana.

#### CUADRO 4.5-1: PRODUCCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS INORGÁNICOS POR SEMANA

	<b>Peso Kg/semana</b>
Latas	9,8
Papel y cartón	17.01
Pilas	8.05
Plástico	37.31
Vidrio	9.1
Otros	38.99

El Sitio de Acopio constituirá un almacén de 20 m<sup>2</sup> de área.

Este diseño puede ser realizado siempre y cuando exista demanda de gestores para la recolección de residuos sólidos inorgánicos.

#### 4.5.2 RELLENO SANITARIO MANUAL

La cantidad de residuos inorgánicos producido dentro de la comunidad es de 114.52 Kg/semana, por lo tanto no resulta económicamente viable el reciclaje.

Además la comunidad no cuenta con un servicio de recolección de residuos, por lo que los mismos se acumulan y son quemados. Es así que la construcción de

un relleno sanitario manual exclusivo para residuos sólidos inorgánicos es la mejor opción para la disposición final de los residuos inorgánicos.

El método escogido para el diseño del RSM es el Método de la Trinchera debido a que el terreno disponible para su construcción es plano y por la facilidad de material para el recubrimiento de las celdas. Además es el método más utilizado dentro de áreas rurales.

El presente diseño está dimensionado para una vida útil de 5 años. Para alcanzar los 10 años, se realizarían dos módulos. La comunidad debe tener determinado a futuro el terreno que se utilizará para el segundo módulo.

La producción de residuos sólidos está dada por la relación:

$$C.R.S. = Pob \times T.P.C.$$

**(4.1)**

Donde:

C.R.S. = Cantidad de residuos sólidos producidos (Kg/día)

C.R.S. = 15.21 Kg/día

Para calcular y dimensionar la celda diaria y el volumen del relleno se pueden estimar los siguientes pesos específicos aparentes:

Celda diaria: Peso específico aparente de la basura recién compactada  
400 kg/m<sup>3</sup>

A continuación se presenta el diseño del primer módulo:

#### 4.5.2.1 Volumen de residuos sólidos

Con los dos primeros parámetros se tiene el volumen diario y anual de residuos sólidos que se requieren disponer:

$$V_{\text{diario}} = \frac{C. R. S. \left(\frac{\text{Kg}}{\text{día}}\right)}{P. \text{ esp. a. } \left(\frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}\right)} \quad (4.2)$$

$$V_{\text{anual}} = V_{\text{diario}}(\text{m}^3) * 365 \quad (4.3)$$

Donde:

$V_{\text{diario}}$  = Volumen de residuos sólidos a disponer en un día ( $\text{m}^3/\text{día}$ )

$V_{\text{anual}}$  = Volumen de residuos sólidos en un año ( $\text{m}^3/\text{año}$ )

C.R.S = Cantidad de residuos sólidos producidos ( $\text{Kg}/\text{día}$ )

365 = Equivalente a un año (días)

P.esp.a = Peso específico aparente de los residuos sólidos recién compactados, ( $400 \text{ kg}/\text{m}^3$ )

$$V_{\text{diario}} = \frac{15.21 \text{ Kg}/\text{día}}{400 \text{ Kg}/\text{m}^3}$$

$$V_{\text{diario}} = 0.038 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$$

$$V_{\text{anual}} = 0.038 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} * 365$$

$$V_{\text{anual}} = 13.88 \frac{\text{m}^3}{\text{añ}}$$

#### 4.5.2.2 Volumen del relleno necesario

Se puede calcular el volumen del relleno sanitario para el primer año, multiplicando el valor anterior por el material de cobertura:

$$V_{RS} = V_{\text{anual}} * MC \quad (4.4)$$

Donde:

$V_{RS}$  = Volumen del relleno sanitario ( $\text{m}^3/\text{año}$ )

MC = Factor de material de cobertura (1.2 a 1.25)

$$V_{RS} = 13.88 \frac{\text{m}^3}{\text{añ}^2} * 1.2$$

$$V_{RS} = 16.65 \frac{\text{m}^3}{\text{añ}^2}$$

#### 4.5.2.3 Área requerida

$$A_{RS} = \frac{V_{RS}}{H_{RS}} \quad (4.5)$$

Donde:

$V_{RS}$  = Volumen necesario del relleno sanitario ( $\text{m}^3/\text{año}$ )

$A_{RS}$  = Área a rellenar sucesivamente ( $\text{m}^2$ )

$H_{RS}$  = Altura o profundidad media del relleno sanitario (m)

$$A_{RS} = \frac{16.65 \text{ m}^3/\text{añ}^2}{2 \text{ m}}$$

$$A_{RS} = 8.33 \text{ m}^2/\text{añ}^2$$

#### 4.5.2.4 Área total requerida:

$$A_T = F * A_{RS}$$

(4.6)

Donde:

$A_T$  = Área total requerida ( $m^2$ )

F = Factor de aumento del área adicional requerida para las vías de penetración, áreas de aislamiento, caseta para portería e instalaciones sanitarias, patio de maniobras, etc. Este se considera entre un 20-40% del área a rellenar.

$$F = A_{RS} * 0.2$$

$$F = 1.67$$

$$A_T = 1.67 * 8.33 m^2$$

$$A_T = 13.87 m^2$$

Para la aplicación del Método de la Trinchera se determinan los siguientes parámetros:

#### 4.5.2.5 Volumen de la zanja

$$V_z = \frac{t * C.R.S.r * MC}{P_{esp.a}}$$

(4.7)

Donde:

$V_z$  = Volumen de la zanja ( $m^3$ )

t = Tiempo de vida útil (días)

C.R.S.r. = Cantidad de residuos sólidos recolectados (Kg/día)

MC = Factor de material de cobertura de 1.2 a 1.25 (o sea 20 a 25%)

P.esp.a. = Peso específico aparente de los residuos sólidos en el relleno (Kg/m<sup>3</sup>)

$$V_z = \frac{1825 * 15.21 * 1.2}{400}$$

$$V_z = 83.27 \text{ m}^3$$

#### 4.5.2.6 Dimensiones de la zanja

El largo está condicionado al tiempo de duración o vida útil de la zanja, entonces se tiene que:

$$l = \frac{V_z}{a * h_z}$$

**(4.8)**

Donde:

l = Largo o longitud (m)

V<sub>z</sub> = Volumen de la zanja (m<sup>3</sup>)

a = Ancho (m)

h<sub>z</sub> = Profundidad (m)

$$l = \frac{83.27}{2 * 2}$$

$$l = 20.82 \text{ m}$$

#### 4.5.2.7 Conformación de las celdas

Las celdas constituyen la unidad básica de construcción del relleno sanitario, la cual es abastecida por la llegada diaria de un volumen determinado de residuos sólidos producidos en un día.

Debido a que el volumen de recolección de los residuos sólidos es pequeño y que además son inorgánicos, se podrá trabajar con el volumen acumulado de una semana. En este caso la celda recibirá 2 m<sup>3</sup> de residuos inorgánicos producidos en una semana. Se enterrará y se cubrirá con una capa de 20 cm de tierra de cobertura.

Una vez recibido el residuo se acomodará sobre la trinchera con el rastrillo y palas. Enseguida se procederá a la compactación de estos residuos con el rodillo manual. De este modo lograremos tener un residuo compactado el mismo que alcanza una altura de 50 centímetros.

Luego se cubrirá con una capa de 20 centímetros de tierra. Se procederá a realizar el mismo trabajo en forma sucesiva hasta terminar de completar el largo de la trinchera que es de 20.82 metros

#### 4.5.2.7.1 Dimensiones de la celda

Producción diaria: 15.21 Kg/día

Producción semanal: 106.47 (Kg/semana)

Peso específico aparente: 52.08 Kg/m<sup>3</sup>

Recolección: 1 día por semana

Operación: manual

$$V_{\text{volumen}} = \frac{\text{Masa (Kg/semana)}}{\text{Peso específico aparente } \left(\frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}\right)}$$

**(4.9)**

$$V_{\text{volumen}} = \frac{106.47(\text{Kg/semana})}{52.08 \left(\frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}\right)} = 2 \text{ m}^3$$

Altura celda 1 m

$$\text{Área} = \frac{\text{Volumen (m}^3\text{)}}{\text{Altura (m)}} \quad (4.10)$$

$$\text{Área} = \frac{2 \text{ (m}^3\text{)}}{1 \text{ (m)}} = 2 \text{ m}^2$$

Ancho de diseño= 2 m

$$\text{Longitud} = \frac{\text{Área (m}^2\text{)}}{\text{Ancho (m)}} \quad (4.11)$$

$$\text{Longitud} = \frac{2 \text{ (m}^2\text{)}}{2 \text{ (m)}} = 1 \text{ m}$$

#### 4.5.2.7.2 Compactación de las celdas

Una vez que se han colocado los residuos sólidos en la celda, se procede a la compactación manual. Para ello se emplean herramientas como pisón o rodillo de mano.

- Cobertura de la celda

Una vez que se ha concluido con la compactación de los residuos dentro de la celda, se cubrirá la superficie del área trabajada con una capa de tierra de 20 centímetros esparciéndose con ayuda de carretillas de mano, palas, rastrillo y azadón.

#### 4.5.3 ENCAPSULACIÓN DE PILAS

Debido a la presencia de pilas en los residuos sólidos, se propone su encapsulamiento.

Para realizar el encapsulamiento de pilas se utilizará cemento como reactivo conglomerante debido a que la estabilización con este material se adapta a residuos inorgánicos, especialmente aquellos que contienen metales pesados. Como resultado del elevado pH del cemento, los metales son retenidos como hidróxidos insolubles.

El cemento posee resistencia mínima, es decir, no aporta una función resistente, por tal razón se lo combinará con agregados (arena y grava), lo cual se denomina hormigón para obtener una matriz estructural uniforme y resistente.

La estabilización con cemento presenta una serie de ventajas. La tecnología del cemento es bien conocida incluido el manejo, mezcla y endurecimiento. El cemento es muy utilizado en el campo de la construcción, por lo que el costo del material es relativamente bajo y el equipo y personal están fácilmente disponibles.

**FIGURA 4.5-1: APLICACIÓN DE PILAS ENCAPSULADAS**

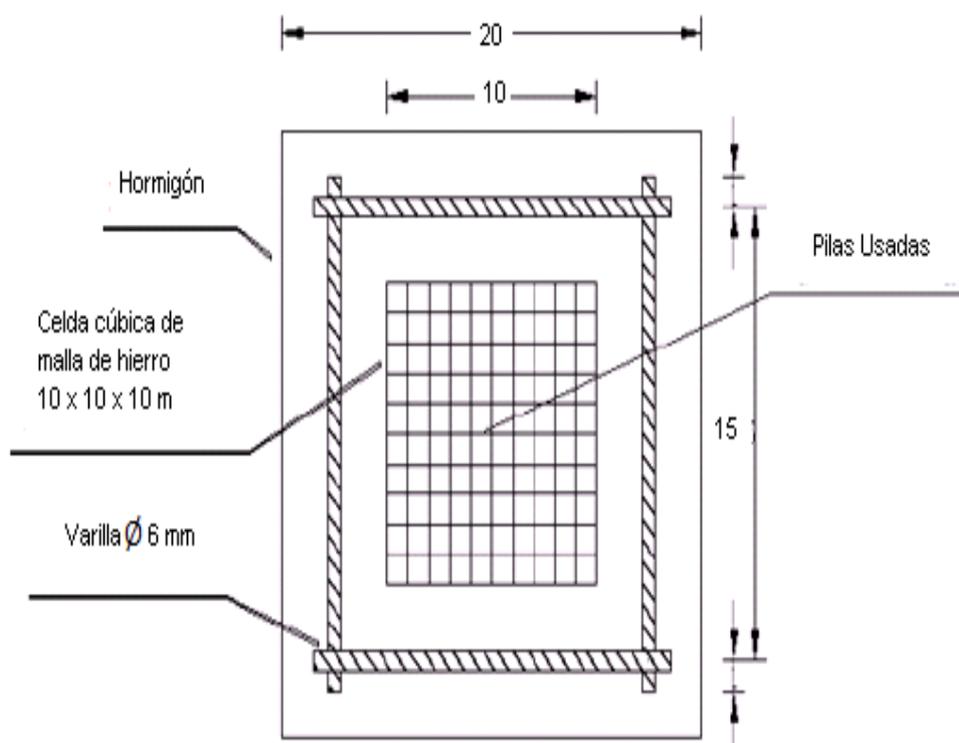


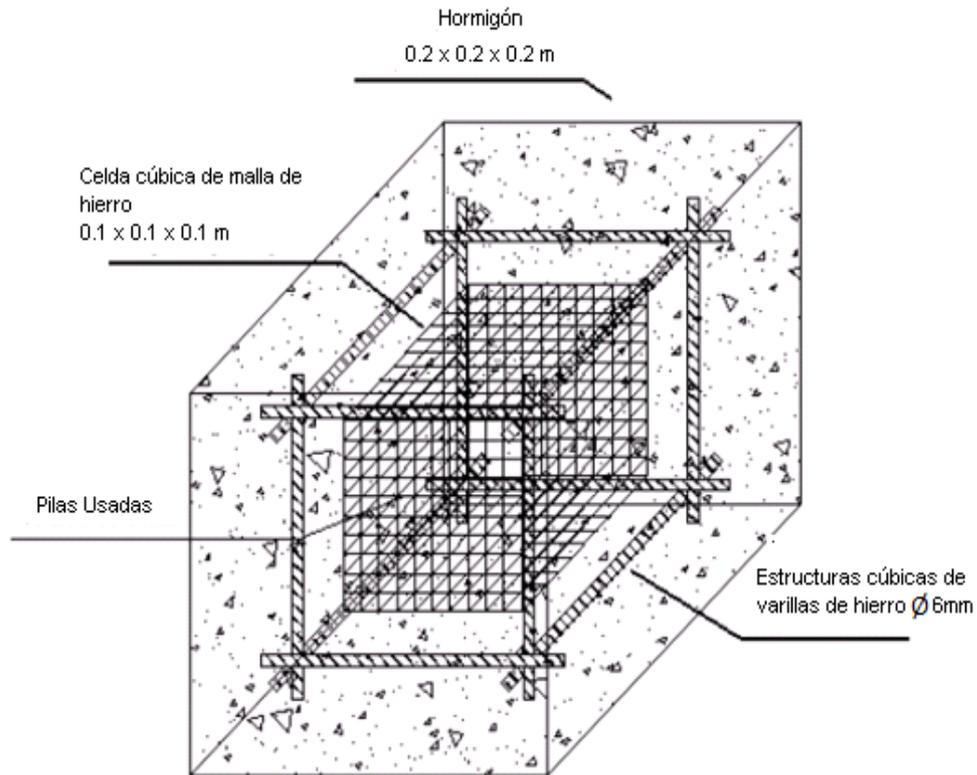
#### 4.5.3.1 Modelo de Encapsulación

Las pilas usadas se las dispondrá dentro de una celda cúbica de malla de hierro galvanizado, con una pared de cinco centímetros de hormigón en todo el contorno y una estructura de varillas debido a que esto le agregaría función resistente.

Las dimensiones del bloque serán de 20\*20\*20 cm. En el interior la celda de 10\*10\*10cm conteniendo las pilas usadas. Como agente inmovilizador de metales pesados se utilizará polvo o viruta de acero en una proporción de 1% (w/w) peso del residuo

**FIGURA 4.5-2: MODELO DE ENCAPSULACIÓN DE PILAS**





Fuente: Ortiz, 2009

#### 4.5.3.2 Proceso de Encapsulamiento

Se realiza la mezcla del material (cemento, arena, grava) en proporciones 1:1.5:2.5 respectivamente, con la finalidad de que todos los materiales se integren a la mezcla.

En los moldes se coloca la mezcla en una cantidad suficiente que cubra 5 cm del molde, posteriormente se sitúa en el centro del mismo la celda cúbica de malla de hierro galvanizado conteniendo la muestra de pilas usadas (1.15 Kg en peso de residuo), 1% de partículas de acero (17g) y la estructura cúbica de varillas en el molde. Finalmente se deposita la mezcla hasta completar el llenado de los moldes.

Luego se realiza el fraguado del cemento que es el momento en que se pone en contacto con el agua. El tiempo de fraguado es cuando la mezcla cambia de estado fluido a estado rígido.

Este proceso se realizará semanalmente para un peso de 8.05 Kg de pilas obteniéndose así 8 bloques cada uno con un peso de 1.15 Kg del residuo.

#### **4.6 IMPACTO DEL MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS**

La implementación del modelo de gestión de residuos sólidos separados genera impactos dentro del ámbito ambiental, social y económico.

##### **Impactos Ambientales**

- Mejoramiento estético de los alrededores.
- Recuperación y aprovechamiento de espacios.
- Protección de los recursos.
- Evitar la proliferación de vectores y olores desagradables.
- Disminución en la afectación ecológica.
- Evita de la contaminación en suelo, agua y aire.
- La gestión de los residuos reciclables es proporcional a la conservación de los recursos naturales y el ahorro energético.
- Aumenta el tiempo de vida útil de los rellenos sanitarios.

##### **Impactos Sociales**

- Repercusión en el bienestar y la salud de la comunidad.
- Cambio en los hábitos de consumo.
- Mejora de la calidad de vida
- Mayor capacidad de organización en la comunidad

## Impactos Económicos

- Ahorro en el servicio de limpieza pública.
- Reducción de costos en el tratamiento de enfermedades relacionadas al inadecuado manejo de residuos sólidos.

## 4.7 COSTOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO DE GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS

### 4.7.1 COMPOSTAJE AEROBIO

#### Infraestructura Física

Corresponde a la construcción de las instalaciones físicas creadas para la implementación del sistema, que debe contar con los requerimientos técnicos necesarios para su funcionamiento, los elementos más importantes son:

- Cancha de concreto
- Techo
- Adecuación de tomas de agua

**CUADRO 4.7-1: COSTOS DE INVERSIÓN, EQUIPOS EMPLEADOS EN EL SISTEMA DE COMPOSTAJE**

<b>Materiales</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Costo USD</b>
Plataforma de concreto	40	m <sup>2</sup>	85.4
Pala	1		5
Rastrillo	1		6
Carretilla	1		50
Plástico cubierta	50	m <sup>2</sup>	35
Termómetro	1		3
Costo del operador	1		10
<b>Total</b>			<b>194.4</b>

Lo que nos indica que los costos invertidos para la construcción y puesta en marcha del sistema de compostaje en la comunidad Week Aints es de 194.4 dólares aproximadamente.

### Mano de obra

La mano de obra empleada para la construcción de la cancha, techo, entre otros, serán realizados por parte de los habitantes de la comunidad.

#### 4.7.2 COMPOSTAJE ANAEROBIO

**CUADRO 4.7-2: COSTOS DE INVERSIÓN EMPLEADOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL BIODIGESTOR TUBULAR**

Material	Cantidad	Unidad	Costo USD
Tubo PVC 1/2'	45	cm	1.14
Llave de bola metálica para gas 1/2'	1		9.5
Codos PVC 1/2'	2		0.84
T de PVC 1/2'	1		0.55
Tiras de Neumático	3	m	2
Polietileno Tubular (6-8 micras)	10	m	60
Tubería PVC ( $\varphi=110\text{mm}$ )	3	m	13.98
Adaptador (macho-hembra)	1		1.98
Arandelas de caucho	2		1
Arandelas de acrílico	2		18
Botella plástica	1		1.68
Teflón	1		0.34
Manguera 1/2'	5	m	5.2
Conectores 1/2'	3		0.66
Uniones 1/2'	3		1.32
Plástico para cubierta	30	m <sup>2</sup>	20
Estructuras de concreto			99.61
Operador	1		10
Total			247.8

Existen otras estructuras como el techo protector y el cerramiento del biodigestor. Sin embargo, estos costos no fueron calculados pues se pueden realizar con materiales de la zona. Además tampoco se considera la mano de obra en la construcción puesto que la comunidad, con respectivas indicaciones, lo pueden construir fácilmente.

Los materiales que se requiere para la cocina son opcionales pues la comunidad decidirá que hacer o en qué utilizar el biogás. La implementación de la cocina es una sugerencia.

#### 4.7.3 RELLENO SANITARIO MANUAL

Los costos de la operación y mantenimiento del RSM se calcularon para el primer año.

**CUADRO 4.7-3: INVERSIÓN PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL RELLENO SANITARIO MANUAL**

<b>Costos del Relleno Sanitario</b>		
Fase	Costo	Costo año 1
Excavación	2 usd/m <sup>3</sup>	160
Operador	10 usd/d	520
Tractor (alquiler)	30 usd/h	120
Costo del Terreno	0	0
	<b>Total</b>	<b>800</b>

El costo del terreno es uno de los mayores impedimentos para la ejecución del RSM. Sin embargo, dentro de la Comunidad se ha localizado un espacio para su ejecución.

La asignación del operador para el RSM será escogido por la comunidad y se le deberá dar una capacitación previa de sus funciones.

El alquiler de la excavadora se lo realizará una sola vez mientras que el alquiler del tractor se realizará cada año.

#### 4.7.4 ENCAPSULACIÓN PILAS

Los costos estimados para la realización del encapsulamiento de pilas fueron calculados para 100 bloques. Cada semana se construirán 8 bloques con las dimensiones señaladas anteriormente. Los 100 bloques cubrirán la demanda durante 4 meses.

**CUADRO 4.7-4: INVERSIÓN PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL ENCAPSULAMIENTO DE PILAS**

<b>Materiales</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Costo USD</b>
Hormigón	1	saco	9.43
Varilla φ6mm	33	varillas	55.66
Malla	6	m <sup>2</sup>	16.33
<b>Total</b>			<b>27.14</b>

## **CAPÍTULO 5**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1 CONCLUSIONES**

- La Comunidad Week Aints tiene un área de 4 hectáreas, en las cuales habitan por el momento 54 personas las cuales generan 13.08 kg/día de residuos sólidos orgánicos y 4.09 kg/día de residuos sólidos inorgánicos.
- La población futura será de 216 personas y generará 52.33 kg/día de residuos sólidos orgánicos y 16.36 Kg/día de residuos sólidos inorgánicos.
- La tasa per cápita de residuos sólidos orgánicos para la población futura es de 0.24 kg/hab.día; mientras que la tasa per cápita de residuos sólidos inorgánicos es de 0.08 kg/hab.día.
- El porcentaje de residuos sólidos orgánicos para la población actual es de 76.2 % mientras que el porcentaje de residuos sólidos inorgánicos es de 23.8 %; es decir, la mayor parte de residuos sólidos en esta comunidad rural corresponde al material orgánico.
- La cantidad utilizada para la realización del compostaje aerobio es de 366.31 Kg/semana.
- La cantidad utilizada para la alimentación de los cerdos es de 6 Kg/día de residuos orgánicos.
- La cantidad de estiércol utilizada para alimentar al Biodigestor es de 8 Kg, lo cual producirá 0.4 m<sup>3</sup> de Biogás.
- La cantidad de residuos sólidos inorgánicos es de 114.52 Kg/semana los cuales serán dispuestos en el relleno sanitario manual.
- La gestión de residuos sólidos separados permite un manejo económico, ecológico, con un menor impacto ambiental y evitando efectos negativos a la salud.
- Al realizar la separación de los residuos sólidos orgánicos en la fuente, permite su utilización en el compostaje aerobio donde son transformados en material estable.

- La disposición separada de los residuos sólidos orgánicos facilita su uso como alimento para los cerdos asegurando una adecuada alimentación del animal y una mejora en la seguridad alimentaria
- Al emplear únicamente la fracción inorgánica de residuos sólidos en el relleno sanitario manual aumenta su vida útil, se evita la proliferación de vectores así como la producción de lixiviados y biogás.
- El aprovechamiento de la fracción orgánica de los residuos sólidos persigue en el proyecto tres fines: la alimentación de los cerdos, producción de biogás y la obtención de material estable, En conjunto dan una solución a los problemas sanitarios y ambientales producidos por los residuos sólidos rurales y de esta manera conservar el ambiente y el mejorar la calidad de vida de la comunidad
- Evitar la proliferación de vectores transmisores de enfermedades y roedores.
- Los residuos sólidos tanto orgánicos como inorgánicos al realizarse in situ reduce los costos de transporte y operación.
- El proceso de encapsulación de pilas logra minimizar la velocidad de migración de contaminantes al ambiente; además reduce el nivel de toxicidad y su aplicación es ambiental y económicamente viable.
- Con la aplicación del modelo de gestión de residuos sólidos separados se obtienen beneficios sociales al fomentar en la conciencia de la comunidad una actitud positiva y diferente en torno al manejo de los residuos sólidos.
- La capacitación y la colaboración de la comunidad se hace activa en el desarrollo de la gestión de residuos sólidos desde el momento de la clasificación de residuos dentro de sus hogares y consecuentemente en toda la cadena del proyecto.

## **5.2 RECOMENDACIONES**

- La localización de las diferentes alternativas de gestión de los residuos sólidos debe ser planificada con tiempo para evitar posibles imprevistos.

- La educación ambiental debe estar dirigida a todos, principalmente a niños y jóvenes a través de actividades participativas que les permita relacionarse de manera adecuada con la realidad de los residuos sólidos en la comunidad.
- Promocionar el modelo de gestión de residuos sólidos separados, como una alternativa que puede solucionar la problemática actual en el inadecuado manejo de estos.
- Promover el modelo de gestión de residuos sólidos separados para su aplicación extensiva en otras áreas rurales.
- La comunidad y las autoridades pertinentes deben plantear propuestas y soluciones aplicables a la realidad económica y rural. Estas soluciones deben ser integradoras y viables de tal manera que no requieran grandes inversiones económicas, o cambios demasiado presuntuosos en los estilos de vida y consumo de la comunidad.
- Promover la participación de la comunidad en todas las etapas del proyecto relativos a su ejecución, operación y mantenimiento.
- Conviene que las instituciones responsables del manejo de los residuos sólidos de la Provincia de Pastaza promuevan campañas educativas acerca de los problemas ambientales que trae consigo el inadecuado manejo de los residuos sólidos para que las comunidades sean conscientes de la gravedad de éstos, con la finalidad de lograr su participación efectiva y la aceptación de la responsabilidad individual que les concierne respecto a la protección y conservación del medio ambiente.
- Antes de disponer los residuos sólidos inorgánicos en el RSM deben ser revisados con el fin de evitar la contaminación del RSM con sustancias orgánicas.
- Las personas que operen las diferentes alternativas de disposición final de residuos sólidos deben contar con un equipo de protección personal básico.

## **ANEXOS**

## ANEXO No 1

### DATOS DE LA ENCUESTA REALIZADA A LA COMUNIDAD

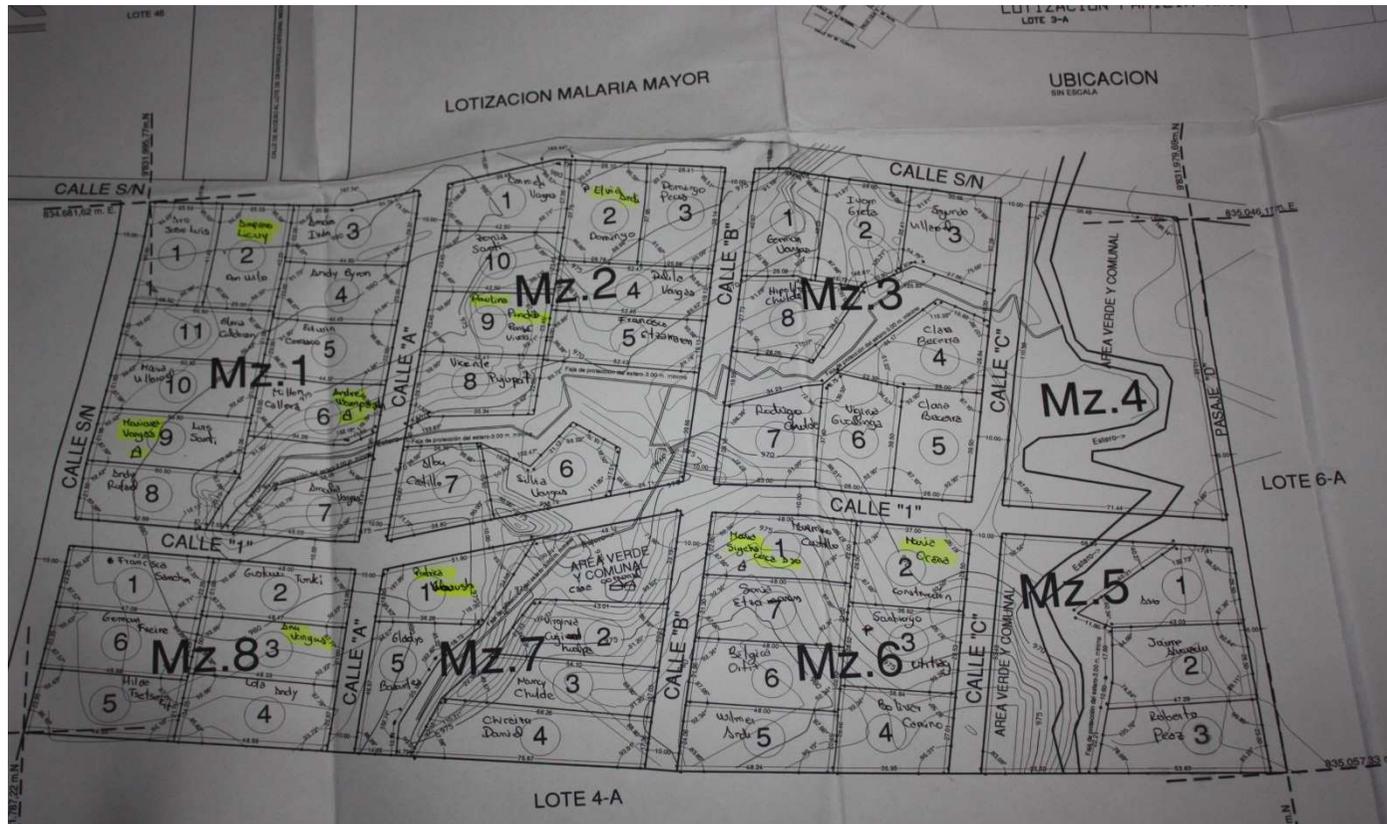
1. ¿Cuántas personas viven en su domicilio?	5	3	12	8	8	2	5	5	2	4	54
2. ¿Qué tipo de depósito utiliza para almacenar su basura?											
Fundas plásticas		1	1			1	1	1	1	1	7
Saquillos	1						1				2
Baldes de plástico			1	1				1			3
Ninguno					1						1
3. ¿Recibe el servicio de limpieza pública?											
SI											
No	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
4. ¿Cuántas veces por semana transporta su basura hacia el pueblo más cercano?											
1 vez por semana	1	1	1	1				1		1	6
Más de 1 vez por semana							1		1		2
Nunca					1	1					2
5. ¿Qué objetos que se podría considerar "basura" re utiliza?											
Botellas de plástico				1				1	1	1	4
Papel	1							1			2



mal manejo de la basura?													
Enfermedades respiratorias				1	1					1	1		4
Diarrea	1	1	1	1	1			1	1	1	1		9
Alergias a la piel				1	1			1	1	1	1		6
11. ¿Ha padecido alguna de las enfermedades mencionadas?													
Si			1	1	1	1			1				5
No	1	1						1		1	1		5

# ANEXO No 2

## LOTIZACIÓN DE LA COMUNIDAD WEEK AINTS



## ANEXO No 3

ANÁLISIS DE LABORATORIO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DE LA  
COMUNIDAD WEEK AINTS



environmental analytical services

	<b>PROTOCOLO N°: 1110-1011</b>	RU-49 Pag: 1 de 2    POS N°15 ING: 1110-1011
---	--------------------------------	--

**CLIENTE:** FUNDACIÓN PACHAMAMA  
**PROYECTO:** Gestión de Residuos Sólidos  
**ATENCIÓN:** Ing. Cristina Tipán  
**DIRECCION DEL CLIENTE:** Gonzalo Serrano 354 y Av. 6 de Diciembre  
**MUESTREO:** Realizado por el Cliente  
**PROCEDIMIENTO DE MUESTREO:** No Reportado por el Cliente  
**FECHA DE RECEPCION:** 22 de Noviembre del 2010: 10:30  
**LUGAR DE ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS:** Corplab Ecuador, Rigoberto Heredia OE 6 - 141 y Huachi, Quito. mmaliza@corplab.net  
**FECHA DE ANALISIS:** En el laboratorio, Del 22 de Noviembre al 13 de Diciembre del 2010.  
**FECHA DE PROTOCOLIZACIÓN:** 13 de Diciembre del 2010

**IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA SEGÚN CADENA DE CUSTODIA:**

Código de laboratorio	Descripción de las Muestras		Muestreo		Coordenadas
	Código de muestreo	Referencia	Fecha	Hora	
M-27	1	Matriz: Residuos Sólidos Orgánicos	18/11/2010	17:30	No Reporta

**RESULTADOS ANALÍTICOS:**

Parámetros Analizados	Metodología de referencia	Metodo Interno Corplab	Unidad	M-27
				1
pH	SM 4500 H <sup>+</sup> -B	PA-005	u pH	6,95
Carbono	Walkley Black	PA-035	%	32
Nitrógeno*	HACH 8075	Tercerizado	mg/kg	6600
Fosfatos	SM 4500-P-D	PA-049	mg/kg	1394
Temperatura	ASTM 4480-93	PA-047	°C	25
Humedad	ASTM D 2216-92	PA-052	%	82,05
Sólidos Volátiles*	SM 2540G	Tercerizado	%	2,00
Sólidos Totales	ASTM D 2216-92	PA-085	%	17,95

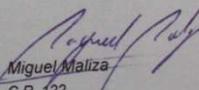
**REFERENCIAS Y OBSERVACIONES :**

\*Los ensayos marcados con (\*) no estan incluidos en el alcance de la acreditación del OAE.\*  
 La muestra se tercerizó al Laboratorio Anncy para el Análisis de Nitrógeno  
 La muestra se tercerizó al Laboratorio de Ambiental OSP, Facultad de CCQQ, Universidad Central para el análisis de Sólidos Volátiles  
 "Las condiciones de muestreo, conservación, transporte y análisis son controladas de modo de no modificar los resultados".  
 Este informe no podrá ser reproducido parcial o totalmente, sin la autorización escrita del laboratorio.



ENSAYOS  
No OAE LE 2C 05-005





Miguel Maliza  
C.P. 122  
Dirección Técnica.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Alcolea M., González C., (2000), Manual de Compostaje Doméstico, Barcelona, España. Recuperado en Diciembre del 2010, de <http://www.conocimientosweb.net/portal/html.php?file=cursos/compostaje/Mcompostaje3.htm>
2. Alegre M., Guía para el Manejo de Residuos Sólidos en ciudades pequeñas y zonas rurales. Recuperado en Enero del 2011, de <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/scan/pequena.pdf>
3. Bueno M., La gestión de los Residuos Orgánicos. Recuperado en Diciembre del 2010, de [http://www.tierra.org/spip/IMG/pdf/AdT\\_Curso-compostaje2.pdf](http://www.tierra.org/spip/IMG/pdf/AdT_Curso-compostaje2.pdf)
4. Carrión G., (2008), Manejo de residuos Sólidos para Albergues en Zonas Rurales, Lima, Perú. Recuperado en Noviembre del 2010, de [http://www.mincetur.gob.pe/Turismo/Otros/cultur/pdfs\\_documentos\\_Cultur/Gestion\\_Ambiental/residuos\\_solidos.pdf](http://www.mincetur.gob.pe/Turismo/Otros/cultur/pdfs_documentos_Cultur/Gestion_Ambiental/residuos_solidos.pdf)
5. Jaramillo G., Zapata L., (2008), Aprovechamiento de los Residuos Sólidos Orgánicos en Colombia. Recuperado en diciembre del 2010, de <http://tesis.udea.edu.co/dspace/bitstream/10495/45/1/AprovechamientoRSOUenColombia.pdf>
6. Jaramillo J., (2002), Guía para el diseño, construcción y operación de Rellenos Sanitarios Manuales. Recuperado en febrero del 2011, de <http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsars/e/fulltext/rellenos/rellenos.pdf>
7. Kiely G, (1999), Ingeniería Ambiental. Fundamentos, entornos, tecnologías y sistemas de gestión, McGraw-Hill, Madrid, España
8. Martí. J. (2008). Biodigestores Familiares. Recuperado el 1 de diciembre de 2010, de [http://www.cedecap.org.pe/uploads/biblioteca/89bib\\_arch.pdf](http://www.cedecap.org.pe/uploads/biblioteca/89bib_arch.pdf)
9. Muñoz M, (2008), Manual de Manejo de Residuos Sólidos Urbanos, ASAMTECH CIA LETDA, Quito, Ecuador

10. OPS., OMS., (1993), Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales. Recuperado en Diciembre del 2010, de <http://www.redrrss.pe/material/20090128200240.pdf>
11. Ortiz C., (2009), Estudio de Solidificación de Pilas y Baterías de uso doméstico mediante la técnica de Macroencapsulación, Quito, Ecuador.
12. Reyes E., Manual para la Gestión de Residuos Sólidos. Recuperado en Febrero del 2011, de <http://www.uwsp.edu/cnr/gem/files/print-publications/manuals/manual-el-manejo.pdf>
13. Sztern D., Pravia M., (1999), Manual para la Elaboración de Compost Bases Conceptuales y Procedimientos. Recuperado en Enero del 2011, de <http://www.bvsde.paho.org/bvsars/fulltext/compost.pdf>
14. Tchobanoglous G., Theisen H., & Vigil S., (1994), Gestión Integral de Residuos Sólidos, McGraw-Hill, Madrid, España
15. Urquíaga R., (2004), El Compostaje Doméstico una Alternativa Viable, Madrid, España. Recuperado en Diciembre del 2010, de [http://www.jornadastecnicas.com/docpdf/Residuos\\_Raul\\_Urquiaga.pdf](http://www.jornadastecnicas.com/docpdf/Residuos_Raul_Urquiaga.pdf)