

REGLAMENTO TÉCNICO DEL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO Y AMBIENTAL - RAS

SECCIÓN II

TÍTULO F

SISTEMAS DE ASEO URBANO



Libertad y Orden

República de Colombia
Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial
Viceministerio de Agua y Saneamiento

BOGOTÁ D.C., JUNIO DE 2009

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	12
CAPÍTULO F.1	14
1 REFERENCIACIÓN GENERAL	14
1.1 SISTEMAS DE UNIDADES	14
1.2 CONVERSIÓN DE UNIDADES	15
1.1.1 Medidas de Longitud	15
1.1.2 Medidas de Peso	15
1.1.3 Medidas de Volumen	16
1.1.4 Medidas de Líquidos	16
1.1.5 Medidas de Superficie	16
1.3 ABREVIATURAS, SIGLAS Y ACRÓNIMOS	17
1.4 NORMAS TÉCNICAS REFERENCIADAS	17
1.4.1 Guías Técnicas Colombianas	17
1.4.2 Normas Técnicas Colombianas	18
1.4.2.1 Higiene y Seguridad	18
1.4.2.2 Gestión Ambiental	18
1.4.2.3 Ingeniería Civil y Arquitectura	19
1.4.3 Normas Técnicas ASTM	19
1.4.4 Normas Técnicas de US EPA	20
1.5 NORMATIVA APLICABLE	20
1.5.1 Constitución Política	20
1.5.2 Leyes	20
1.5.3 Decretos	21
1.5.4 Resoluciones	23
1.5.5 Sentencias	24
CAPÍTULO F.2	26
2 ASPECTOS GENERALES DE LOS SISTEMAS DE ASEO URBANO	26
2.1 ALCANCE	26
2.1.1 Principios básicos para la prestación del servicio de aseo	26
2.1.2 Componentes básicos y elementos funcionales del servicio de aseo	26
2.2 DEFINICIONES	27

2.3	PROCEDIMIENTO GENERAL DE DISEÑO DE LOS SISTEMAS DE ASEO URBANO	45
2.3.1	PASO 1 - Definición del nivel de complejidad del sistema	45
2.3.2	PASO 2 - Justificación del proyecto y definición del alcance	45
2.3.3	PASO 3 - Conocimiento del marco institucional	45
2.3.4	PASO 4 - Acciones legales	46
2.3.5	PASO 5 - Aspectos ambientales	46
2.3.6	PASO 6 - Ubicación dentro de los planes de ordenamiento territorial y desarrollo urbano previstos	46
2.3.7	PASO 7 - Estudios previos y estudios de factibilidad	46
2.3.8	PASO 8 - Diseño y requerimientos técnicos	46
2.3.9	PASO 9 - Construcción y supervisión técnica	47
2.3.10	PASO 10 - Puesta en marcha, operación y mantenimiento	47
2.4	PROCEDIMIENTO PARTICULAR PARA EL DESARROLLO DE SISTEMAS DE ASEO URBANO	47
2.4.1	Selección del sistema	47
2.4.2	Cálculo de la producción <i>per cápita</i>	47
2.4.2.1	Valores típicos de la producción <i>per cápita</i> - PPC	48
2.4.2.2	Estimación de la población	49
2.4.3	Caracterización de los residuos sólidos	49
2.4.3.1	Peso específico (V)	51
2.4.3.2	Contenido de humedad	52
2.4.3.3	Tamaño de partícula y distribución del tamaño	53
2.4.3.4	Permeabilidad de los residuos compactados	53
2.4.3.5	Material volátil combustible	53
2.4.3.6	Punto de fusión de la ceniza	54
2.4.3.7	Análisis elemental de los componentes de residuos sólidos	54
2.4.3.8	Contenido energético de los componentes de los residuos sólidos	54
2.4.3.9	Nutrientes esenciales	55
2.4.3.10	Biodegradabilidad de los componentes (BF)	56
2.4.3.11	Capacidad de campo	56
2.4.4	Composición de los residuos sólidos	56
2.4.4.1	Esquema de clasificación según la composición física	57
2.4.4.2	Esquema de clasificación según la procedencia de los residuos sólidos.	57
2.4.4.3	Esquema de clasificación según la factibilidad de manejo y disposición.	57
2.4.4.4	Esquema de clasificación según el grado de peligrosidad.	57
2.4.4.5	Cálculo de la composición de los residuos sólidos	58
2.4.4.6	Metodología de muestreo	58
2.4.4.7	Número de muestras	58
2.4.4.8	Frecuencia de los ensayos	58
2.4.4.9	Unidades para expresar los residuos cuantificados	58
2.4.5	Cadena de Custodia	59
2.4.5.1	Procedimiento	59
2.5	CONDICIONES GENERALES PARA HACER FACTIBLE LA PRESTACIÓN DEL SERVICIO DE ASEO EN LAS ÁREAS SUBURBANA, RURALES Y CENTROS POBLADOS RURALES	60

CAPÍTULO F.3	62
3 ALMACENAMIENTO Y PRESENTACIÓN	62
3.1 ALCANCE	62
3.2 REQUISITOS OBLIGATORIOS QUE DEBE CUMPLIR LA ACTIVIDAD DE ALMACENAMIENTO Y PRESENTACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS POR PARTE DE LOS USUARIOS	63
3.3 RECOMENDACIONES PARA EL ALMACENAMIENTO Y PRESENTACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARIOS POR PARTE DE LOS USUARIOS	63
3.3.1 De la separación de los residuos sólidos en la fuente	63
3.3.2 De los recipientes	64
3.3.2.1 Canecas domésticas	64
3.3.2.2 Recipientes desechables	65
3.3.2.3 Recipientes para residuos sólidos de evacuación por ductos	65
3.3.2.4 Cajas de almacenamiento	66
3.3.2.5 Canecas públicas	66
3.3.2.6 Recipientes para almacenamiento de residuos sólidos con características especiales	67
CAPÍTULO F.4	68
4 RECOLECCIÓN DE RESIDUOS, BARRIDO Y LIMPIEZA DE VÍAS, CORTES, PODAS Y ORNATO DE ÁREAS PÚBLICAS	68
4.1 ALCANCE	68
4.2 REQUISITOS OBLIGATORIOS QUE DEBE CUMPLIR LA ACTIVIDAD DE RECOLECCIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS POR PARTE DE LAS PERSONAS PRESTADORAS DEL SERVICIO DE ASEO	68
4.3 RECOMENDACIONES QUE SE DEBEN TENER EN CUENTA AL DISEÑAR EL SISTEMA DE RECOLECCIÓN	69
4.3.1 Frecuencia de la recolección	70
4.3.1.1 Rendimiento de la recolección	71
4.3.1.2 Tiempo de recolección	71
4.3.1.3 Tiempo de transporte	72
4.3.1.4 Tiempo de descarga	72
4.3.1.5 Tiempos muertos	72
4.3.1.6 Horarios de recolección	72
4.3.1.7 Rendimiento de barrido y limpieza	72
4.3.1.8 Horarios de barrido	73
4.3.2 Cuadrilla	73
4.3.2.1 De recolección	73
4.3.2.2 Del proceso de barrido	73
4.3.3 Selección del vehículo de recolección y barrido	74
4.3.4 Ruteo	76

4.3.4.1	De recolección	76
4.3.4.2	De barrido	77
4.4	CORTES, PODAS Y ORNATO DE ÁREAS PÚBLICAS	79
4.4.1	Características de la actividad	79
4.4.2	Disposición de los residuos orgánicos biodegradables	79
CAPÍTULO F.5		80
5	TRANSPORTE DE RESIDUOS, ESTACIONES DE SEPARACIÓN Y/O TRANSFERENCIA	80
5.1	ALCANCE	80
5.2	REQUISITOS OBLIGATORIOS QUE DEBE CUMPLIR LA ACTIVIDAD DE TRANSPORTE	80
5.2.1	Características de los vehículos recolectores y transportadores de residuos sólidos	80
5.2.2	Características de los vehículos transportadores de residuos sólidos desde las Estaciones de Separación y/o Transferencia hacia el Sistema de Disposición Final	82
5.2.3	Condiciones de equipos y accesorios para transporte de residuos sólidos	83
5.2.4	Lavado de los vehículos y equipos	83
5.3	REQUISITOS OBLIGATORIOS QUE DEBEN CUMPLIR LAS ESTACIONES DE SEPARACIÓN Y/O TRANSFERENCIA	83
5.3.1	Utilización de estaciones de separación y transferencia	84
5.3.2	Instalación de estaciones de separación y transferencia	84
5.3.3	Diseño y construcción de estaciones de separación y transferencia	85
5.3.4	Condiciones de localización y funcionamiento	85
5.3.5	Minimización de Impactos Ambientales en las Estaciones de Separación y/o Transferencia	86
5.3.6	Vehículos de transporte desde las estaciones de separación y/o transferencia	87
5.4	RECOMENDACIONES PARA EL DISEÑO DE ESTACIONES DE SEPARACIÓN Y/O TRANSFERENCIA	87
5.4.1	Producción y características de los residuos	87
5.4.2	Servicio de recolección	87
5.4.3	Sitio y tipo de disposición final	88
5.4.4	Sistema vial y zonificación	88
5.4.5	Ubicación de los centros de gravedad	88
5.4.6	Requerimientos mínimos de estaciones de separación y/o transferencia según el tipo	89
5.4.7	Capacidad de la estación de transferencia	89
5.4.8	Vehículos de transferencia	90
5.4.9	Requisitos para equipos	90
5.4.10	Instalaciones auxiliares	90
5.4.11	Procesamiento de los residuos	91
5.5	RECOMENDACIONES PARA LA OPERACIÓN DE ESTACIONES DE SEPARACIÓN Y/O TRANSFERENCIA	92
5.5.1	Seguridad industrial	92

5.5.2	Operación	92
5.5.2.1	Manual de Operación	92
5.5.3	Control y seguimiento	93
CAPÍTULO F.6		94
6	APROVECHAMIENTO Y VALORIZACIÓN	94
6.1	ALCANCE	94
6.2	requisitos obligatorios en los SISTEMAs DE APROVECHAMIENTO Y VALORIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS	96
6.2.1	Propósitos del Aprovechamiento y Valorización	96
6.2.1.1	Personas prestadoras del servicio de aseo que efectúan la actividad de aprovechamiento y valorización	96
6.2.1.2	Recuperación en los PGIRS	97
6.2.1.3	Formas de aprovechamiento y valorización	97
6.2.1.4	Selección de residuos sólidos	97
6.2.1.5	Características de los residuos sólidos para el aprovechamiento	97
6.2.1.6	Programa de aprovechamiento y valorización	98
6.2.1.7	Localización de la planta de aprovechamiento y valorización	98
6.2.1.8	Diseño de edificaciones para el aprovechamiento y valorización	98
6.2.1.9	Almacenamiento de materiales aprovechables y valorizables	99
6.2.1.10	Recolección y transporte de materiales para el aprovechamiento y valorización	99
6.2.1.11	Requisitos previos para comercialización de materia orgánica estabilizada	99
6.2.1.12	Manejo de aguas residuales provenientes de la recuperación y aprovechamiento de residuos sólidos	99
6.2.1.13	Fortalecimiento del aprovechamiento y valorización	99
6.2.1.14	Participación de los Recicladores	100
6.2.1.15	Sistemas de aprovechamiento y valorización regionales	100
6.3	Gestión integral de residuos sólidos en la prestación del servicio de aseo	100
6.3.1	Reducción en el origen	101
6.3.2	Aprovechamiento y valorización	102
6.3.2.1	Presentación de residuos	103
6.3.2.2	Recolección selectiva y transporte	103
6.3.2.3	Procesamiento intermedio a través de la selección y compactación	103
6.3.3	Tratamiento y transformación	106
6.3.3.1	Conversión biológica y química	106
6.3.3.2	Procesos de transformación química	112
6.3.3.3	Procesamiento Térmico	113
6.3.4	Disposición final controlada	113
6.4	USOS DE LOS RESIDUOS sólidos aprovechables	114
6.4.1	Especificaciones para residuos sólidos aprovechables	114
6.4.1.1	Para reutilización directa	114
6.4.1.2	Para reutilización y/o reciclaje	114
6.4.1.3	Para Materia Orgánica Estabilizada	115
6.4.1.4	Para generación de energía.	116

6.4.2	Posibilidades de reutilización y reciclaje	116
6.4.3	Estudios de Factibilidad	118
6.4.3.1	Análisis de costos de capital	118
6.4.3.2	Costos de operación	119
6.4.3.3	Venta de subproductos	119
6.4.4	Localización de unidades de tratamiento para potenciar el aprovechamiento	119
6.4.5	Seguridad Industrial	121
6.4.6	Edificación	122

CAPÍTULO F.7 **123**

7 TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN FINAL **123**

7.1 alcance **123**

7.2 requisitos obligatorios para la DISPOSICIÓN final de los residuos sólidos ordinarios **123**

7.2.1 Del interés social y utilidad pública (Artículo 3 Dec 838/05) 123

7.2.2 Procedimiento para la localización de áreas para disposición final (Artículo 4 Decreto 838/05) 123

7.2.3 Criterios y metodología para la localización de áreas para disposición final de residuos sólidos, mediante la tecnología de relleno sanitario (Artículo 5 Decreto 838 de 2005). 124

7.2.3.1 Capacidad. **(Adaptado Artículo 5 Decreto 838 de 2005) ¡Error! Marcador no definido.**

7.2.4 Prohibiciones y restricciones en la localización de áreas para disposición final de residuos sólidos (Artículo 6 Decreto 838 de 2005). 124

7.2.5 Planeación (Artículo 7 Decreto 838/05) 125

7.2.6 Reglamento operativo (Artículo 8 Decreto 838/05) 125

7.2.7 Del plan de trabajo y construcción (Artículo 9 Decreto 838/05) 126

7.2.8 Criterios operacionales (Artículo 10 Decreto 838/05) 126

7.2.9 Del control y monitoreo en el área de disposición final de residuos sólidos (Artículo 11 Decreto 838/05). 126

7.2.10 Competencia de los municipios y distritos (Artículo 12 Decreto 838/05) 128

7.2.11 Competencia de los departamentos 128

7.2.12 Competencia de la persona prestadora del servicio público de aseo en la actividad complementaria de disposición final (Artículo 14 Decreto 838/05) 128

7.2.13 Permisos municipales o Distritales (Artículo 15 Decreto 838/05) 129

7.2.14 Fomento a la regionalización de sistemas de disposición final de residuos sólidos (Artículo 16 Decreto 838/05) 129

7.2.15 Cofinanciación de la Nación (Artículo 17 Decreto 838/05) 129

7.2.16 Tarifas por el servicio público de disposición final (Artículo 18 Decreto 838/05) 129

7.2.17 Disponibilidad de recursos económicos (Artículo 19 Decreto 838/05) 130

7.2.18 De la selección del método de relleno sanitario (Artículo 20 Decreto 838/05) 130

7.2.19 Recuperación de sitios de disposición final (Adaptado Artículo 21 Decreto 838/05) 130

7.2.20 Uso futuro de los sitios de disposición final (Artículo 22 Decreto 838/05) 130

7.2.21 Disposición de escombros (Artículo 23 Decreto 838/05) **¡Error! Marcador no definido.**

7.2.22 Restricción a la recuperación en rellenos sanitarios (Artículo 20 Decreto 838/05) **¡Error! Marcador no definido.**

7.3 PROCEDIMIENTO DE LA PERSONA PRESTADORA PARA LA UBICACIÓN DE RELLENOS SANITARIOS **130**

7.3.1	Identificación de las áreas para disposición final de residuos en los Planes de Ordenamiento Territorial – POT, Planes Básicos de Ordenamiento Territorial – PBOT o Esquemas de Ordenamiento Territorial – EOT	130
7.3.2	Pronunciamiento respecto de sí el proyecto requiere Diagnóstico Ambiental de Alternativas – DAA definido en la Resolución MAVDT 1291 de 2006	130
7.3.3	Estudios previos	131
7.3.3.1	Estudio topográfico	131
7.3.3.2	Estudio geotécnico	132
7.3.3.3	Estudio climatológico	134
7.3.3.4	Temperatura	134
7.3.3.5	Precipitación	134
7.3.3.6	Vientos	134
7.3.3.7	Estudio geológico	134
7.3.3.8	Estudios hidrogeológicos	135
7.3.3.9	Composición física de los residuos a disponer	135
7.3.3.10	Generación diaria de residuos sólidos y proyecciones de población	135
7.3.3.11	Determinación de la capacidad y la vida útil	135
7.3.3.12	Diagnóstico Ambiental de Alternativas - DAA	136
7.4	PARÁMETROS DE DISEÑO	138
7.4.1	Selección del método a utilizar	138
7.4.1.1	Método de zanja o trinchera	138
7.4.1.2	Método de área	138
7.4.1.3	Método de rampa	138
7.4.1.4	Método combinado	138
7.4.2	Trama vial	138
7.4.2.1	Trama vial para los rellenos sanitarios con disposición diaria menor o igual a 15 toneladas por día.	138
7.4.2.2	Trama vial para los rellenos sanitarios con disposición final mayor a 15 toneladas por día	138
7.4.3	Sistema de impermeabilización	139
7.4.4	Sistemas de drenaje	145
7.4.4.1	Aguas de escorrentía	145
7.4.4.2	Lixiviados	146
7.4.4.3	Deflexiones en tuberías	151
7.4.4.4	Drenaje de gases	151
7.4.5	Diseño de celdas	159
7.4.5.1	Dimensionamiento	159
7.4.5.2	Colocación de los residuos	160
7.4.5.3	Compactación	160
7.4.5.4	Material de cobertura intermedia	160
7.4.6	Suelo de soporte	161
7.4.6.1	Modificación del drenaje natural existente	161
7.4.6.2	Limpieza y desmonte	161
7.4.6.3	Tratamiento del suelo de soporte	161
7.4.7	Estabilidad del relleno sanitario	161
7.4.7.1	Caracterización de los residuos	161
7.4.7.2	Cortante a lo largo de las interfaces	162
7.4.7.3	Métodos de análisis de estabilidad	162
7.4.8	Obras complementarias	162

7.4.9	Cierre y uso final del sitio	164
7.4.9.1	Cobertura final	164
7.4.9.2	Perfil de la cobertura.	165
7.4.9.3	Efectos de subsidencia	167
7.4.9.4	Efectos climáticos	167
7.4.9.5	Cuidados después del cierre del relleno sanitario	167
7.5	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	168
7.6	REGLAMENTO OPERATIVO del relleno sanitario	171
7.6.1	Cronograma de actividades	171
7.6.2	Condiciones de acceso al servicio	171
7.6.3	Frente de trabajo y restricciones e identificación de residuos	173
7.6.4	Compactación de los residuos	173
7.6.5	Material de cubierta diaria	174
7.6.6	Control del agua de infiltración y de escorrentía	174
7.6.6.1	Control del agua de infiltración	174
7.6.6.2	Control del agua de escorrentía	174
7.6.7	Recolección y tratamiento de lixiviados	174
7.6.7.1	Recolección de lixiviados	174
7.6.7.2	Tratamiento de lixiviados	175
7.6.8	Recolección, concentración y venteo de gases	175
7.6.8.1	Recolección de gases	175
7.6.8.2	Concentración y venteo de gases	175
7.6.9	Actividades y acciones de manejo y control para la estabilidad de taludes	175
7.6.10	Equipos e instalaciones de instrumentación	175
7.6.11	Procedimientos constructivos, calidad y cantidad de materiales a utilizar	176
7.6.12	Procesos operativos desde la entrada de los residuos hasta su disposición final	176
7.6.13	Planos y esquemas de los procesos e instalaciones en el relleno	176
7.6.14	Equipo y maquinaria requerida	176
7.6.15	Personal requerido y calidades profesionales	177
7.6.16	Programa de seguridad industrial a aplicar en la construcción y operación del relleno sanitario.	177
7.6.17	Criterios operacionales	177
7.7	CRONOGRAMAS DE ACTIVIDADES Y PLAN DE TRABAJO	177
7.7.1	Cronograma de actividades	177
7.7.1.1	Plan de trabajo	178
7.7.1.2	Control de gestión	178
CAPÍTULO F.8		179
8	PROCESOS TERMICOS DE TRATAMIENTO Y ELIMINACIÓN	179
8.1	ALCANCE	179
8.2	REQUISITOS OBLIGATORIOS del sistema	179
8.2.1	Límites de emisión contaminantes generales (Tomado Artículo 3 Resolución 886 de 2004 – Res 909 de 2008)	179

8.2.1.1	Estándares de emisión admisibles de contaminantes al aire para instalaciones donde se realice tratamiento térmico mediante incineración de residuos no peligrosos	180
8.2.1.2	Estándares de emisión admisibles para instalaciones que traten y eliminen residuos no peligrosos con deficiencia de oxígeno (pirólisis o termólisis). (Art. 59 de Res 909 de 2008)	181
8.2.1.3	Tratamiento térmico de residuos no peligrosos en hornos cementeros.	181
8.2.2	Características técnicas generales de las plantas de tratamiento y eliminación (Adaptado Art 8 Res 886)	181
8.2.3	Manual de operación y mantenimiento (Adaptado Artículo 9 Res 886)	182
8.2.4	Requisitos para la operación y mantenimiento (Artículo 10 Res 886)	182
8.2.5	Evaluación de la calidad y características de las plantas (artículo 11 Res 886)	182
8.2.6	Control de cenizas, escorias y material particulado de los sistemas de control y tratamiento de emisiones (Artículo 22 de la Resolución 058 de 2002)	183
8.2.7	Ubicación de plantas (Artículo 30 de la resolución 058 de 2002)	184
8.2.8	Prohibición (Artículo 31 de la resolución 058 de 2002 – Decreto 979 de 2006)	184
8.3	Generalidades	184
8.3.1	Definición	184
8.3.2	Localización de la planta de tratamiento y eliminación	184
8.3.3	Selección de los residuos a tratar y eliminar	185
8.3.4	Reducción de la cantidad de residuos	185
8.3.5	Generación de calor	185
8.3.6	Emisiones de los contaminantes del proceso (ARTÍCULO 186)	185
8.3.7	Residuos de la Planta	186
8.4	planta de tratamiento y eliminación térmica	186
8.4.1	Parámetros de Operación	186
8.4.1.1	Temperatura de los gases de reacción al interior del reactor	186
8.4.1.2	Tiempo de residencia de los gases de reacción	186
8.4.1.3	Combustible auxiliar	186
8.4.2	Parámetros de diseño	187
8.4.2.1	Sistema de descarga y almacenamiento de los residuos	187
8.4.2.2	Sistema de entrada de los residuos	187
8.4.2.3	Sistema de entrada del aire al reactor	188
8.4.2.4	Cámara de reacción	188
8.4.2.5	Sistema de recuperación de calor	189
8.4.2.6	Sistema de remoción de partículas	190
8.4.2.7	Sistema de remoción de gases	191
8.4.2.8	Sistema de descarga y almacenamiento de cenizas residuales	193
8.4.2.9	Chimenea	194
8.4.3	Parámetros de control (ARTÍCULO 188)	194
8.5	Manejo de los residuos deL TRATAMIENTO Y ELIMINACIÓN TÉRMICA	195
8.5.1	Cenizas residuales (cenizas de fondo o escorias) (Artículo 22 de la Resolución 058 de 2002)	195
8.5.1.1	Análisis	196
8.5.1.2	Manipulación	196
8.5.1.3	Transporte	196
8.5.1.4	Disposición	196
8.5.2	Partículas residuales (cenizas volantes)	196

8.5.2.1	Análisis	196
8.5.2.2	Manipulación	197
8.5.2.3	Transporte	197
8.5.2.4	Disposición	197
8.5.3	Productos de depuración	197
8.5.4	Vertimientos de aguas residuales	197
8.5.4.1	Aguas residuales de la separación de cenizas	197
8.5.4.2	Efluente de la depuración húmeda	197
8.5.4.3	Aguas residuales de sellado y mantenimiento en general	197
8.5.4.4	Aguas residuales de aguas de alimentación	198
8.5.4.5	Purgas de torres enfriadoras	198
8.6	Seguridad industrial y salud ocupacional	198
8.6.1	Procedimientos de diseño y operación	198
8.7	Mantenimiento	199

TÍTULO F

INTRODUCCIÓN

El Título F – Sistemas de Aseo Urbano, tiene como propósito fijar los criterios básicos, los requisitos mínimos obligatorios y las prácticas técnicas de ingeniería que deben reunir los diferentes procesos involucrados en la conceptualización, el diseño, la implementación y construcción, la supervisión técnica, la puesta en marcha, la operación, el mantenimiento, el cierre, la clausura y la postclausura y las actividades de salvamento de infraestructura de los diferentes componentes y subcomponentes del sistema de aseo que se desarrollen en la República de Colombia, con el fin de garantizar la seguridad, durabilidad, funcionalidad, calidad, efectividad, sostenibilidad, redundancia e integralidad dentro del nivel de complejidad determinado para el proyecto.

Las políticas y estrategias del gobierno nacional están orientadas a mejorar la prestación del servicio público de aseo dentro del marco de la gestión integral de los residuos sólidos, y van dirigidas a asegurar y garantizar el aumento de la cobertura y la calidad en la prestación del servicio, mejorar la capacidad institucional de las entidades territoriales y de las personas prestadoras del servicio, promover la captación de mayores recursos para inversión y promover e incentivar la ejecución de las actividades viables y sostenibles de aprovechamiento y valorización de residuos sólidos. Lo anterior con el fin de prevenir, minimizar y mitigar los posibles impactos en salud pública y en el ambiente, que pueden ser originados desde la generación hasta la disposición final y la eliminación de los residuos sólidos, es decir en toda la cadena de los componentes y subcomponentes del sistema de aseo, teniendo en cuenta las directrices normativas específicas aplicables en el tema.

Actualmente en las áreas urbanas de Colombia se generan diariamente 25.079 Mg¹ de residuos sólidos, de las cuales el 92,8% (23.285,5 Mg/día) tienen una disposición final adecuada en rellenos sanitarios o plantas integrales de tratamiento de residuos sólidos. El 7,16% restante, correspondiente a 1.796 Mg/día, es dispuesto en botaderos a cielo abierto, en cuerpos de agua, mediante quemas o enterradas en condiciones inadecuadas.²

Del total que se produce, el 23,48 % se producen en Bogotá D.C, seguido de Cali con el 8,00%, Medellín con el 7,16% y Barranquilla con el 2,15%, para un total de 10.229,38 Mg diarias, es decir el 40,79% del total nacional se produce en las cuatro (4) grandes ciudades capitales.

En el País se tienen reportada la existencia 255 rellenos sanitarios, de los cuales 44 son rellenos sanitarios regionales, y 59 plantas integrales de residuos sólidos, donde en total acuden 750 municipios, es decir el 68,93% del total de municipios con información (1.088 de 1.112). De este total, 652 municipios realizan la disposición del 90,4% de la producción nacional de residuos sólidos, 22.668,5 Mg/día, en rellenos sanitarios y 98 municipios lo realizan en plantas integrales, que corresponde a 2,45% de la producción (615 Mg/día).

¹ 1,0 Mg = 1*10⁶ g (1,0 tonelada métrica).

² **CONPES 3530**. Lineamientos y Estrategia para Fortalecer el Servicio Público de Aseo en el Marco de la Gestión Integral de Residuos Sólidos. 23 de junio de 2008.

Los rellenos regionales actualmente atienden a 396 municipios, lo cual representa el 63% del total de municipios que disponen en relleno sanitario.³

Con el fin de dar un manejo integral al servicio de aseo y la gestión de residuos, en el Título se incluyen temas como el cálculo de la población, de la producción *per cápita* y la demanda del servicio, los criterios básicos aplicables para el diseño e implementación de unidades de almacenamiento, recolección, transporte, barrido y limpieza de áreas públicas, estaciones de transferencia, sistemas de aprovechamiento y valorización de residuos sólidos y sistemas de tratamiento y disposición final.

Se incluyen además, elementos funcionales y componentes específicos del servicio como la separación en la fuente, aprovechamiento de la fracción orgánica biodegradable, aprovechamiento y tratamiento mediante procesos térmicos e implementación de rellenos sanitarios.

No se incluye en este Título el manejo de los residuos con características de peligrosidad, incluyendo los radiactivos, cuya gestión debe realizarse de acuerdo con las normas y regulaciones aplicables vigentes por el MAVDT y otras autoridades competentes. Para los residuos radiactivos se aplican las normas expedidas por la Unidad de Energía Nuclear adscrita al Instituto de Investigación e Información Geocientífica, Minero – Ambiental y Nuclear – INGEOMINAS, así como las de otras autoridades competentes.

³ **Situación de la Disposición Final de residuos Sólidos en Colombia.** Informe SSPD. Documento Código 87_2955. 2008.

CAPÍTULO F.1

1 REFERENCIACIÓN GENERAL

1.1 SISTEMAS DE UNIDADES⁴

atm	atmósfera
año	año
° C	grado centígrado
cm ²	centímetro cuadrado
cm ³	centímetro cúbico
día	día
g	gramo
h	hora
ha	hectárea
hab	habitante
K	grado kelvin
kg	kilogramo
kJ	kilojulio
km	kilómetro
km ²	kilómetro cuadrado
kN	kilonewton
kPa	kilopascal
kV	kilovoltio
kWh	kilovatio hora
L	litro
m	metro
m ²	metro cuadrado
m ³	metro cúbico
mg	miligramo
Mg	millones de gramos (equivalente a una (1) tonelada métrica)
min	minuto
µm	micrómetro
mm	milímetro
mm ²	milímetro cuadrado
mm ³	milímetro cúbico
MPa	megapascal
MW	megavatio
mol	mol
N	Newton
Nm ³	metros cúbicos normales (25 °C y 101,325 KPa)
Ω	ohmio
Pa	Pascal

⁴ Sustentado en el Sistema Internacional de Unidades. **Norma ISO 31.**

rad	radián
s	segundo
t	tonelada
W	Vatio

1.2 CONVERSIÓN DE UNIDADES

1.1.1 Medidas de Longitud

<u>Multiplicar</u>	<u>por</u>	<u>para obtener</u>
Centímetros	0,3937008	Pulgadas
Centímetros	0,010	Metros
Centímetros	10	Milímetros
Metros	100	Centímetros
Metros	39,37008	Pulgadas
Metros	3,28084	Pies
Kilómetros	1.000	Metros
Kilómetros	0,621371	Millas
Yardas	0,914402	Metros
Yardas	3	Pies
Millas	1,6093404	Kilómetros
Millas	1.609,3404	Metros
Pies	30,48006	Centímetros
Pies	12	Pulgadas
Pulgadas	2,540005	Centímetros
Pulgadas	0,08333	Pies

1.1.2 Medidas de Peso

<u>Multiplicar</u>	<u>por</u>	<u>para obtener</u>
Toneladas métricas	1.000	Kilogramos
Toneladas métricas	2.204,62	Libras
Toneladas métricas	1,10231	Toneladas cortas
Toneladas métricas	0,98421	Toneladas largas
Kilogramos	2,2046224	Libras
Kilogramos	1.000	Gramos
Libras	16	Onzas
Libras	0,4535924	Kilogramos
Onzas	28,349523	Gramos

1.1.3 Medidas de Volumen

<u>Multiplicar</u>	<u>por</u>	<u>para obtener</u>
Metros cúbicos	1.000	Litros
Metros cúbicos	61.023,192	Pulgadas cúbicas
Metros cúbicos	35,31467	Pies cúbicos
Metros cúbicos	1,307951	Yardas cúbicas
Metros cúbicos	264,2	Galones Americanos
Centímetros cúbicos	0,061023	Pulgadas cúbicas
Centímetros cúbicos	0,000035	Pies cúbicos
Yardas cúbicas	764.555,555	Centímetros cúbicos
Yardas cúbicas	0,7645555	Metros cúbicos
Yardas cúbicas	46.656	Pulgadas cúbicas
Yardas cúbicas	27	Pies cúbicos
Yardas cúbicas	202,01	Galones Americanos
Pies cúbicos	0,02831685	Metros cúbicos
Pies cúbicos	1.728	Pulgadas cúbicas
Pies cúbicos	0,037	Yardas cúbicas
Pies cúbicos	7,48052	Galones Americanos
Pulgadas cúbicas	16,387064	Centímetros cúbicos

1.1.4 Medidas de Líquidos

<u>Multiplicar</u>	<u>por</u>	<u>para obtener</u>
Galones americanos	230,9735	Pulgadas cúbicas
Galones americanos	0,1387	Pies cúbicos
Galones americanos	3.785,306	Centímetros cúbicos
Galones americanos	0,0037853	Metros cúbicos
Galones americanos	3,7853	Litros
Litros	0,264172	Galones americanos
Litros	0,03531	Pies Cúbicos

1.1.5 Medidas de Superficie

<u>Multiplicar</u>	<u>por</u>	<u>para obtener</u>
Centímetros cuadrados	0,154918	Pulgadas Cuadradas
Metros Cuadrados	10.000	Centímetros cuadrados
Metros Cuadrados	1.549,99375	Pulgadas Cuadradas
Hectáreas	10.000	Metros Cuadrados
Pulgadas Cuadradas	6,4516254	Centímetros cuadrados
Kilómetros Cuadrados	1.000.000	Metros Cuadrados

1.3 ABREVIATURAS, SIGLAS Y ACRÓNIMOS

ASTM	<i>American Society of Testing Material</i>
AWWA	<i>American Water Works Association</i>
CRA	Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico
DANE	Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas
DNP	Departamento Nacional de Planeación
VAS	Viceministerio de Agua y Saneamiento
EPA	<i>Environmental Protection Agency</i>
GTC	Guía Técnica Colombiana
IGAC	Instituto Geográfico Agustín Codazzi
MAVDT	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial
NSR-98	Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente
NTC	Norma Técnica Colombiana
OECD	Organización para Cooperación y Desarrollo Económicos
RAS	Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico
SSPD	Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios

1.4 NORMAS TÉCNICAS REFERENCIADAS

Las siguientes son las normas técnicas, tanto expedidas por el ICONTEC, por la AWWA, por la ASTM y otras entidades internacionales a las cuales se hace referencia en este capítulo. En caso de conflicto, prevalecerá lo establecido en este Reglamento.

1.4.1 Guías Técnicas Colombianas

GTC 24	Gestión ambiental. Residuos Sólidos. Guía para la separación en la fuente.
GTC 30	Gestión ambiental. Suelos. Guía para el monitoreo de aguas subterráneas.
GTC 35	Gestión ambiental. Guía para la recolección selectiva de residuos sólidos.
GTC 53-8	Gestión ambiental. Residuos sólidos. Guía para la minimización de los impactos ambientales de los residuos de envases y embalajes.
GTC 53-2	Gestión ambiental. Residuos sólidos. Guía para el aprovechamiento de los residuos plásticos.
GTC 53-3	Gestión ambiental. Residuos sólidos. Guía para el aprovechamiento de envases de vidrio.
GTC 53-4	Gestión ambiental. Residuos sólidos. Guía para el reciclaje de papel y cartón.
GTC 53-5	Gestión ambiental. Residuos sólidos. Guía para el aprovechamiento de los residuos metálicos.
GTC 53-6	Gestión ambiental. Residuos sólidos. Guía para el aprovechamiento de residuos de papel y cartón compuestos con otros materiales.
GTC 53-7	Gestión ambiental. Residuos sólidos. Guía para el aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos no peligrosos.
GTC 86	Medio ambiente. Protección de la salud. Seguridad. Guía para la implementación de la gestión integral de residuos – GIR.

1.4.2 Normas Técnicas Colombianas

1.4.2.1 Higiene y Seguridad

- NTC 3400 Higiene y seguridad. Medio ambiente. Determinación del índice de polución de un gas ácido en el aire.
- NTC 3857 Higiene industrial. Determinación de plomo en muestras ambientales. Método de espectrofotometría de absorción atómica con sistema de horno de grafito.
- NTC 3863 Higiene industrial. Evaluación de contaminantes químicos. Determinación de cobalto y compuestos de cobalto en muestras ambientales. Técnica NIOSH 7027/84.
- NTC 3864 Higiene industrial. Evaluación de contaminantes químicos. Determinación de arsénico y compuestos de arsénico en muestras ambientales. Técnica NIOSH 7013/84.
- NTC 3885 Higiene industrial. Evaluación de contaminantes químicos. Determinación de plomo en muestras ambientales métodos de espectrofotometría de absorción atómica con sistema de llama.

1.4.2.2 Gestión Ambiental

- NTC 1927 Fertilizantes y acondicionadores de suelos. Definiciones. Clasificación y fuentes de materias primas.
- NTC 3656 Gestión ambiental. Suelo. Toma de muestras de suelo para determinar la contaminación.
- NTC 3662 Gestión ambiental. Aire. Recolección y medición de partículas de polvo sedimentable.
- NTC 3704 Gestión ambiental. Aire ambiente. Determinación de la concentración de partículas suspendidas en el aire.
- NTC 3746 Gestión ambiental. Aire ambiente. Método de ensayo para el monóxido de carbono en el aire ambiente (medición continua mediante espectrometría infrarroja no dispersiva).
- NTC 3888 Gestión ambiental. Calidad del Suelo. Extracción de elementos traza solubles en agua regia.
- NTC 3934 Gestión ambiental. Calidad del Suelo. Determinación del contenido de cadmio, cromo, cobalto, cobre, plomo, magnesio, níquel y cinc. Métodos de espectroscopia de absorción atómica por llama y electrotérmica.
- NTC 3935 Gestión ambiental. Calidad de suelo. Pretratamiento de muestras para la determinación de contaminantes orgánicos.
- NTC 3948 Gestión ambiental. Suelos. Especificaciones técnicas para la construcción de un pozo de monitoreo para aguas subterráneas.
- NTC 3957 Gestión ambiental. Calidad de suelo. Determinación de la conductividad hidráulica y retención de agua características. Método de evaporación de Wind.
- NTC 4113-1 Gestión ambiental. Calidad de suelo. Muestreo. Guía para el diseño de programas de muestreo.
- NTC 4113-2 Gestión ambiental. Calidad de suelo. Muestreo. Guía sobre técnicas de muestreo.
- NTC 4113-3 Gestión ambiental. Calidad de suelo. Muestreo. Guía sobre seguridad.
- NTC 4113-4 Gestión ambiental. Calidad de suelo. Muestreo. Guía para los procedimientos de investigación de sitios naturales, casi naturales y cultivados.
- NTC 4113-6 Gestión ambiental. Calidad de suelo. Muestreo. Guía para la recolección, manejo y almacenamiento de suelo para evaluación de procesos microbianos aeróbicos en el laboratorio.

- NTC 4437 Gestión ambiental. Calidad de suelo. Vocabulario. Términos y definiciones relacionados con la protección y contaminación del suelo.
- NTC 4508 Gestión ambiental. Calidad de suelo. Determinación de los efectos de contaminantes sobre la flora del suelo. Efectos de productos químicos sobre la germinación y el crecimiento de las plantas superiores.
- NTC 4509 Gestión ambiental. Calidad de suelo. Determinación de los efectos de contaminantes sobre la flora del suelo. Método para medir la inhibición del crecimiento de raíces.
- NTC 4510 Gestión ambiental. Calidad de suelo. Efectos de contaminantes en lombrices de tierra (*Eisenia Foetida*). Determinación de la toxicidad aguda usando un sustrato de suelo artificial.
- NTC 5167 Productos para la industria agrícola. Productos orgánicos usados como abonos o fertilizantes y enmiendas de suelo.
- NTC-ISO 5667-6 Gestión ambiental. Calidad del agua. Muestreo. Guía para el muestreo de ríos y corrientes.
- NTC-ISO 5667-11 Gestión ambiental. Calidad del agua. Muestreo. Guía para el muestreo de aguas subterráneas.
- NTC-ISO 6767 Gestión ambiental. Aire. Determinación de la concentración másica de dióxido de azufre. Método de tetracloromercurato (TCM) pararrosanilla.
- NTC-ISO 6768 Gestión ambiental. Aire. Ambiente. Determinación de la concentración másica de dióxido de nitrógeno. Método de modificado de Griess - Saltzman.
- NTC-ISO 7934 Gestión ambiental. Aire. Emisiones de fuentes estacionarias. Determinación de la concentración másica de dióxido de azufre. Método de peróxido de hidrogeno/perclorato de bario/thorina.
- NTC-ISO 7996 Gestión ambiental. Aire. Determinación de la concentración másica de óxidos de nitrógeno. Métodos de quimioluminiscencia.
- NTC-ISO 11464 Gestión ambiental. Calidad del suelo. Pretratamiento de las muestras de suelo para análisis fisicoquímicos.

1.4.2.3 Ingeniería Civil y Arquitectura

- NTC 1495 Suelo. Ensayo para determinar el contenido de humedad.
- NTC 1886 Ingeniería civil y arquitectura. Suelos. Determinación de humedad, cenizas y materia orgánica.

1.4.3 Normas Técnicas ASTM

- D5057-90 (2006) *Standard test method for screening apparent specific gravity and bulk density of waste.*
- D5199-01 (2006) *Standard test method for measuring nominal thickness of geosynthetics.*
- D4833-07 *Standard test method for index punctures resistance of geomembranes and related products.*
- D5494-93 (2006) *Standard test method for the determination of pyramid punctures resistance of unprotected and protected geomembranes.*
- D5321-08 *Standard test method for determining the coefficient of soil and geosynthetic or geosynthetic and geosynthetic friction by the direct shear method.*
- D5397-07 *Standard test method for evaluation of stress crack resistance of polyolefin geomembranes using notched constant tensile load test.*
- D4885-01 (2006) *Standard test method for determining performance strength of geomembranes by the wide strip tensile method.*

D5884-04a	<i>Standard test method for determining tearing strength of internally reinforced geomembranes.</i>
D5747-08	<i>Standard practice for test to evaluate the chemical resistance of geomembranes to liquids.</i>
D4437-08	<i>Standard practice for non-destructive testing (NDT) for determining the integrity of seams used in joining flexible polymeric sheet geomembranes.</i>
D4545-86 (1999)	<i>Standard practice for determining the integrity of factory seams used in joining manufactured flexible sheet geomembranes.</i>
D5820-95 (2006)	<i>Standard practice for pressurized air channel evaluation of dual seamed geomembranes.</i>
D5468-02 (2007)	<i>Standard test method for gross calorific and ash value of waste materials.</i>
E778-08	<i>Standard test method for nitrogen in the analysis sample of refuse-derived fuel.</i>
E726-01 (2006)	<i>Standard test method for particle size distribution of granular carriers and granular pesticides.</i>
E1279-89 (2008)	<i>Standard test method for biodegradation by a shake-flash die-away method.</i>

1.4.4 Normas Técnicas de US EPA

AP – 42. Compilation of air pollutant emission factors

Appendix A 40 CFR Part 60. *Standard of performance for new stationary sources. Test methods.*

Appendix B 40 CFR Part 61. *Standard of performance for new stationary sources. Performance specifications.*

Appendix W 40 CFR Part 51. *Guideline on air quality model.*

EPA SW-846. Test Methods for Evaluating Solid Waste Physical/Chemical Methods

Appendix II to part 261 40 CFR. Method 1311 Toxicity Characteristic Leaching Procedure (TCLP).

1.5 NORMATIVA APLICABLE

1.5.1 Constitución Política

Constitución Política de Colombia de 1991.

1.5.2 Leyes

- Ley 2 de 1959. Por la cual para el desarrollo de la economía forestal y protección de los suelos, las aguas y la vida silvestre, se establecen con carácter de "Zonas Forestales Protectoras" y "Bosques de Interés General", según la clasificación de que trata el Decreto Legislativo 2278 de 1953, las zonas de reserva forestal, comprendidas dentro de los límites que para cada bosque nacional se fijan.
- Decreto – Ley 2811 de 1974 (reglamentado parcialmente por los Decretos 1715 de 1978, 1741 de 1978, y 02 de 1982) por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente.
- Ley 09 de 1979. Por la cual se dictan medidas sanitarias. Código Sanitario Nacional
- Ley 99 de 1993. Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales

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

- Ley 142 de 1994. Por la cual se establece la regulación de los Servicios Públicos Domiciliarios
- Ley 286 de 1996. Por la cual se modifica parcialmente la Ley 142 de 1994.
- Ley 223 de 1995. Por la cual se expiden normas sobre racionalización tributaria y se dictan otras disposiciones.
- Ley 388 de 1997. Por la cual se modifica la Ley 9 de 1989, y la Ley 3 de 1991 y se dictan otras disposiciones. Permite al municipio, en ejercicio de su autonomía, promover el ordenamiento de su territorio, el uso equitativo y racional del suelo, la preservación y defensa del patrimonio ecológico y cultural localizado en su ámbito territorial y la prevención de desastres en asentamientos de alto riesgo, así como la ejecución de acciones urbanísticas eficientes.
- Ley 632 de 2000. Por la cual se modifican parcialmente las Leyes 142 y 143 de 1994, 223 de 1995 y 286 de 1996 sobre subsidios y contribuciones para los servicios de acueducto, alcantarillado y aseo y se dictan otras disposiciones.
- Ley 689 de 2001. Por la cual se modifica parcialmente la Ley 142 de 1994 sobre contratos especiales para la gestión de los servicios públicos y se dictan otras disposiciones.
- Ley 788 de 2002. Por la cual se expiden normas en materia tributaria y penal del orden nacional y territorial; y se dictan otras disposiciones.
- Ley 1124 de 2007. Por medio de la cual se reglamenta el ejercicio de la profesión de Administrador Ambiental.
- Ley 1151 de 2007. Por la cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo 2006 – 2010.
- Ley 1252 de 2008. Por la cual se dictan normas prohibitivas en materia ambiental, referentes a los residuos y desechos peligrosos y se dictan otras disposiciones.
- Ley 1259 de 2008. Por medio de la cual se instaure en el territorio nacional la aplicación del comparendo ambiental a los infractores de las normas de aseo, limpieza y recolección de escombros; y se dictan otras disposiciones.

1.5.3 Decretos

- Decreto 02 de 1982. MINSALUD. Por el cual se reglamentan parcialmente el Título I de la Ley 09 de 1979 y el Decreto - Ley 2811 de 1974, en cuanto a emisiones atmosféricas.
- Decreto 1594 de 1984. MINAGRICULTURA – MINSALUD. Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 09 de 1979, así como el Capítulo II del Título VI - Parte III - Libro II y el Título III de la Parte III - Libro I - del Decreto - Ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos.
- Decreto 948 de 1995. MINAMBIENTE. Por el cual se reglamenta parcialmente la Ley 23 de 1973, los artículos 33, 73, 74, 75 y 76 del Decreto – Ley 2811 de 1974; los artículos 41, 43, 44, 45, 48 y 49 de la Ley 09 de 1979, y la Ley 99 de 1993 en relación con la prevención y control de la contaminación atmosférica y protección de la calidad del aire.

- Decreto 605 de 1996, Capítulo I del Título IV. MINDESARROLLO. Por el cual se establecen las prohibiciones y sanciones en relación con la prestación del servicio público domiciliario de aseo.
- Decreto 1320 de 1998. MININTERIOR. Por el cual se reglamenta la consulta previa con las comunidades indígenas y negras para al explotación de los recursos naturales dentro de su territorio.
- Decreto 891 de 2002. MINDESARROLLO. Por medio del cual se reglamenta el artículo 9 de la Ley 632 de 2000.
- Decreto 2532 de 2001. MINAMBIENTE. Por el cual se reglamenta el numeral 4 del artículo 424-5 y el literal f) del artículo 428 del Estatuto Tributario.
- Decreto 1609 de 2002. MINTRANSPORTE. Por el cual se reglamenta el manejo y transporte terrestre automotor de mercancías peligrosas por carretera.
- Decreto 1713 de 2002. MINAMBIENTE. Por el cual se reglamenta la Ley 142 de 1994, la Ley 632 de 2000 y la Ley 689 de 2001, en relación con la prestación del servicio público de aseo, y el Decreto – Ley 2811 de 1974 y la Ley 99 de 1993 en relación con la gestión integral de residuos sólidos.
- Decreto 1140 de 2003. MINAMBIENTE. Por el cual se modifica parcialmente el Decreto 1713 de 2002 en relación con el tema de las unidades de almacenamiento y se dictan otras disposiciones.
- Decreto 1505 de 2003. MINAMBIENTE. Por el cual se modifica parcialmente el Decreto 1713 de 2002 en relación con los planes de gestión integral de residuos sólidos y se dictan otras disposiciones.
- Decreto 3172 de 2003. MINAMBIENTE. Por medio del cual se reglamenta el artículo 158-2 del Estatuto Tributario.
- Decreto 838 de 2005. MAVDT. Por el cual se modifica el Decreto 1713 de 2002 sobre disposición final de residuos sólidos y se dictan otras disposiciones.
- Decreto 1220 de 2005. MAVDT. Por el cual se reglamenta el Título VIII de la Ley 99 de 1993 sobre licencias ambientales.
- Decreto 979 de 2006. MAVDT. Por el cual se modifican los artículos 7, 10, 93, 94 y 108 del Decreto 948 de 1995.
- Decreto 1900 de 2006. MAVDT. Por el cual se reglamenta el parágrafo del artículo 43 de la Ley 99 de 1993 y se dictan otras disposiciones.
- Decreto 330 de 2007. MAVDT. Por el cual se reglamentan las audiencias públicas ambientales y se deroga el Decreto MAVDT 2762 de 2005.
- Decreto 1299 de 2008. MAVDT. Por el cual se reglamente el departamento de gestión ambiental de las empresas a nivel industrial y se dictan otras disposiciones.
- Decreto 3200 de 2008. MAVDT. Por el cual se dictan normas sobre Planes Departamentales para el Manejo Empresarial de los Servicios de Agua y Saneamiento y se dictan otras disposiciones.
- Decreto 2436 de 2008. MAVDT. Por el cual se reglamenta parcialmente el artículo 101 de la Ley 1151 de 2007.

1.5.4 Resoluciones

- Resolución 541 de 1994. MINAMBIENTE. Por medio de la cual se regula el cargue, descargue, transporte, almacenamiento y disposición final de escombros, materiales, elementos, concretos y agregados sueltos, de construcción, de demolición y carga orgánica, suelo y subsuelo de excavación.
- Resolución 619 de 1997. MINAMBIENTE. Por la cual se establecen parcialmente los factores a partir de los cuales se requiere permiso de emisión atmosférica para fuentes fijas.
- Resolución 120 de 2000. CRA. Por la cual se reglamenta la realización de aforos de residuos sólidos a los usuarios grandes productores por parte de las entidades prestadoras del servicio público domiciliario ordinario de aseo.
- Resolución 0424 de 2001. MINDESARROLLO. Por la cual se modifica la Resolución 1096 de 2000 de MINDESARROLLO que adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS.
- Resolución 0058 de 2002. MINAMBIENTE. Por la cual se establecen normas y límites máximos permisibles de emisión para incineradores y hornos crematorios de residuos sólidos y líquidos.
- Resolución 0150 de 2003. Instituto Colombiano Agropecuario – ICA. Por la cual se adopta el Reglamento técnico de fertilizantes y acondicionadores de suelo para Colombia
- Resolución 1045 de 2003. MINAMBIENTE. Por la cual se adopta la metodología para la elaboración de los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos – PGIRS y se toman otras determinaciones.
- Resolución 3152 de 2004. AERONÁUTICA CIVIL. Por la cual se adoptan normas relativas al peligro aviario como obstáculo para la seguridad de la aviación y se adicionan a la Parte Sexta de los Reglamentos Aeronáuticos de Colombia.
- Resolución 886 de 2004. MINAMBIENTE. Por la cual se modifica parcialmente la Resolución 0058 del 21 de enero de 2002 y se dictan otras disposiciones.
- Resolución 0136 de 2004. MINAMBIENTE. Por la cual se establecen los procedimientos para solicitar ante las autoridades ambientales competentes la acreditación o certificación de las inversiones de control y mejoramiento del medio ambiente.
- Resolución 351 de 2005. CRA. Por la cual se establecen los regímenes de regulación tarifaria a los que deben someterse las personas prestadoras del servicio público de aseo y la metodología que deben utilizar para el cálculo de las tarifas del servicio de aseo de residuos ordinarios y se dictan otras disposiciones.
- Resolución 352 de 2005. CRA. Por la cual se definen los parámetros para la estimación del consumo en el marco de la prestación del servicio público domiciliario de aseo y se dictan otras disposiciones.
- Resolución 1390 del 2005. MAVDT. Por la que se establecen directrices y pautas para el cierre, clausura y restauración o transformación técnica a rellenos sanitarios de los sitios de disposición final a que hace referencia el artículo 31 de la Resolución 1045 del 2003 del Ministerio de Medio Ambiente que no cumplan
- Resolución 0978 de 2007. MAVDT. Por la cual se establece la forma y requisitos para presentar ante el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial las solicitudes de

acreditación para obtener la certificación de que tratan los artículos 424-5 numeral 4 y 428 literales f) e i) del Estatuto Tributario, con miras a obtener la exclusión de impuesto sobre las ventas correspondiente”. para obtener exclusión de impuestos.

- Resolución 2380 de 2007. MAVDT. Por la cual se reglamentan los niveles permisibles de emisión de contaminantes que deberán cumplir las motocicletas, motociclos y mototriciclos.
- Resolución 0601 de 2006. MAVDT. Por la cual se establece la Norma de Calidad del Aire o Nivel de Inmisión, para todo el territorio nacional en condiciones de referencia.
- Resolución 0627 de 2006. MAVDT. Por la cual se establece la norma nacional de emisión de ruido y ruido ambiental.
- Resolución 1274 de 2006. MAVDT. Por la que se establecen los Términos de Referencia de Estudio de Impacto Ambiental - EIA para la construcción de Rellenos Sanitarios.
- Resolución 1291 de 2006. MAVDT. Por la que se establecen los Términos de Referencia para la elaboración del diagnóstico ambiental de alternativas – DAA para la construcción y operación de Rellenos Sanitarios.
- Resolución 429 de 2007. CRA. Por la que se reglamenta el incentivos tributario considerado en la Ley 1151 de 2007 (Plan Nacional de Desarrollo).
- Resolución 813 de 2008. MAVDT. Por la cual se adopta la guía de acceso, elegibilidad, presentación y viabilización de proyectos del sector de agua potable y saneamiento básico que recibirán recursos de apoyo de la Nación mediante el mecanismo de Ventanilla Única, se reglamente el Comité Técnico de Proyectos y se dictan otras disposiciones.
- Resolución 1629 de 2008. MAVDT. Por la cual se adopta el formato de resolución de convocatoria a las Audiencias Públicas de carácter consultivo de que trata el artículo 23 del Decreto MAVDT 3200 de 2008 y se dictan otras disposiciones.
- Resolución 1684 de 2008. MAVDT. Por la cual se modifica parcialmente la Resolución 1390 de 2005 y se toman otras determinaciones.
- Resolución 909 de 2008. MAVDT. Por la cual se establecen las normas y estándares de emisión admisibles de contaminantes a la atmósfera por fuentes fijas y se dictan otras disposiciones.
- Resolución 0910 de 2008. MAVDT. Por la cual se reglamentan los niveles permisibles de emisión de contaminantes que deberán cumplir las fuentes móviles terrestres, se reglamenta el artículo 91 del Decreto 948 de 1995 y se adoptan otras disposiciones.
- Resolución 1684 de 2008. MAVDT. Por medio de la cual se modifica parcialmente la Resolución 1390 de 2005.

1.5.5 Sentencias

- Sentencia Consejo de Estado. Sala de lo Contencioso Administrativo. Sección Cuarta. Consejera Ponente: LIGIA LÓPEZ DÍAZ. Bogotá, D.C., cinco (5) de mayo de dos mil tres (2003). Referencia: 11001032700020020044 01. Expediente: 13212. Exenciones Tributarias.
- Sentencia Consejo de Estado. Sección Tercera, Consejera Ponente: MARÍA ELENA GIRALDO GÓMEZ. Veintisiete (27) de octubre de 2005. Expediente: 23583. Servicio de Aseo.

- Sentencia Corte Constitucional T-724 de 2003. Magistrado Ponente: JAIME ARAÚJO RENTERÍA. Veinte (20) de agosto de 2003. Acción de Tutela interpuesta por Silvio Ruiz Grisales y la Asociación de Recicladores de Bogotá – ARB contra el Distrito Capital – Unidad Ejecutiva de Servicios Públicos.

CAPÍTULO F.2

2 ASPECTOS GENERALES DE LOS SISTEMAS DE ASEO URBANO

2.1 ALCANCE

El presente capítulo tiene como propósito establecer los principios básicos para la prestación del servicio de aseo urbano, sus componentes y elementos funcionales, las definiciones, los procedimientos generales que se deben tener en cuenta para el diseño de los sistemas de aseo y los procedimientos particulares para el desarrollo de éstos.

2.1.1 Principios básicos para la prestación del servicio de aseo

La prestación del servicio de aseo, de acuerdo con la Ley 142 de 1994, debe hacerla una Empresa de Servicio Público (E.S.P.). Esta prestación debe seguir los principios básicos que se indican a continuación:

1. Garantizar la calidad del servicio a toda la población.
2. Prestar eficaz y eficientemente el servicio en forma continua e ininterrumpida.
3. Obtener economías de escala comprobables.
4. Establecer mecanismos que garanticen a los usuarios el acceso al servicio y su participación en la gestión y fiscalización de la prestación.
5. Desarrollar una cultura de la no basura.
6. Fomentar el aprovechamiento.
7. Minimizar y mitigar el impacto en la salud y en el medio ambiente, ocasionado desde la generación hasta la eliminación de los residuos sólidos, es decir en todos los componentes del servicio.

2.1.2 Componentes básicos y elementos funcionales del servicio de aseo

Se presentan las opciones para el cálculo de la población, la producción per cápita y demanda, los requisitos obligatorios y los criterios de diseño para los componentes básicos y elementos funcionales de los sistemas de aseo urbano, los cuales se referencian en la Tabla F.2.1.

Tabla F.2.1. Actividades y elementos funcionales del servicio de aseo

Componente	Capítulo
Aspectos generales	F.2
Almacenamiento y presentación	F.3
Recolección de residuos, barrido y limpieza de vías, cortes, podas y ornato de áreas públicas	F.4
Transporte de residuos, estaciones de separación y transferencia	F.5
Aprovechamiento y valorización	F.6
Tratamiento y disposición final	F.7
Procesos térmicos de tratamiento y eliminación	F.8

2.2 DEFINICIONES

Para interpretar y aplicar el presente Título deben tenerse en cuenta las siguientes definiciones:

Absorción. Concentración selectiva de sólidos disueltos en el interior de un material sólido, por difusión.

Acceso al Sistema de Disposición Final. Es el procedimiento establecido en el Reglamento Operativo de los Rellenos Sanitarios, para la utilización de un sistema de disposición final por parte de los usuarios del mismo, mediante el pago de una tarifa de acuerdo con las normas regulatorias vigentes.

Acidez. Capacidad de una solución acuosa para reaccionar con iones hidroxilo. Se mide cuantitativamente por titulación con una solución alcalina normalizada y se expresa usualmente en términos de mg/l como carbonato de calcio.

Acuífero. Formación geológica o grupo de formaciones que contiene agua y que permite su movimiento a través de sus poros bajo la acción de la aceleración de la gravedad o de diferencias de presión.

Acuífero confinado. Acuífero comprendido entre dos capas impermeables en donde el agua está sometida a una presión mayor que la atmosférica.

Acuífero libre. Acuífero donde al agua se encuentra sometida a la presión atmosférica.

Adsorción. Transferencia de una masa gaseosa, líquida o de material disuelto a la superficie de un sólido.

Aeración. Proceso en el que se produce un contacto entre el aire y el agua con el objetivo de oxigenarla o de excluir gases o sustancias volátiles.

Aguas lluvias. Aguas provenientes de la precipitación pluvial.

Aguas residuales. Desechos líquidos provenientes de residencias, edificios, instituciones, fábricas o industrias.

Aguas residuales domésticas. Desechos líquidos provenientes de la actividad doméstica en residencias, edificios e instituciones.

Aguas residuales municipales. Agua residual de origen doméstico, comercial e institucional que contiene desechos humanos.

Aguas servidas. Aguas de desecho provenientes de lavamanos, tinas de baño, duchas, lavaplatos, y otros artefactos que no descargan materias fecales.

Alcalinidad. Capacidad del agua para neutralizar los ácidos. Esta capacidad se origina en el contenido de carbonatos (CO_3^{2-}), bicarbonatos (HCO_3^-), hidróxidos (OH^-) y ocasionalmente boratos, silicatos y fosfatos. La alcalinidad se expresa en miligramos por litro de equivalente de carbonato de calcio (CaCO_3).

Alcantarillado. Conjunto de obras para la recolección, conducción y disposición final de las aguas residuales y/o de las aguas lluvias.

Alcantarillado de aguas combinadas. Sistema compuesto por todas las instalaciones destinadas a la recolección y transporte, tanto de las aguas residuales como de las aguas lluvias.

Alcantarillado de aguas lluvias. Sistema compuesto por todas las instalaciones destinadas a la recolección y transporte de aguas lluvias.

Alcantarillado de aguas residuales. Sistema compuesto por todas las instalaciones destinadas a la recolección y transporte de las aguas residuales domésticas y/o industriales.

Alcantarillado separado. Sistema constituido por un alcantarillado de aguas residuales y otro de aguas lluvias que recolectan en forma independiente en un mismo sector.

Almacenamiento. Es la acción del usuario de colocar temporalmente los residuos sólidos en recipientes, depósitos contenedores retornables o desechables mientras se procesan para su aprovechamiento, transformación, comercialización o se presentan al servicio de recolección para su tratamiento o disposición final.

Amenaza. Peligro latente asociado con la potencial ocurrencia de un evento de origen natural o antrópico que puede manifestarse en un sitio específico y en un tiempo determinado produciendo efectos adversos en un sistema. Se expresa matemáticamente como la probabilidad de ocurrencia de un evento de una cierta intensidad, en un sitio específico y durante un tiempo de exposición definido.

Análisis fisicoquímico del agua. Pruebas de laboratorio que se efectúan a una muestra para determinar sus características físicas, químicas o ambas.

Análisis microbiológico del agua. Pruebas de laboratorio que se efectúan a una muestra para determinar la presencia o ausencia, tipo y cantidad de microorganismos.

Análisis organoléptico. Se refiere a olor, sabor y percepción visual de sustancias y materiales flotantes y/o suspendidos en el agua.

Aprovechamiento. Es el proceso mediante el cual, a través de un manejo integral de los residuos sólidos, los materiales recuperados se reincorporan al ciclo económico y productivo en forma eficiente, por medio de la reutilización, el reciclaje, el tratamiento térmico con fines de generación de energía y obtención de subproductos, la estabilización de la fracción orgánica o cualquier otra modalidad que conlleve beneficios sanitarios, ambientales y/o económicos.

Área de aislamiento y amortiguamiento ambiental: Corresponde al área perimetral de un relleno sanitario, en donde se establecerán actividades tales como plantaciones forestales, que permitan la reducción de impactos. Es decir, corresponde al área de transición entre el área donde se realizará la disposición final de residuos sólidos, mediante la tecnología de relleno sanitario, y su entorno.

Área pública. Es aquella destinada al uso, recreo o tránsito público exceptuando aquellos espacios cerrados y con restricciones de acceso.

Bacteria. Grupo de organismos microscópicos unicelulares, rígidos carentes de clorofila, que desempeñan una serie de procesos de tratamiento que incluyen oxidación biológica, fermentaciones, digestión, nitrificación y denitrificación.

Barrido y limpieza de vías y áreas públicas. Es el conjunto de actividades que se ejecutan de forma manual o mecánica, tendientes a dejar las áreas públicas libres de todo residuo sólido esparcido o acumulado. Por sus características el proceso de barrido y recolección de los residuos de dicho barrido, hacen parte de la actividad principal de recolección del servicio público domiciliario de aseo.

Biodegradable. Cualidad de un compuesto químico o sustancia de poder ser degradado por acción biológica.

Biogás. Mezcla de gases, producto del proceso de descomposición anaeróbica de la materia orgánica o biodegradable, cuyo componente principal es el gas metano.

Botadero a cielo abierto. Sitio de acumulación de residuos sólidos que no cumple con las disposiciones vigentes o crea riesgos para la salud y seguridad humana o para el ambiente en general.

Cadena de custodia. Es un sistema documentado que se aplica a los elementos materiales (muestras) y evidencias físicas recolectados por las personas responsables del manejo de los mismos desde el momento de su recolección hasta su disposición final, lo que permite no solo garantizar su autenticidad, sino demostrar que se han aplicado procedimientos estandarizados para asegurar las condiciones de identidad, integridad, preservación, seguridad, continuidad y registro. Esto permite garantizar autenticidad de las muestras y asegurar las características originales de las muestras desde la recolección (toma), embalaje, transporte, análisis, almacenamiento y disposición final de las mismas.

Caja de almacenamiento. Es el recipiente metálico o de cualquier otro material técnicamente apropiado, para el depósito temporal de residuos sólidos de un multiusuario del servicio público de aseo o de grandes productores, que se ubican en sitios preestablecidos y en condiciones herméticas y que facilite el manejo o remoción por medios mecánicos o manuales.

Caracterización de los residuos. Determinación de las características cualitativas y cuantitativas de los residuos sólidos, identificando sus contenidos y propiedades.

Carga contaminante. Producto de la concentración media de un parámetro fisicoquímico por el caudal medio determinado en el mismo sitio; se expresa en kilogramos por día (kg/d).

Carga orgánica. Producto de la concentración media de DBO por el caudal medio determinado en el mismo sitio; se expresa en kilogramos por día (Kg/d).

Celda. Infraestructura ubicada en el relleno sanitario, donde se esparcen y compactan los residuos durante el día para cubrirlos totalmente al final del mismo.

Celda de seguridad. Infraestructura que podrá ser ubicada en las áreas en donde se realizará la disposición final de residuos sólidos, mediante la tecnología de relleno sanitario, en donde se confinarán y aislarán del ambiente los residuos peligrosos previo de las normas ambientales en materia de residuos peligrosos.

Cenizas residuales o cenizas de fondo (Bottom ash). Material sólido que permanece en la cámara de combustión o cae a través de las parrillas después que el procesamiento térmico se ha completado.

Cenizas volantes (Fly ash). Partículas residuales no combustibles emitidas o transportadas por los gases de combustión.

Centro de acopio: Lugar en el cual se desarrollan acciones tendientes a reunir productos desechados o descartados por el consumidor al final de su vida útil, en un lugar acondicionado para tal fin, de manera segura y ambientalmente adecuada, a fin de facilitar su recolección y posterior manejo integral.

Certificado de conformidad. Documento emitido de acuerdo con las reglas de un sistema de certificación, en el cual se manifiesta adecuada confianza de que un producto, proceso o servicio debidamente identificado esta conforme con una norma técnica u otro documento normativo específico.

Coagulación. Aglutinación de las partículas suspendidas y coloidales presentes en el agua mediante la adición de coagulantes.

Coagulantes. Sustancias químicas que inducen el aglutinamiento de las partículas muy finas, ocasionando la formación de partículas más grandes y pesadas.

Cobertura diaria: Capa de material natural y/o sintético con que se cubren los residuos depositados en el relleno sanitario durante un día de operación.

Cobertura final: Revestimiento de material natural o sintético que confina el total de las capas de que consta un relleno sanitario, para facilitar el drenaje superficial, interceptar las aguas filtrantes y soportar la vegetación superficial.

Coefficiente de rugosidad. Medida de la rugosidad de una superficie, que depende del material y del estado de la superficie interna de una tubería.

Coliformes. Bacterias Gram negativas de forma alargada, capaces de fermentar lactosa con producción de gas a la temperatura de 35 °C o 37 °C (coliformes totales). Aquellas que tienen las mismas propiedades a la temperatura de 44 o 44.5 °C se denominan coliformes fecales. Se utilizan como indicadores de contaminación biológica.

Cogeneración. Proceso de producción combinada de energía eléctrica y energía térmica, que hace parte integrante de una actividad productiva, destinadas ambas al consumo propio o de terceros y destinadas a procesos industriales o comerciales.

Combustión Interna. Es aquella en la que el calor se libera en el interior del equipo debido a la combustión de los carburantes que se emplean en los motores de explosión.

Combustión Externa. Es el proceso en el cual, el combustible es utilizado para formar vapor fuera del equipo y parte de la energía interna del vapor se emplea para realizar trabajo en el interior del equipo.

Compactación: Proceso mediante el cual en la celda se incrementa el peso específico (densidad en unidades métricas) de los residuos sólidos, con el cual se garantiza homogeneidad del material y estabilidad de la celda.

Compost. Producto final del proceso de compostaje.

Compostaje. Proceso de bioxidación aerobia de materiales orgánicos que conduce a una etapa de maduración mínima (estabilización), se convierten en un recurso orgánico estable y seguro para ser utilizado en la agricultura.

Contaminación: Es la alteración del medio ambiente por sustancias o formas de energía puestas allí por la actividad humana o de la naturaleza en cantidades, concentraciones o niveles capaces de interferir con el bienestar y la salud de las personas, atentar contra la flora y/o la fauna, degradar la calidad del medio ambiente o afectar los recursos de la Nación o de los particulares.

Contrato de Acceso al servicio público de aseo en la actividad complementaria de disposición final. Son los contratos de prestación del servicio público de aseo en la actividad complementaria de disposición final, que celebran un operador de un relleno sanitario y las personas contratantes del acceso a dicho servicio, de acuerdo con lo establecido en la normatividad vigente y en el reglamento operativo de cada relleno sanitario.

Contratante del acceso al servicio de aseo en la actividad complementaria de disposición final: Es todo aquel que realiza contratos de acceso al servicio de aseo en la actividad complementaria de disposición final, con un operador de un sistema de relleno sanitario.

Coprocesamiento. Es el ingreso de sustancias, productos, desechos o residuos a hornos de producción de Klínker en plantas de cemento, las cuales manejan temperaturas de combustión entre 1.100 °C y 2.000 °C, con tiempo de retención de gases mayores a cuatro segundos para que dichos materiales sean dispuestos de forma final y segura y sin riesgos para la salud o el medio ambiente.

Cultura de la no basura. Es el conjunto de costumbres y valores de una comunidad que tienden a la reducción de las cantidades de residuos generados por cada uno de sus habitantes y por la comunidad en general, así como al aprovechamiento de los residuos potencialmente reutilizables.

Chimenea. Estructura de ventilación que permite la salida de los gases producidos por la biodegradación de los residuos sólidos.

Densidad: Masa o cantidad de materia de los residuos, contenida en una unidad de volumen, en condiciones específicas.

Descomposición anaerobia. Degradación de la materia orgánica en ausencia de oxígeno molecular por efecto de microorganismos. Usualmente va acompañada de la generación de ácidos y gas metano.

Dioxinas y Furanos. Son compuestos de origen antropogénico y/o producto de la combustión o subproductos no deseados en diferentes reacciones químicas de procesos industriales. Veintiuno (21) de sus congéneres son clasificados como altamente tóxicos en cantidades pequeñas. Los policlorodibenzo-p-dioxinas (PCDDs) y los policlorodibenzofuranos (PCDFs) son dos familias de hidrocarburos aromáticos halogenados tricíclicos que engloban un total de 210 compuestos: 75 PCDDs y 135 PCDFs, constituidos por dos anillos bencénicos unidos entre sí, que poseen entre uno y hasta ocho átomos de cloro como sustitutos de sus enlaces. Estos compuestos son comúnmente conocidos como dioxinas y furanos. Las PCDDs se encuentran unidas por dos átomos de oxígeno y en el caso de los PCDFs por un átomo de oxígeno y un enlace carbono-carbono y cuyos átomos de hidrógeno pueden ser sustituidos hasta por ocho átomos de Cloro.

Disposición final de residuos sólidos. Es el proceso de aislar y confinar los residuos sólidos en especial los no aprovechables, en forma definitiva, en lugares especialmente seleccionados y diseñados para evitar la contaminación, y los daños o riesgos a la salud humana y al medio ambiente.

Eliminación. Es cualquiera de las operaciones que pueden conducir a la disposición final o a la recuperación de recursos, al reciclaje, a la regeneración, al compostaje, la reutilización directa y a otros usos.

Emisión. Descarga de una sustancia o elemento al aire, en estado sólido, líquido o gaseoso, o en alguna combinación de estos, provenientes de una fuente fija o móvil.

Emisión Fugitiva. Es la emisión ocasional de material contaminante.

Escombros. Es todo residuo sólido sobrante de las actividades de construcción, reparación o demolición, de las obras civiles o de otras actividades conexas, complementarias o análogas.

Escombros Contaminados. Escombros mezclados con residuos sólidos ordinarios.

Estaciones de Separación. Son las instalaciones técnicamente diseñadas con criterios de ingeniería, operada ambientalmente y con eficiencia económica, dedicadas a realizar actividades de: separación y clasificación de fracciones de residuos, aprovechamiento y valorización, almacenamiento. Los vehículos recolectores que llegan a la Estación de Separación transportan residuos que han sido recogidos a partir de procesos de separación en la fuente y recolección selectiva. Las fracciones de rechazo se trasladan a vehículos recolectores o a vehículos de transporte hacia su disposición final.

Estaciones de Transferencia. Son las instalaciones técnicamente diseñadas con criterios de ingeniería, operada ambientalmente y con eficiencia económica, dedicadas al traslado de residuos sólidos desde los vehículos recolectores a vehículos de mayor capacidad de carga con características para el transporte por carretera, que los transporta hasta su sitio de aprovechamiento o disposición final.

Estudio de evaluación de impacto ambiental. Estudio destinado a identificar y evaluar los potenciales impactos positivos y negativos que pueda causar la implementación, operación, futuro inducido, mantenimiento y abandono de un proyecto, obra o actividad, con el fin de establecer las correspondientes medidas para evitar, mitigar o controlar aquellos que sean negativos e incentivar los positivos.

Estudio de impacto ambiental (EIA). Es el conjunto de la información que deberá presentar ante la autoridad ambiental competente el peticionario de una Licencia Ambiental. El Estudio de impacto ambiental contendrá información sobre localización del proyecto, y los elementos abióticos, bióticos y socioeconómicos del medio que puedan sufrir deterioro por la respectiva obra o actividad, para cuya ejecución se pide la licencia, y la evaluación de los impactos que puedan producirse. Además, incluirá el diseño de los planes de prevención, mitigación, corrección y compensación de impactos y el plan de manejo ambiental de la obra o actividad.

Estudio geotécnico. Se define como estudio geotécnico todas las actividades complementarias definidas en las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente, o los decretos que lo reemplacen o complementen, cuyo objetivo sea garantizar la estabilidad de las obras lineales para la instalación de ductos y redes.

Evaluación del riesgo ambiental: Evaluación cualitativa y cuantitativa del riesgo posado sobre la salud humana o sobre el ambiente por la presencia actual o potencial y/o por el uso de un contaminante específico.

Evaluación del riesgo de la prestación del servicio. Definición, clasificación y calificación que la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, con base en los informes de la autoridad ambiental y los análisis comerciales, económicos y financieros de la persona prestadora del servicio público de aseo en el componente de disposición final, debe efectuar sobre la prestación del servicio en forma continua e interrumpida.

Fallas técnicas. Se consideran fallas técnicas en la prestación del servicio de disposición final el incumplimiento de alguna o varias normas técnicas para la construcción operación y mantenimiento de alguno de los componentes del servicio público de aseo y como consecuencia de esto la falta de continuidad en el servicio y la generación de externalidades ambientales negativas.

Floculación. Aglutinación de partículas inducida por una agitación lenta de la suspensión coagulada.

Flotación. Proceso de separación de los sólidos del agua mediante adhesión de micro burbujas de aire a las partículas para llevarlas a la superficie.

Frente de trabajo. Sitio en el relleno sanitario donde se realizan los procesos de descargue, acomodación, compactación y cobertura de los residuos sólidos entregados para disposición final.

Fuente de Emisión. Es toda actividad, proceso u operación, realizado por los seres humanos, o con su intervención, susceptible de emitir contaminantes al aire.

Fuente Fija. Es la fuente de emisión situada en un lugar determinado e inamovible, aun cuando la descarga de contaminantes se produzca en forma dispersa.

Fuente Fija Dispersa o Difusa. Es aquella en que los focos de emisión de una fuente fija se dispersan en un área, por razón del desplazamiento de la acción causante de la emisión, como por ejemplo, en el caso de las quemas abiertas controladas en zonas rurales.

Fuente Fija Puntual. Es la fuente fija que emite contaminantes al aire por ductos o chimeneas.

Gas generado en el relleno. Es el gas producido durante el proceso de fermentación anaerobia y/o aerobia, o por efectos de reacciones químicas de los residuos sólidos dispuestos.

GCL. Revestimiento de Arcilla Geosintética. Materiales compuestos de bentonita y geosintéticos que pueden ser usados como barrera hidráulica o de infiltración.

Generador o productor. Persona que produce residuos sólidos y es usuaria del servicio.

Generador de residuos peligrosos. Cualquier persona cuya actividad produzca residuos o desechos peligrosos. Si la persona es desconocida será la persona que está en posesión de estos residuos. El fabricante o importador de un producto o sustancia química con propiedad peligrosa, para los efectos del presente decreto se equipara a un generador, en cuanto a la responsabilidad por el manejo de los embalajes y residuos del producto o sustancia.

Geocompuesto. Elemento empleado para el drenaje de los lixiviados o cualquier otro fluido que deba captarse, conducirse y evacuarse y que está compuesto por un Geotextil no tejido, una red sintética y una tubería corrugada perforada de drenaje.

Geomembrana. Producto sintético polimérico en forma laminar, continua y flexible, utilizada como barrera impermeable de líquidos u otros fluidos en proyectos de ingeniería. Poseen propiedades mecánicas, físicas, químicas y biológicas que las diferencian en su potencial uso y aplicación.

Geotextil. Material natural o sintético o combinación de ambos, los cuales se asemejan estructuralmente a textiles, los cuales se pueden enrollar, cortar y coser. Son resistentes a la tensión y al punzonamiento y se utilizan como elementos de refuerzo, separación, filtración, protección o barrera en obras de ingeniería.

Geotextil no Tejido. Tipo de Geotextil cuyas fibras están aleatoriamente distribuidas, proporcionándole propiedades hidráulicas importantes por su alta capacidad filtrante y drenante.

Geotextil Tejido. Tipo de Geotextil en el cual las fibras tienen un patrón de distribución proporcionándole alta resistencia a la tensión.

Gestión integral de residuos sólidos. Es el conjunto de operaciones y disposiciones encaminadas a dar a los residuos producidos, el destino más adecuado desde el punto de vista ambiental, de acuerdo con sus características, volumen, procedencia, costos de tratamiento, posibilidades de recuperación, aprovechamiento, comercialización y disposición final.

Grandes generadores o productores. Son los Usuarios no residenciales que generan y presentan para la recolección residuos sólidos en volumen superior a un (1,0) metro cúbico mensual.

Granulometría. Técnica para la medida del tamaño de los granos o partículas y estudio de la distribución de los mismos con arreglo a una escala de clasificación.

Impacto ambiental. Cualquier alteración en el sistema ambiental biótico, abiótico y socioeconómico, que sea adverso o beneficioso, total o parcial, que pueda ser atribuido al desarrollo de un proyecto, obra o actividad.

Incineración. Procesamiento térmico de residuos sólidos, líquidos o gaseosos mediante la oxidación química con cantidades estequiométricas o en exceso de oxígeno. Proceso de reducir los desechos material inerte (escoria) y a productos gaseosos completamente oxidados mediante la combustión.

Incinerador. Equipo destinado a la incineración de residuos, mediante procesos térmicos, constituido principalmente por dos cámaras instaladas de tal manera que los gases generados por la combustión parcial de los residuos en la primera cámara pasan a una segunda cámara o de poscombustión dentro de regímenes de tiempo y temperatura controlados permitiendo una combustión total, para lo cual cada cámara debe contar con sus respectivos dispositivos de control de temperatura y quemadores.

Infiltración: Proceso mediante el cual el agua penetra desde la superficie del terreno hacia el suelo.

Instalaciones de drenaje para aguas superficiales. Es el conjunto de elementos y dispositivos que componen un sistema de drenaje diseñado con el propósito de separar y conducir la escorrentía superficial de los alrededores y también la de la superficie con cobertura al interior de los rellenos sanitarios.

Instalación de Incineración o Planta de Incineración. Instalación en donde se opere uno o más incineradores, cuya capacidad está determinada por la suma de las capacidades de operación nominal individual de cada incinerador y cuya principal actividad sea la incineración de residuos. Deben contar con instalaciones para recepción y almacenamiento de residuos, sistemas de alimentación de residuos, combustible y aire, horno Incinerador, dispositivos y sistemas de control de las operaciones de incineración, de registro y de seguimiento de las condiciones de incineración (temperaturas en las cámaras y chimenea, emisiones), chimenea, instalaciones de tratamiento de los gases de combustión si la instalación de incineración lo

requiere para el cumplimiento de la normatividad, instalaciones de tratamiento y almacenamiento in situ de los residuos de la incineración.

Kárstico. Dicho de una formación caliza producida por la acción erosiva o disolvente del agua.

Laguna aireada. Estanque natural o artificial de tratamiento de aguas residuales en el cual se suple el abastecimiento de oxígeno por aeración mecánica o difusión de aire comprimido. Es una simplificación del proceso de lodos activados y según sus características se distinguen cuatro tipos de lagunas aireadas 1. Laguna aireada de mezcla completa, 2. Laguna aireada facultativa, 3. Laguna facultativa con agitación mecánica y 4. Laguna de oxidación aireada.

Laguna anaerobia. Laguna con alta carga orgánica en la cual se efectúa el tratamiento en ausencia de oxígeno disuelto (molecular), con la producción de gas metano y otros gases como el sulfuro de hidrógeno (H₂S).

Laguna de estabilización. Se entiende por lagunas de estabilización los estanques construidos en tierra, de poca profundidad (1-4 m) y períodos de retención considerable (1-40 días). En ellas se realizan de forma espontánea procesos físicos, químicos, bioquímicos y biológicos, conocidos con el nombre de auto depuración o estabilización natural. La finalidad de este proceso es entregar un efluente de características múltiples establecidas (DBO₅, DQO, OD, SS, algas, nutrientes, parásitos, entero bacterias, coliformes, etc.).

Laguna de maduración. Laguna de estabilización diseñada para tratar efluente secundario o agua residual previamente tratada por un sistema de lagunas (anaerobia - facultativa, aireada – facultativa o primaria - secundaria). Originalmente concebida para reducir la población bacteriana.

Laguna facultativa. Laguna de coloración verdosa cuyo contenido de oxígeno varía de acuerdo con la profundidad y hora del día. En el estrato superior de una laguna facultativa primaria existe una simbiosis entre algas y bacterias, en presencia de oxígeno; en los estratos inferiores se produce una biodegradación anaerobia de los sólidos sedimentables.

Lecho de filtración. Medio constituido por material granular poroso por el que se hace percolar un flujo.

Lechos de secado. Dispositivos que eliminan una cantidad de agua suficiente de lodos para que puedan ser manejados como material sólido.

Lixiviado. Líquido residual generado por la descomposición biológica de la parte orgánica o biodegradable de los residuos sólidos bajo condiciones aeróbicas o anaeróbicas y/o como resultado de la percolación de agua a través de los residuos en proceso de degradación.

Lodo. Suspensión de materiales en un líquido proveniente del tratamiento de aguas residuales, del tratamiento de efluentes líquidos o de cualquier actividad que lo genere.

Lodos activados Procesos de tratamiento biológico de aguas residuales en ambiente químico aerobio, donde las aguas residuales son aireadas en un tanque que contiene una alta

concentración de microorganismos degradadores. Esta alta concentración de microorganismos se logra con un sedimentador que retiene los flóculos biológicos y los retorna al tanque aireado.

Macro ruta. Es la División geográfica de un municipio, población o zona para la distribución de los recursos y equipos a fin de optimizar el servicio.

Manejo. Es el conjunto de actividades que se realizan desde la generación hasta la eliminación del residuo o desecho sólido. Comprende las actividades de separación en la fuente, presentación, recolección, transporte, almacenamiento, tratamiento y/o la eliminación de los residuos o desechos sólidos.

Manejo de aguas superficiales. Es el control de todas las aguas superficiales con el propósito de eliminar o reducir el caudal de agua que entra al relleno sanitario y a la vez disminuir la generación de lixiviados.

Mantenimiento. Conjunto de acciones que se ejecutan en las instalaciones y/o equipos para prevenir daños o para la reparación de los mismos cuando se producen.

Mantenimiento correctivo. Conjunto de actividades que se deben llevar a cabo cuando un equipo, instrumento o estructura ha tenido una parada forzosa o imprevista.

Mantenimiento preventivo. Conjunto de actividades que se llevan a cabo en un equipo, instrumento o estructura, con el propósito de que opere a su máxima eficiencia de trabajo, evitando que se produzcan paradas forzosas o imprevistas.

Material de cobertura. Material de origen natural o sintético, utilizado para cubrir los residuos sólidos depositados en un relleno sanitario.

Material particulado. Partículas sólidas o líquidas finas como polvos, neblina, smog etc. encontradas en el aire o en las emisiones.

Medidas de compensación. Son las acciones dirigidas a resarcir y retribuir a las comunidades, las regiones, localidades y al entorno natural por los impactos o efectos negativos generados por un proyecto, obra o actividad, que no puedan ser evitados, corregidos, mitigados o sustituidos.

Membrana. Barrera constituida por material sintético, arcillas u otros materiales de baja permeabilidad, destinadas a impermeabilizar el fondo de un relleno sanitario.

Metales pesados. Son elementos que tienen un peso molecular relativamente alto. Usualmente tienen una densidad superior a 5,0 g/cm³ por ejemplo, plomo (Pb), plata (Ag), mercurio (Hg), cadmio (Cd), cobalto (Co), cobre (Cu), hierro (Fe), molibdeno (Mo), níquel (Ni), zinc (Zn).

Microruta. Es la descripción detallada a nivel de las calles y manzanas del trayecto de un vehículo o cuadrilla, para la prestación del servicio de recolección o del barrido manual o mecánico, dentro del ámbito de una frecuencia predeterminada.

Monitoreo. Actividad consistente en efectuar observaciones, mediciones y evaluaciones continuas de una característica, elemento, parámetro o de un proceso en un sitio y periodo

determinados, con el objeto de verificar los impactos y riesgos potenciales hacia el ambiente y la salud pública.

Multiusuarios del servicio público domiciliario de aseo. Son todos aquellos usuarios agrupados en unidades inmobiliarias, centros habitacionales, conjuntos residenciales, condominios o similares bajo el régimen de propiedad horizontal vigente o concentrados en centros comerciales o similares, que se caracterizan porque presentan en forma conjunta sus residuos sólidos a la persona prestadora del servicio en los términos de la normativa y que hayan solicitado el aforo de sus residuos para que esta medición sea la base de la facturación del servicio ordinario de aseo. La persona prestadora del servicio facturará a cada inmueble en forma individual, en un todo de acuerdo con la regulación que se expida para este fin.

Nivel freático. Profundidad de la superficie de un acuífero libre con respecto a la superficie del terreno.

Norma de Emisión. Es el valor de descarga permisible de sustancias contaminantes, establecido por la Autoridad ambiental competente, con el objeto de cumplir la norma de calidad del aire.

Optimización. Proceso de diseño y/o construcción para lograr la mejor armonía y compatibilidad entre los componentes de un sistema o incrementar su capacidad o la de sus componentes, aprovechando al máximo todos los recursos disponibles.

Pequeños generadores o productores. Es todo usuario no residencial que genera residuos sólidos en volumen menor a un metro cúbico (1,0 m³).

Plan de manejo ambiental. Es el conjunto detallado de actividades, que producto de una evaluación ambiental, están orientadas a prevenir, mitigar, corregir o compensar los impactos y efectos ambientales que se causen por el desarrollo de un proyecto, obra o actividad. Incluye los planes de seguimiento, monitoreo, contingencia, y abandono según la naturaleza del proyecto, obra o actividad.

Plan de Ordenamiento Territorial. Conjunto de acciones político administrativas y de planificación física concertadas, que permiten disponer de instrumentos eficientes para orientar el desarrollo del territorio y regular la utilización, transformación y ocupación del espacio, de acuerdo con las estrategias de desarrollo socioeconómico y en armonía con el medio ambiente y las tradiciones históricas y culturales de un municipio o distrito.

Permeabilidad. Propiedad que tiene los cuerpos de permitir el paso de un fluido a través de él.

Persona prestadora del servicio público de aseo. Es aquella encargada de todas, una o varias actividades de la prestación del servicio público de aseo, en los términos del Artículo 15 de la Ley 142 de 1994.

Plan de trabajo y construcción. Es el documento que debe llevar diariamente el operador, en donde se detallan las actividades realizadas, fecha de inicio y de terminación, persona

responsable y personal utilizado para su ejecución, cumplimiento del reglamento operativo, presupuesto, maquinaria y equipo utilizado con el respectivo rendimiento, inconvenientes y soluciones adoptadas, condiciones climáticas y cumplimiento de las medidas de control, mitigación, prevención y compensación ejecutadas.

Población flotante. Población de alguna localidad que no reside permanentemente en ella y que la habita por un periodo corto de tiempo por razones de trabajo, turismo o alguna otra actividad temporal.

Precipitación. Cantidad de agua lluvia caída en una superficie durante un tiempo determinado.

Presentación. Es la actividad del usuario de envasar, empacar e identificar todo tipo de residuos sólidos para su almacenamiento y posterior entrega a la entidad prestadora del servicio de aseo para aprovechamiento, recolección, transporte, tratamiento y disposición final.

Presentación separada y diferenciada. Es la actividad que debe realizar el usuario de la prestación del servicio de aseo, cuando en el Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos – PGIRS adoptado por el Municipio o Distrito, se haya establecido esta actividad como viable ambiental, técnica y financieramente y se determine como obligatoria para la presentación de los residuos a la entidad prestadora del servicio.

Prestación directa de la actividad complementaria de disposición final por un Municipio. Es la que asume directamente un Municipio, bajo su propia responsabilidad técnica, operativa, comercial, económica, institucional y financiera, con su propio personal y con su patrimonio.

Prestación eficiente del servicio público de aseo. Es el servicio que se presta con la tecnología apropiada a las condiciones locales, frecuencias y horarios de recolección y barrido establecidos, dando la mejor utilización social y económica a los recursos administrativos, técnicos y financieros disponibles en beneficio de los usuarios de tal forma que se garantice la salud pública y la preservación del medio ambiente.

Procedimiento para acceder al servicio de disposición final. Son los requisitos, procesos y acciones establecidas en el Reglamento Operativo de cada relleno sanitario, que deberán cumplir las personas contratantes del servicio público de aseo en la actividad complementaria de disposición final y que implica el pago de una remuneración, de acuerdo con las normas regulatorias vigentes.

Procesamiento térmico de residuos. Transformación de los residuos en productos de conversión ya sean gaseosos, líquidos y sólidos, lo cual esta acompañado con un requerimiento de combustible, comburente y generación de energía.

Producción limpia. Reorientación de los sectores productivos, dentro de una dimensión ambiental hacia formas de gestión y uso de tecnologías ambientalmente sanas, aumentando la eficiencia en el uso de recursos energéticos e hídricos, sustitución de insumos, optimización de procesos, modificación de productos y minimización de residuos sólidos especialmente de los no aprovechables.

Producción diaria *per cápita*. Cantidad de residuos sólidos generada por una persona o un usuario, expresada en términos de Kg./hab - día o Kg./usuario - mes respectivamente o

unidades equivalentes, de acuerdo con los aforos y el número de personas por hogar estimado por el DANE o número de usuarios.

Productos de la combustión. Sustancias producidas durante la quema o incineración de materiales.

Puesta en marcha. Actividades que se realizan cuando un sistema va a empezar a funcionar al final de la etapa constructiva.

Punto de descarga. Ducto, chimenea, dispositivo o sitio por donde se emiten los contaminantes, ya sea a la atmósfera, al suelo o a un cauce receptor

Radio de Giro. El espacio mínimo absoluto para ejecutar un giro de 180° en el sentido del movimiento de las agujas del reloj, queda definido por la trayectoria que sigue la rueda delantera izquierda del vehículo (trayectoria exterior) y por la rueda trasera derecha (trayectoria interior). Además de la trayectoria exterior, debe considerarse el espacio libre requerido por la sección en volado que existe entre el primer eje y el parachoques, o elemento más sobresaliente. La trayectoria exterior queda determinada por el radio de giro mínimo propio del vehículo y es una característica de fabricación. La trayectoria interior depende de la trayectoria exterior, del ancho del vehículo, de la distancia entre el primer y último eje y de la circunstancia que estos ejes pertenecen a un camión del tipo unidad rígida o semirremolque articulado.

Reactor. Estructura hidráulica en la cual un proceso químico, físico o biológico se lleva a cabo.

Receptor. Persona prestadora del servicio público de aseo en la actividad complementaria de disposición final de residuos sólidos, quien los recibe para darles una disposición acorde con las normas técnicas y ambientales vigentes.

Reciclador. Es la persona natural o jurídica que presta el servicio público de aseo en la actividad de aprovechamiento.

Reciclaje: Proceso mediante el cual se aprovecha y transforman los residuos sólidos recuperados y se devuelve a los materiales su potencialidad de reincorporación como materia prima para la fabricación de nuevos productos. El reciclaje puede constar de varias etapas: procesos de tecnologías limpias, reconversión industrial, separación, recolección selectiva, acopio, reutilización, transformación y comercialización.

Recolección. Acción y efecto de recoger y retirar los residuos sólidos de uno o varios generadores, efectuada por la persona prestadora del servicio.

Recolección en acera. Es la que se efectúa cuando los residuos sólidos son presentados por los usuarios para su recolección en el andén ubicado frente a su predio o domicilio.

Recolección en esquinas. Sistema de recolección conjunta en el que los residuos de un sector son colocados en una zona (esquina) próxima a la vivienda, cuando no es viable el acceso por parte de los vehículos del servicio para la recolección puerta a puerta.

Recolección en unidades de almacenamiento. Es la que se efectúa cuando los residuos sólidos generados por los usuarios se presentan para su recolección en forma conjunta en cajas de almacenamiento.

Recuperación. Es la acción que permite seleccionar y retirar los residuos sólidos que pueden someterse a un nuevo proceso de aprovechamiento, para convertirlos en materia prima útil en la fabricación de nuevos productos.

Reducción en el origen. Forma más eficaz de reducir la cantidad, peso y volumen, de los residuos, así como el costo asociado a su manipulación y los impactos ambientales. Se encuentra en primer lugar en la jerarquía de una gestión integrada de residuos sólidos.

Reglamento operativo de los rellenos sanitarios. Corresponde al compendio de requisitos, procedimientos y acciones internas de operación y funcionamiento, aplicable al personal del operador y a las personas contratantes del acceso a cada relleno sanitario.

Reglamento técnico. Reglamento de carácter obligatorio expedido por la autoridad competente, con fundamento en la Ley, que suministra requisitos técnicos, bien sea directamente o mediante referencia o incorporación del contenido de una norma nacional, regional o internacional, una especificación técnica o un código de buen procedimiento.

Relleno sanitario. Es el lugar técnicamente seleccionado, diseñado y operado para la disposición final controlada de los residuos sólidos, sin causar peligro, daño o riesgo a la salud pública, minimizando y controlando los impactos ambientales y utilizando principios de ingeniería, para la confinación y aislamiento de los residuos sólidos en un área mínima, con compactación de residuos, cobertura diaria de los mismos, control de gases y lixiviados, y cobertura final.

Relleno Sanitario Manual. Relleno sanitario que es construido y operado sin necesidad de utilizar maquinaria diferente a la mano de obra.

Relleno Sanitario Mecanizado. Relleno sanitario que es construido y operado con maquinaria especializada.

Remediación. Conjunto de medidas a las que se someten los sitios contaminados para reducir o eliminar los contaminantes hasta un nivel seguro para la salud y el ambiente o prevenir su dispersión en el ambiente sin modificarlos.

Residuo o desecho peligroso. Es aquel residuo o desecho que por sus características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables, infecciosas o radiactivas puede causar riesgo o daño para la salud humana y el ambiente. Así mismo, se considera residuo o desecho peligroso los envases, empaques y embalajes que hayan estado en contacto con ellos.

Residuo sólido o desecho. Es cualquier objeto, material, sustancia o elemento sólido resultante del consumo o uso de un bien en actividades domésticas, industriales, comerciales, institucionales, o de servicios, que el generador abandona, rechaza o entrega y que es susceptible de aprovechamiento o transformación en un nuevo bien, con valor económico o de disposición final. Los residuos sólidos se dividen en aprovechables y no aprovechables.

Igualmente se consideran como residuos sólidos aquellos provenientes del barrido y limpieza de áreas y vías públicas, corte de césped y poda de árboles.

Reutilización. Es la prolongación y adecuación de la vida útil de los residuos sólidos recuperados y que mediante procesos, operaciones o técnicas devuelven a los materiales su posibilidad de utilización en su función original en alguna relacionada, sin que para ello requieran de procesos adicionales de transformación.

Riesgo. Potenciales consecuencias económicas, sociales o ambientales que se pueden generar como resultado de los daños o la pérdida de función de un sistema durante un tiempo de exposición definido. Se expresa matemáticamente, como la probabilidad de exceder una pérdida en un sitio y durante un lapso determinado, resultado de relacionar la vulnerabilidad del sistema y la amenaza a la cual se encuentra sometido. Es la medida de la probabilidad de que un daño a la vida, a la salud, a alguna propiedad y/o al ambiente pueda ocurrir como resultado de un peligro dado.

Ruta de reciclaje: Recorrido necesario para recoger los residuos separados en origen.

Separación en la fuente: Clasificación de los residuos sólidos en el sitio donde se generan para su posterior recuperación.

Separación y diferenciación de residuos sólidos: Es la actividad de clasificar, separar, almacenar en forma diferenciada, los residuos producidos por los usuarios del servicio público de aseo antes de su presentación a la persona prestadora del servicio, de acuerdo con los parámetros y especificaciones definidas en el PGIRS municipal, distrital o regional, según sea el caso.

Servicio público domiciliario de aseo: Es el servicio definido como servicio ordinario de aseo.

Sistemas de control para aguas superficiales: Conjunto de actividades, dispositivos y procesos que evitan la acumulación y el ingreso de aguas de escorrentía al relleno sanitario, incluyendo instalaciones de drenaje de aguas superficiales y estanques para almacenamiento de aguas lluvias.

Sistema de Control de Emisiones. Conjunto ordenado de equipos, elementos o maquinaria que se utilizan para el desarrollo de acciones destinadas al logro de resultados medibles y verificables de reducción o mejoramiento de las emisiones atmosféricas generadas en un proceso productivo.

Sistemas de manejo y tratamiento de lixiviados. Es el conjunto de procesos, instalaciones, dispositivos y operaciones unitarias o técnicas mediante los cuales se modifican las características de los lixiviados producidos en el relleno sanitario, con el propósito de minimizar los impactos ambientales y los riesgos para la salud humana.

Sistemas de recolección de l

ixiviados. Es el conjunto de elementos interrelacionados conformado por accesorios, tuberías y/o canales en materiales naturales y sintéticos, complementados de un sistema de

impermeabilización, que permite captar, conducir y evacuar los lixiviados producidos en el relleno sanitario y los conducen al sistema de manejo de lixiviados.

Sistemas para recuperación de energía a partir del gas generado en el relleno sanitario.

Es el conjunto de procesos, instalaciones y dispositivos mediante los cuales el gas generado en el relleno sanitario es aprovechado para convertirlo en electricidad haciendo uso de motores de combustión interna o turbinas de gas.

Sistema de recuperación de gases: Es el conjunto de procesos, instalaciones y dispositivos, que incluyen chimeneas y tuberías instaladas con la finalidad de recolectar el gas generado en el relleno sanitario para su control, venteo o aprovechamiento.

Sistema natural de impermeabilización. Es el conjunto de procesos, instalaciones y dispositivos necesarios para el aislamiento, construido con arcilla de baja permeabilidad empleado para evitar la filtración de líquidos percolados y biogás hacia el exterior de la zona del relleno sanitario.

Subsidencia. Hundimiento paulatino del suelo, originado por las cavidades subterráneas producidas por las extracciones mineras.

Suelo de protección. Constituido por las zonas y áreas de terrenos, en suelo rural, que por sus características geográficas, paisajísticas o ambientales, o por formar parte de las zonas de utilidad pública para la ubicación de infraestructuras para provisión de servicios públicos domiciliarios o de las áreas de amenazas y riesgo no mitigable para la localización de asentamientos humanos, tiene restringida la posibilidad de urbanizarse.

Suspensión de obra o actividad. Cese temporal o permanente de la obra o actividad en un relleno sanitario.

Sustancia. Todo elemento químico y sus compuestos, según se presentan en estado natural o producido por la industria, ya sea en forma sólida, líquida o gaseosa.

Temperatura de combustión. Temperatura necesaria para producir la combustión completa de los residuos sólidos. Cuanto mayor sea el contenido de aire en exceso, el contenido de oxígeno en los gases de la chimenea también incrementa y la temperatura de combustión disminuye. La temperatura de los gases de la chimenea es importante desde el punto de vista de control de olores.

Tiempo de residencia de Combustión. Tiempo necesario que deben permanecer los residuos sólidos en la cámara de combustión para que se produzca la combustión completa de los mismos a las condiciones de temperatura y aire en exceso que se tengan.

Trasbordo o transferencia. Es la actividad de trasladar los residuos sólidos de un vehículo a otro por medios mecánicos, evitando el contacto manual y el esparcimiento de los residuos.

Tratamiento. Conjunto de operaciones, procesos o técnicas mediante los cuales se modifican las características de los residuos sólidos, incrementando sus posibilidades de reutilización o para minimizar los impactos ambientales y los riesgos para la salud humana.

Unidad de almacenamiento. Es el área definida y cerrada, en la que se ubican las cajas de almacenamiento en las que el usuario almacena temporalmente los residuos sólidos.

Usuario: Persona natural o jurídica que se beneficia con la prestación de un servicio público, bien como propietario del inmueble en donde este se presta o como receptor directo del servicio.

Usuario residencial. Es la persona natural o jurídica que produce residuos sólidos derivados de la actividad residencial privada o familiar, y se beneficia con la prestación del servicio de aseo. Se considera como servicio de aseo residencial el prestado a aquellos locales que ocupen menos de veinte (20) metros cuadrados de área, exceptuando los que produzcan más de un metro cúbico de residuos sólidos al mes.

Usuario no residencial. Es la persona natural o jurídica que produce residuos sólidos derivados de la actividad comercial, industrial o de servicios, y otros no clasificados como residenciales y se beneficia con la prestación del servicio de aseo.

Vectores: Organismos, generalmente insectos o roedores, que transmiten enfermedades. Medio de transmisión de un patógeno de un organismo a otro.

Vehículo recolector. Vehículo empleado en las actividades de recolección de los residuos en los sitios de generación y su transporte hasta las estaciones de separación y/o transferencia o hasta el sistema de disposición final.

Vehículo transportador. Vehículo empleado en las actividades de transporte de los residuos desde las estaciones de separación y/o transferencia hasta el sistema de disposición final.

Vías de acceso: Vialidad que permite ingresar a un sitio de disposición final.

Vía interior: Vialidad que permite el tránsito interno en un sitio de disposición final.

Vía principal: Vías que hacen parte de la red pública de transporte que permite la intercomunicación entre las entidades territoriales.

Vía pública. Son las áreas destinadas al tránsito público, vehicular o peatonal, o afectadas por él, que componen la infraestructura vial de la ciudad y que comprende: avenidas, calles, carreras, transversales, diagonales, calzadas, separadores viales, puentes vehiculares y peatonales o cualquier otra combinación de los mismos elementos que puedan extenderse entre una y otra línea de las edificaciones.

Vulnerabilidad. Predisposición intrínseca de un sistema de ser afectado o de ser susceptible a sufrir daños o pérdida de su función, como resultado de la ocurrencia de un evento que caracteriza una amenaza.

Zona de falla: Zona donde se producen desplazamientos relativos de una parte de la roca con respecto a la otra, como resultados de los esfuerzos que se generan en la corteza terrestre.

2.3 PROCEDIMIENTO GENERAL DE DISEÑO DE LOS SISTEMAS DE ASEO URBANO

Toda acción relacionada con la planificación, el diseño, la construcción, la operación, el mantenimiento y/o la supervisión técnica de algún sistema de aseo urbano, debe seguir el procedimiento general mostrado a continuación:

2.3.1 PASO 1 - Definición del nivel de complejidad del sistema

Debe definirse el nivel de complejidad del sistema, según se establece en el Título A: Determinación del nivel de complejidad del sistema, para cada uno de los componentes del mismo.

2.3.2 PASO 2 - Justificación del proyecto y definición del alcance

La planificación, diseño, desarrollo e implementación de cualquier proyecto de alguno o todos los componentes de un sistema de aseo urbano, debe tener una justificación basada en un problema de salud pública, de impacto negativo en el ambiente o de bienestar social de la comunidad, el cual ha sido previamente identificado y tiene solución con la ejecución del sistema propuesto, de acuerdo con el Título A: Identificación y Justificación de los Proyectos.

Además, el proyecto propuesto debe cumplir los criterios de priorización establecidos en el Título A. Esquema de priorización de proyectos.

2.3.3 PASO 3 - Conocimiento del marco institucional

El diseñador del sistema debe conocer las competencias de las diferentes entidades relacionadas con la prestación del servicio público domiciliario de aseo urbano, estableciendo responsabilidades y las funciones de cada una, información obtenida del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos – PGIRS municipal.

Las entidades y aspectos que deben identificarse son:

1. Entidad responsable del proyecto
2. Diseñador
3. Rol del municipio, ya sea como prestador del servicio o como administrador del sistema y como responsable de asegurar y garantizar la prestación del servicio en cada componente
4. Empresa de Servicios Públicos y su carácter (Oficial, mixto o privado)
5. Entidades territoriales competentes
6. Entidad reguladora (CRA)
7. Entidades de vigilancia y control (SSPD, Corporaciones Autónomas Regionales y de Desarrollo Sostenible y Grandes Centros Urbanos y/o Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial)
8. Operador de cada componente del servicio
9. Interventor
10. Acciones proyectadas de la comunidad en el sistema
11. Autoridad ambiental competente. (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Corporaciones Autónomas Regionales, de Desarrollo Sostenible y Grandes Centros Urbanos)
12. Fuentes de financiación

2.3.4 PASO 4 - Acciones legales

El diseñador debe conocer todas las leyes, decretos, reglamentos y normas técnicas relacionadas con la conceptualización, planificación, diseño, operación, construcción, mantenimiento, cierre, clausura y postclausura, supervisión técnica y operación de un sistema de aseo urbano o cada uno de sus componentes en particular y en especial el Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos – PGIRS, aprobado para la prestación del servicio público de aseo en el respectivo municipio, siguiendo lo reglamentado en la normativa específica de las autoridades competentes.

Además, deben tomarse las medidas legales necesarias para garantizar y asegurar el adecuado desarrollo del sistema de aseo urbano.

2.3.5 PASO 5 - Aspectos ambientales

Para rellenos sanitarios debe presentarse un estudio sobre el impacto ambiental generado por el proyecto, negativos y/o positivos, en el cual se incluyan una descripción de las obras y acciones de prevención, mitigación y compensación de los efectos en el ambiente propios del proyecto, siguiendo lo establecido en el Capítulo F.7: Rellenos Sanitarios y en el Título I, en lo concerniente a Licencia Ambiental y Licencia de Construcción..

Para proyectos que desarrollen alguno de los componentes del sistema de aseo y que no requieren licencia ambiental, se debe tener en cuenta la necesidad de implementación de Planes de Gestión Ambiental – PMA de autogestión y autocontrol, permisos de vertimiento, permisos de emisiones, concesiones de agua y tasas retributivas.

2.3.6 PASO 6 - Ubicación dentro de los planes de ordenamiento territorial y desarrollo urbano previstos

El diseñador debe conocer los planes de desarrollo y los planes de ordenamiento territorial planteados y aprobados dentro del marco de la Ley 388 de 1997 y establecer las implicaciones que el sistema de aseo urbano tendría dentro de la dinámica del desarrollo urbano.

En particular, el diseño de un sistema de aseo urbano debe contemplar la dinámica de desarrollo urbano prevista en el corto, mediano y largo plazo, de las áreas habitadas y las de desarrollo proyectadas en los próximos años teniendo en cuenta la utilización del suelo, la estratificación socioeconómica, el plan vial y las zonas de conservación y protección de recursos naturales y ambientales entre otros.

2.3.7 PASO 7 - Estudios previos y estudios de factibilidad

Todo proyecto de aseo urbano debe llevar a cabo los estudios previos mencionados en el Título A: Estudios Previos, en lo que tiene que ver con los sistemas de aseo urbano y los estudios de factibilidad técnico - económica deberán estar formulados con base en lo dispuesto en el Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos – PGIRS del respectivo Municipio, en la normativa específica expedida por las autoridades competentes y en las especificaciones definidas en el presente Título.

2.3.8 PASO 8 - Diseño y requerimientos técnicos

El diseño de cualquier componente o elemento funcional de un sistema de aseo urbano debe cumplir con los requisitos mínimos establecidos en el presente Título, según los literales

establecidos en la Tabla F.2.1: Actividades y elementos funcionales del servicio de aseo. El diseño de cualquier sistema de aseo urbano debe someterse a una evaluación ambiental, técnica y socioeconómica y estar sujeto a un plan de construcción, operación, mantenimiento y expansión de costo mínimo, siguiendo lo establecido en el Título A: Evaluación Socioeconómica.

2.3.9 PASO 9 - Construcción y supervisión técnica

Los procesos de construcción y supervisión técnica del proyecto propuesto, se deben ajustar a los requisitos mínimos establecidos en el Título G - Aspectos Complementarios y al Plan de Manejo Ambiental – PMA o a las medidas de manejo ambiental establecidas en el Título I: Plan de Manejo Ambiental para la construcción de los componentes físicos de los sistemas de aseo, según sea el caso.

2.3.10 PASO 10 - Puesta en marcha, operación y mantenimiento

Los procedimientos y medidas pertinentes a la puesta en marcha, la operación y el mantenimiento de los diferentes componentes de un sistema de aseo urbano deben seguir los requerimientos establecidos para cada componente o elemento funcional en particular, según la Tabla F.2.1: Actividades y elementos funcionales del servicio de aseo.

2.4 PROCEDIMIENTO PARTICULAR PARA EL DESARROLLO DE SISTEMAS DE ASEO URBANO

2.4.1 Selección del sistema

Para la selección de un sistema de aseo urbano, se debe tener en consideración las siguientes variables:

1. Producción *per cápita* de residuos sólidos generados.
2. Proyección de la población (Análisis demográfico).
3. Caracterización de los residuos sólidos.
4. Composición de los residuos.
5. Determinación del peso específico de los residuos.

2.4.2 Cálculo de la producción *per cápita*

Puede utilizarse cualquier método técnicamente válido, ya sea recomendado por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas – ICONTEC o estándares internacionales, para determinarla. Sea cual fuere el método escogido, éste debe considerar al menos las siguientes variables:

1. Cantidad de residuos generados por día.
2. Número total de habitantes en el sector de estudio.
3. Número de usuarios servidos y potenciales, incluyendo estrato y uso.
4. Número promedio de habitantes por usuario del sistema, por estrato y uso.
5. Cantidad de residuos que se transportan al sistema de disposición final.

Si el objetivo es determinar la generación de residuos sólidos en la fuente, la toma de muestras para su determinación y su caracterización, debe realizarse mediante la medición de los residuos presentados para recolección y transporte por los usuarios identificando estrato y uso en la microrruta o sector de evaluación antes de que se realice la extracción de fracciones

potencialmente aprovechables. En este caso, la persona prestadora del servicio público de aseo deben prever el etiquetado de las bolsas que contendrán los residuos a recoger, en donde se identifique la microruta, estrato y uso (cuando exista separación en la fuente, se debe identificar adicionalmente el tipo de residuo). Cuando los residuos sean presentados en canecas, el prestador debe prever su empaque en bolsas y etiquetado correspondiente. Para ambos casos, se deberá tener en cuenta el número de usuarios y el número de habitantes por usuario y por estrato.

Si el objetivo del proyecto es optimizar el sistema de transporte y recolección existente, la toma de muestras puede realizarse de los residuos sólidos contenidos en cada vehículo recolector.

La unidad de expresión de la generación de residuos sólidos es Kg./hab - día), aunque pueden utilizarse unidades equivalentes.

La producción *per cápita*, debe calcularse anualmente por la persona prestadora del servicio.

2.4.2.1 Valores típicos de la producción *per cápita* - PPC

Si no se ha realizado un estudio de campo para determinar la generación *per cápita* en el área para la cual se desea estructurar e implementar el servicio, a nivel de prediseño del sistema, deben considerarse los rangos que se muestran en la Tabla F.2.2. (Valores típicos de la PPC para municipios colombianos (Kg./habitante - día)).

Para el diseño definitivo del sistema, debe determinarse la generación *per cápita* de residuos, como se describe en el Numeral 2.4.1: Selección del Sistema.

TABLA F.2.2. Valores típicos de la PPC para municipios colombianos (Kg./habitante - día)

Nivel de complejidad	Valor mínimo	Valor máximo	Valor promedio
Bajo	0.30	0.75	0.45
Medio	0.30	0.95	0.45
Medio Alto	0.30	1.00	0.53
Alto	0.44	1.10	0.79

En caso de proyectos para ampliación de los sistemas de aseo urbano existentes, la generación *per cápita* de residuos debe fijarse con base en el análisis cuantitativo de los datos de la cantidad de residuos recolectada y transportada al sistema de disposición final en el servicio existente por la persona prestadora del servicio mas la cantidad de residuos recolectados o entregados a recicladores para su aprovechamiento.

Los datos de generación *per cápita* de residuos de un sistema de aseo, deben registrarse en el Sistema Único de Información (SUI) del sector administrado por la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios - SSPD, con la periodicidad que esta entidad de control establezca, no mayor a un año, con el objetivo de verificar la eficiencia de prestación del servicio y la vida útil residual del componente de disposición final y, en caso de deficiencias, comprobar que la persona prestadora del servicio tome las medidas correctivas requeridas.

Los municipios o asociaciones de éstos, que en su sistema de disposición final tengan un sistema de pesaje, el cual se requiere implementar en todos los rellenos sanitarios, estaciones de separación y/o transferencia y sistemas de eliminación térmica para sistemas de complejidad medio alto y alto, deben llevar una estadística diaria del peso de los residuos sólidos recibidos y

la cantidad y tipo de vehículos que los entregan. Esto con el objetivo de calcular tasas anuales de generación de residuos *per cápita* y poder estimar la vida útil residual del sistema de disposición final tipo relleno sanitario o las tasas de ocupación de la infraestructura de eliminación térmica.

Se debe igualmente efectuar el seguimiento de los volúmenes de residuos generados, transportados y dispuestos finalmente, lo cual permite llevar la estimación de la vida útil residual del sistema de disposición final tipo relleno sanitario, para lo cual se debe realizar seguimiento topográfico semestral.

2.4.2.2 Estimación de la población

La Guía RAS – 001 amplía en detalle la metodología para definir el nivel de complejidad y los métodos de cálculo para determinar la población futura en proyectos de acueducto, alcantarillado o aseo. Además proporciona recomendaciones para aplicar correctamente cada uno de los métodos de cálculo de población establecidos en la Tabla F.2.3.

Los datos de población deben estar ajustados con la población flotante, la población migratoria y las etnias minoritarias.

TABLA F.2.3. Métodos de Cálculo Permitidos según el Nivel de Complejidad del Sistema.

Método de cálculo a emplear	Nivel de complejidad del sistema			
	Bajo	Medio	Medio Alto	Alto
Aritmético	X	X		
Geométrico	X	X	X	X
Wappus	X	X	X	X
Gráfico	X ⁽¹⁾	X	X	
Exponencial	X ⁽¹⁾	X ⁽¹⁾	X ⁽²⁾	
Detallar por Zonas		X	X	X
Detallar Densidades		X	X	X

X⁽¹⁾. Sujeto a justificación.

X⁽²⁾. Optativo, recomendable

En su Capítulo 5, la Guía presenta un ejemplo práctico de aplicación de las diferentes fórmulas de estos métodos aplicadas a un caso real: el municipio de San Vicente en el Departamento de Antioquia.

2.4.3 Caracterización de los residuos sólidos

Las Tablas F.2.4 y F.2.5 muestran las propiedades físicas, químicas y biológicas que deben analizarse según el nivel de complejidad del servicio y el tipo de sistema a diseñar. Los métodos de ensayos deben realizarse de acuerdo con las normas del ICONTEC o cualquier otro método normalizado internacionalmente.

El generador debe identificar las características peligrosas de cada uno de los residuos que genere, teniendo en cuenta las características de los procesos en donde dichos residuos sean generados y de las materias primas y otros insumos empleados. Se deberán seguir los lineamientos definidos para tal fin en la normativa específica aplicable.

TABLA F.2.4. Tipo de caracterización física química y biológica de los residuos sólidos para sistemas de aseo sin aprovechamiento

Sistema de tratamiento	Tipo de caracterización	Nivel de complejidad del sistema				Normas ASTM
		Bajo	Medio	Medio Alto	Alto	
Recolección y transporte, barrido y limpieza	Peso específico	X ¹	X ¹	X	X	D5067-90 (2006)
	Contenido de humedad	X ¹	X ¹	X	X	
Disposición final	Peso específico	X ¹	X ¹	X	X	D5067-90 (2006)
	Contenido de humedad	X ¹	X ¹	X	X	
	Permeabilidad de residuos compactados	X	X	X	X	
	Metales (Cadmio, Cobre, Mercurio, Plomo y Níquel)			X	X	
	Capacidad de campo			X	X	

X: Obligatorio

X¹: Pueden ser obtenidos de datos de referencia definidos en el presente Título.

TABLA F.2.5. Tipo de caracterización física química y biológica de los residuos sólidos para sistemas de aseo con aprovechamiento

Sistema de tratamiento	Tipo de caracterización	Nivel de complejidad del sistema				Normas ASTM
		Bajo	Medio	Medio Alto	Alto	
Recolección y transporte	Peso específico	X ¹	X ¹	X	X	D5057-90 (2007)
	Contenido de humedad	X ¹	X ¹	X	X	
Compostaje aeróbico, digestión anaeróbica	Peso específico	X ¹	X ¹	X	X	D5057-90 (2007)
	Contenido de humedad	X ¹	X ¹	X	X	
	Tamaño de partículas			X	X	E726-01 (2006)
	Distribución del tamaño			X	X	
	Nutrientes esenciales	X ¹	X ¹	X	X	
	Biodegradabilidad	X ¹	X ¹	X ¹	X ¹	
	Coliformes	X	X	X	X	
	Metales (Cadmio, Cobre, Mercurio, Plomo y Níquel)			X	X	
Tratamiento térmico – recuperación de energía	Peso específico	X ¹	X ¹	X	X	D5057-90 (2007)
	Contenido de humedad	X ¹	X ¹	X	X	
	Tamaño de partículas			X	X	E726-01 (2006)
	Materia volátil combustible			X	X	
	Ceniza			X	X	
	Punto de fusión de las cenizas	X ¹	X ¹	X	X	D5468-02 (2007)
	Análisis elemental (C, H, O, N, S, cenizas)	X ¹	X ¹	X	X	E1279-89 E778-08
	Contenido de energía	X ¹	X ¹	X	X	
Reciclaje y reutilización	Tipo de residuo a reciclar	X ¹	X ¹	X	X	
	Peso específico por tipo		X ¹	X	X	D5057

Sistema de tratamiento	Tipo de caracterización	Nivel de complejidad del sistema				Normas ASTM
		Bajo	Medio	Medio Alto	Alto	
	Tamaño de partícula y distribución			X	X	E726-01 (2006)
	Posibilidades de reuso y reciclaje	X	X	X	X	
Tratamiento y Disposición final	Peso específico	X ¹	X ¹	X	X	D5057-90 (2007)
	Contenido de humedad	X ¹	X ¹	X	X	
	Permeabilidad de residuos compactados	X	X	X	X	
	Análisis elemental (C, H, O, N, S, cenizas)	X ¹	X ¹	X	X	E1279-89 E778-08
	Metales (Cadmio, Cobre, Mercurio, Plomo y Níquel)			X	X	
	Capacidad de campo			X	X	

Para la caracterización de los residuos sólidos, se deben tener en cuenta los siguientes procedimientos:

2.4.3.1 Peso específico (∅)

El peso específico, se define como el peso de los residuos sólidos por unidad de volumen, la unidad de medida utilizada es Kg./cm³ o unidades análogas. En la Tabla F.2.6 se relacionan pesos específicos utilizados frecuentemente, los cuales pueden ser utilizados por los municipios de nivel de complejidad bajo y medio, para municipios con nivel de complejidad medio alto y alto, los valores deben ser obtenidos por un método recomendado por el ICONTEC o cualquier otro método normalizado internacionalmente.

TABLA No. F.2.6. Peso específico y contenido de humedad para residuos sólidos

Tipos de residuos	Peso específico (kg./cm ³)		Contenido de humedad % (en peso)	
	Rango	Típico	Rango	Típico
Domésticos (no compactados)				
Residuos de comida mezclados	131 - 481	291	50 - 80	70
Papel	42 - 131	89	4 - 10	6
Cartón	42 - 80	50	4 - 8	5
Plásticos	42 - 131	65	1 - 4	2
Textiles	42 - 101	65	6 - 15	10
Goma	101 - 202	131	1 - 4	2
Cuero	101 - 261	160	8 - 12	10
Residuos de jardín	59 - 225	101	30 - 80	60
Madera	131 - 320	237	15 - 40	20
Vidrio	160 - 481	196	1 - 4	2
Latas de hojalata	50 - 160	89	2 - 4	3
Aluminio	65 - 240	160	2 - 4	2
Otros metales	131 - 1.151	320	2 - 4	3
Suciedad, cenizas, etc.	320 - 1,000	481	6 - 12	8
Cenizas	650 - 831	745	6 - 12	6
Residuos sólidos	89 - 181	131	5 - 20	15
Jardín				
Hojas (sueltas y secas)	30 - 148	59	20 - 40	30
Hierba verde (suelta y húmeda)	208 - 297	237	40 - 80	60
Hierba verde (húmeda y compactada)	593 - 831	593	50 - 90	80
Residuos de jardín (triturados)	267 - 356	297	20 - 70	50

Tipos de residuos	Peso específico (kg./cm ³)		Contenido de humedad % (en peso)	
	Rango	Típico	Rango	Típico
Residuos de jardín (compostados)	267 - 386	326	40 - 60	50
Urbanos				
En camión compactador	178 - 451	297	15 - 40	20
En vertedero medianamente compactados	362 - 498	451	15 - 40	25
En vertedero bien compactados	590 - 742	600	15 - 40	25
Comerciales				
Residuos de comida (húmedos)	475 - 950	540	50 - 80	70
Aparatos	148 - 202	181	0 - 2	1
Cajas de madera	110 - 160	110	10 - 30	20
Podas de árboles	101 - 181	148	20 - 80	5
Residuo (combustible)	50 - 181	119	10 - 30	15
Residuo (no combustible)	181 - 362	300	5 - 15	10
Residuo (mezclado)	139 - 181	160	10 - 25	15
Construcción y demolición				
Demolición mezclados (no combustible)	1.000 - 1.600	1.421	2 - 10	4
Demolición mezclados (combustible)	300 - 400	360	4 - 15	8
Construcción mezclados (combustible)	181 - 360	261	4 - 15	8
Hormigón roto	1.198 - 1.800	1.540	0 - 5	-
Industriales				
Lodos químicos (húmedos)	801 - 1.101	1.000	75 - 99	80
Cenizas volantes	700 - 900	800	2 - 10	4
Restos de cuero	100 - 250	160	6 - 15	10
Chatarra metálica (pesada)	1.501 - 2.000	1.780	0 - 5	-
Chatarra metálica (ligera)	498 - 900	740	0 - 5	-
Chatarra metálica (mezclada)	700 - 1.500	900	0 - 5	-
Aceites, alquitranes, asfaltos	801 - 1.000	950	0 - 5	2
Aserrín	101 - 350	291	10 - 40	20
Residuos textiles	101 - 220	181	6 - 15	10
Madera (mezclada)	400 - 676	498	30 - 60	25
Agrícolas				
Agrícolas (mezclados)	400 - 751	561	40 - 80	50
Animales muertos	202 - 498	359	-	-
Residuos de frutas (mezclados)	249 - 751	359	60 - 90	75
Estiércol (húmedo)	899 - 1.050	1.000	75 - 96	94
Residuos de vegetales (mezclados)	202 - 700	359	60 - 90	75

2.4.3.2 Contenido de humedad

La humedad de una muestra, se expresa como un porcentaje del peso seco del material húmedo, expresándose por la fórmula:

$$\omega = [(W_M - W_S) / W_M] * 100 = [W_W / W_M] * 100 \quad (\text{F.2.1})$$

Donde:

ω = Contenido en la humedad de los residuos sólidos (%)

W_M = Peso de la mezcla (Kg)

W_S = Peso de la muestra después de secarse a 105 °C (Kg)

W_W = Peso del agua contenido en los residuos sólidos (Kg)

La humedad se debe determinar por la diferencia de la mezcla en condiciones normales menos el peso de los residuos luego de ser calentados a una temperatura de 105 °C y hasta alcanzar peso constante.

Los valores típicos a ser tenidos en cuenta para municipios de complejidad baja y media, corresponden a los definidos en la Tabla F.2.6., para el resto de municipios, deberá realizarse la caracterización en campo.

2.4.3.3 Tamaño de partícula y distribución del tamaño

El tamaño y la distribución del tamaño de los componentes de los materiales en los residuos sólidos son una consideración importante en los procesos de recuperación de materiales, en especial cuando se realizan a través de medios mecánicos como cribas, tambores rotatorios y separadores electromagnéticos. El procedimiento para el cálculo debe realizarse mediante la Norma E726-01 (2006) o las siguientes fórmulas:

$$Sc = l \quad (F.2.2)$$

$$Sc = (l+w)/2 \quad (F.2.3)$$

$$Sc = (l+w+h)/3 \quad (F.2.4)$$

$$Sc = (l*w)^{1/2} \quad (F.2.5)$$

$$Sc = (l*w*h)^{1/3} \quad (F.2.6)$$

Donde:

Sc = Tamaño de residuo (mm)

w = Ancho del residuo (mm)

h = Altura del residuo (mm)

l= Largo del residuo (mm)

2.4.3.4 Permeabilidad de los residuos compactados

Para la disposición final de residuos sólidos, se debe conocer la conductividad hidrológica de los residuos compactados, para determinar el comportamiento de los lixiviados, la permeabilidad se deberá calcular teniendo en cuenta la fórmula:

$$K = Cd^2 \gamma / \mu = \kappa \gamma / \mu \quad (F.2.7)$$

Donde:

κ = Permeabilidad intrínseca (m²)

Cd^2 = Permeabilidad intrínseca (m²)

γ = peso específico de los residuos sólidos (Kg./cm³, Mg/m³, t/m³)

μ = Viscosidad dinámica del agua (Kg./cm - s)

κ = Permeabilidad intrínseca (m²)

2.4.3.5 Material volátil combustible

Se debe determinar mediante la pérdida de peso adicional con la ignición a 950 °C en un crisol cubierto.

2.4.3.6 Punto de fusión de la ceniza

Es la temperatura en la que la ceniza resultante de la incineración de residuos sólidos se transforma en escoria por la fusión y la aglomeración. Generalmente estas temperaturas oscilan entre 1.100 °C y 1.200 °C para residuos sólidos.

2.4.3.7 Análisis elemental de los componentes de residuos sólidos

Para sistemas que involucren la disposición final a través de rellenos sanitarios, procesos térmicos y el compostaje, se debe determinar el porcentaje de carbono (C), hidrógeno (H), oxígeno (O), nitrógeno (N), azufre (S) y ceniza.

Para carbono se debe utilizar la Norma E1279 y para nitrógeno la Norma E778. Para municipios con nivel de complejidad bajo y medio, se pueden utilizar los valores definidos en la Tabla F.2.7.

TABLA No. F.2.7. Análisis elemental de los componentes combustibles de los residuos sólidos

Componentes	Porcentaje en peso (base seca)					
	Carbono	Hidrógeno	Oxígeno	Nitrógeno	Azufre	Cenizas
Residuos de comida	48	6,4	37,6	2,6	0,4	5
Papel	43,5	6	44	0,3	0,2	6
Cartón	44	5,9	44,6	0,3	0,2	5
Plásticos	60	7,2	22,8	-	-	10
Textiles	55	6,6	31,2	4,6	0,15	2,5
Goma	78	10	-	2	-	10
Cuero	60	8	11,6	10	0,4	10
Residuos de jardín	47,8	6	38	3,4	0,3	4,5
Madera	49,5	6	42,7	0,2	0,1	1,5
Vidrio ¹	0,5	0,1	0,4	<0,1	-	98,9
Metales ¹	4,5	0,6	4,3	<0,1	-	90,5
Suciedad, cenizas, etc.	26,3	3	2	0,5	0,2	68

¹ El contenido orgánico es el de recubrimientos, etiquetas y otros materiales adjuntos

2.4.3.8 Contenido energético de los componentes de los residuos sólidos

El contenido energético de las fracciones de los residuos sólidos se puede determinar utilizando una caldera a escala real como calorímetro, con una bomba calorimétrica de laboratorio y por cálculo, si se conoce la composición elemental.

Generalmente, los valores del contenido energético están en una base referida al tipo de residuos como se establecen en la Tabla No. F.2.8., valores que se pueden convertir a una base seca mediante la ecuación:

$$\text{KJ/Kg. (base seca)} = \text{KJ/Kg. (residuos desechados)} * (100 / (100\% \text{ humedad} - \% \text{ ceniza})) \quad (\text{F.2.8})$$

TABLA No. F.2.8. Valores típicos de rechazos inertes y contenido energético de residuos sólidos

Componentes	Rechazos inertes ¹ , porcentaje		Energía ² , kcal/kg	
	Rango	Típico	Rango	Típico
Residuos de comida	2 - 8	5	833 - 1.667	1.111
Papel	4 - 8	6	2.778 - 4.444	4.000
Cartón	3 - 6	5	3.333 - 4.167	3.889
Plásticos	6 - 20	10	6.667 - 8.889	7.778

Componentes	Rechazos inertes ¹ , porcentaje		Energía ² , kcal/kg	
	Rango	Típico	Rango	Típico
Textiles	2 - 4	2,5	3.611 - 4.722	4.167
Goma	8 - 20	10	5.000 - 6.667	5.556
Cuero	8 - 20	10	3.611 - 4.722	4.167
Residuos de jardín	2 - 6	4,5	556 - 4.444	1.556
Madera	0,6 - 2	1,5	4.167 - 4.722	4.444
Orgánicos misceláneos	-	-	-	-
Vidrio	99 - 99+	98	28 - 56	33
Latas de Hojalata	96 - 99+	98	56 - 278	167
Aluminio	90 - 99+	96	-	-
Otros metales	94 - 99+	98	56 - 278	167
Suciedad, cenizas, etc.	60 - 80	70	556 - 2.778	1.667
Residuos sólidos urbanos			2.222 - 3.333	2.778

¹ Después de combustión total

² Sobre una base como desechados. El contenido energético es de recubrimientos, etiquetas y materiales adjuntos

2.4.3.9 Nutrientes esenciales

Cuando el sistema de aseo, incluye procesos de transformación de residuos para la obtención de materia orgánica estabilizada, alcoholes y otros subproductos orgánicos, se debe conocer información referente a nutrientes esenciales y los elementos que componen los residuos sólidos, para así valorar los usos finales que puedan tener los materiales restantes después de la conversión biológica.

Como guía de referencia, los nutrientes esenciales y los elementos encontrados en los principales constituyentes de los residuos sólidos se presentan en la Tabla F.2.9.

TABLA No. F.2.9. Nutrientes esenciales

Constituyente	Unidad	Sustrato de alimentación (base seca)			
		Papel periódico	Papel de oficina	Residuos de jardín	Residuos de comida
NH ₄ -N	ppm	4	61	149	205
NO ₃ -N	ppm	4	218	490	4,278
P	ppm	44	295	3.500	4.900
PO ₄ -P	ppm	20	164	2.210	3.200
K	%	0,35	0,29	2,27	4,18
SO ₄ -S	ppm	159	324	882	855
Ca	%	0,01	0,1	0,42	0,43
Mg	%	0,02	0,04	0,21	0,16
Na	%	0,74	1,05	0,06	0,15
B	ppm	14	28	88	17
Se	ppm	-	-	<1	<1
Zn	ppm	22	177	20	21
Mn	ppm	49	15	56	20
Fe	ppm	57	396	451	48
Cu	ppm	12	14	7,7	6,9
Co	ppm	-	-	5	3
Mo	ppm	-	-	1	<1
Ni	ppm	-	-	9	4,5
W	ppm	-	-	4	3,3

2.4.3.10 Biodegradabilidad de los componentes (BF)

Para procesos de estabilización de la fracción orgánica que se realicen dentro de la prestación del servicio de aseo, es necesario se determine con anticipación a la toma de decisiones la fracción biodegradable, la cual se debe obtener a partir del contenido de lignina (LC) de los residuos sólidos con base en la ecuación:

$$BF = 0,83 - 0,028*LC \quad (F.2.9)$$

Donde:

LC = Contenido de lignina (%)

Cuando exista separación en la fuente en los municipios de nivel de complejidad alto y medio alto, así como para los municipios de nivel de complejidad bajo y medio e independientemente que exista o no separación en la fuente, se pueden utilizar los valores definidos en la Tabla F.2.10.

TABLA No. F.2.10. Datos sobre fracción biodegradable de componentes seleccionados de residuos orgánicos basados en contenido de lignina.

Componente	Sólidos volátiles (SV) porcentaje de sólidos totales (ST)	Contenido de Lignina (LC) porcentaje de SV	Fracción biodegradable (BF)
Residuos de comida	7 – 15	0,4	0,82
Papel periódico	94	21,9	0,22
Papel de oficina	96,4	0,4	0,82
Cartón	94	12,9	0,47
Residuos de jardín	50 - 90	4,1	0,72

2.4.3.11 Capacidad de campo

La capacidad de campo de los residuos sólidos es la cantidad total de humedad que puede ser retenida por una muestra de residuo sometida a la acción de la gravedad. Este parámetro de importancia crítica para determinar la producción de lixiviados en los rellenos sanitarios, ya que el exceso de agua sobre la capacidad de campo se emitirá en forma de lixiviación.

Para determinar la capacidad de campo en un relleno sanitario, se aplica la ecuación:

$$CC = 0,6 - 0,55(W/(10.000 + W)) \quad (F.2.10)$$

Donde:

W = Peso de sobrecarga calculado a una altura media de los residuos dentro del nivel en cuestión para calcular la capacidad de campo de un relleno sanitario (Kg.)

2.4.4 Composición de los residuos sólidos

Todos los niveles de complejidad del sistema deben determinar la composición cuantitativa, cualitativa, de procedencia, del grado de peligrosidad y la estructura porcentual de sus residuos sólidos de acuerdo con los esquemas de clasificación que se muestran a continuación en los numerales: Esquema de clasificación según la composición física, Esquema de clasificación según la procedencia de los residuos sólidos, Esquema de clasificación según la factibilidad de manejo y disposición, Esquema de clasificación según el grado de peligrosidad y Cálculo de la

composición de los residuos sólidos. El esquema de clasificación según el grado de peligrosidad debe considerarse en sistemas de gestión de residuos peligrosos.

2.4.4.1 Esquema de clasificación según la composición física

Los residuos sólidos deben clasificarse, al menos, de acuerdo con el siguiente esquema:

- a. Residuos de comida
- b. Residuos de jardín

- c. Productos de papel
- d. Productos de cartón

- e. Plásticos

- f. Textiles

- g. Latas de hojalata
- h. Aluminio
- i. Otros metales

- j. Vidrio

- k. Madera
- l. Caucho (Goma)
- m. Cuero
- n. Ceniza
- o. Rocas y escombros
- p. Huesos
- q. Otros

2.4.4.2 Esquema de clasificación según la procedencia de los residuos sólidos.

Los residuos sólidos deben clasificarse, al menos, de acuerdo con el siguiente esquema:

- a. Residenciales
- b. Industriales
- c. Comerciales
- d. Institucionales
- e. Hospitalarios
- f. De barrido
- g. De escombros

2.4.4.3 Esquema de clasificación según la factibilidad de manejo y disposición.

Los residuos sólidos deben clasificarse, al menos, de acuerdo con el siguiente esquema:

- a. Ordinarios
- b. Especiales

2.4.4.4 Esquema de clasificación según el grado de peligrosidad.

Los residuos sólidos deben clasificarse, al menos, de acuerdo con el siguiente esquema:

- a. Ordinarios
- b. Peligrosos

2.4.4.5 Cálculo de la composición de los residuos sólidos

Debe determinarse el porcentaje en peso de cada uno de los subproductos ya clasificados de acuerdo con los numerales anteriores. El resultado obtenido al sumar los diferentes porcentajes debe ser como mínimo el 95% del peso total de la muestra. En caso contrario debe repetirse la determinación.

2.4.4.6 Metodología de muestreo

El muestreo deberá realizarse por un método técnicamente recomendado por el ICONTEC o por cualquier otro método normalizado internacionalmente.

2.4.4.7 Número de muestras

El número de muestras está vinculado al método de muestreo escogido. Sin embargo el número de muestras debe considerar los siguientes parámetros:

- a. Desviación estándar normal para el nivel de confianza deseado.
- b. Desviación estándar calculada.
- c. Error muestral. El resultado obtenido al sumar los diferentes porcentajes de subproductos considerados, debe ser como mínimo el 95% del peso total de la muestra. En caso contrario debe repetirse la determinación.

2.4.4.8 Frecuencia de los ensayos

Se debe realizar la caracterización de los residuos sólidos en las siguientes situaciones:

- a. En la etapa de planificación y prediseño de un sistema de manejo de residuos sólidos.
- b. En la etapa de diseño definitivo de un sistema de manejo de residuos sólidos.
- c. Cuando se requiera optimizar un sistema de residuos sólidos.
- d. Al menos una vez cada año.
- e. Siempre que las condiciones de la generación cambien.

Los literales 3 a 5, deben ser realizados por la persona prestadora del servicio de aseo, los literales 1 y 2 por el municipio o la persona prestadora del servicio, dependiendo quien esté realizando la planificación y diseños del sistema de manejo de residuos sólidos.

2.4.4.9 Unidades para expresar los residuos cuantificados

Para sistemas de recolección y transporte de residuos sólidos, deben expresarse los residuos sólidos generados utilizando unidades de peso como: Kilogramos o toneladas por día, año. Para la expresar las cantidades generadas, se recomiendan las unidades de expresión que aparecen en la Tabla F.2.11.

TABLA F.2.11. Unidades de expresión recomendadas para las cantidades de residuos sólidos

Tipo de residuos	Unidad de expresión recomendada
Doméstico	Kg./(hab. -día)
Comercial	Kg./día
Industrial	Se recomienda expresarla con base en una unidad repetitiva. Ejm [Kg./Unidad de producción]
Agrícola	Se recomienda expresarla con base en una unidad repetitiva. Ejm [Kg./Mg de producto]

2.4.5 Cadena de Custodia

Para asegurar la integridad de la muestra, desde la recolección hasta el reporte de los datos, debe realizarse la cadena de custodia, mediante el siguiente procedimiento.

2.4.5.1 Procedimiento

La persona encargada de tener las muestras en custodia debe cumplir con los siguientes parámetros.

1. Etiquetas de las muestras

Se deben usar etiquetas para identificar cada una de las muestras; las cuales deben ser rótulos adhesivos que contengan como mínimo, la siguiente información:

- a. Número de la muestra
- b. Nombre de la persona que toma la muestra
- c. Fecha y hora de recolección
- d. Lugar de recolección
- e. Tipo de generador
- f. Identificación del tipo de muestra.

Las etiquetas deben colocarse antes del periodo del muestreo y llenarse a la hora de ejecución del muestreo.

2. Sellos de muestras

Para detectar falsificación de las muestras deben usarse sellos de muestras. El sello debe incluir, como mínimo, la misma información que contiene las etiquetas de las muestras y deben colocarse en los recipientes antes que el personal de muestreo abandone el sitio.

3. Registros

Debe registrarse toda la información pertinente al trabajo de campo o muestreo realizado, en un libro debidamente foliado. El registro debe incluir, como mínimo, la siguiente información:

- a. Localización del punto de muestreo.
- b. Nombre y dirección del contacto en el sitio de muestreo.
- c. Generador del residuo y dirección si es diferente del de la localización.
- d. Tipo de residuo.
- e. Número y volumen o peso de la muestra tomada.
- f. Propósito del muestreo
- g. Descripción del punto de muestreo y metodología de muestreo.
- h. Fecha y hora de recolección.
- i. Número de identificación de la muestra.
- j. Distribución de la muestra y de su transporte.
- k. Referencias, como mapas o fotografías del sitio de muestreo.
- l. Observaciones de campo.
- m. Medidas hechas en el campo.
- n. Firmas del personal responsable.
- o. El libro de registro debe ser archivado de manera segura.

4. Carta de custodia

Cada muestra debe estar acompañada de la correspondiente carta de custodia. El registro debe contener, como mínimo, la siguiente información:

- a. Número de la muestra.
- b. Firma de quien toma la muestra.
- c. Fecha y hora de recolección.
- d. Lugar y dirección de recolección de la muestra.
- e. Tipo de residuo.
- f. Firmas de las personas que hacen parte del manejo de la muestra y la fecha de su manipulación.

5. Hoja de remisión de muestras

A la muestra debe asignársele una hoja de remisión con la información de campo. El personal de laboratorio debe completar la información pertinente. La hoja de remisión debe incluir como mínimo la siguiente información:

- a. Nombre de la persona que recibe la muestra.
- b. Número de la muestra
- c. Fecha y hora de recibo de la muestra.
- d. Localización de la muestra.
- e. Ensayos por realizar a la muestra.

6. Transporte, recibo, registro y análisis de la muestra en el laboratorio.

- a. La muestra debe ser transportada al laboratorio para los análisis dentro del primer o segundo día después del muestreo.
- b. La muestra debe ir acompañada de la carta de custodia y de la hoja de remisión de muestras.
- c. La muestra debe ser entregada a la persona autorizada para recibirla en el laboratorio, quien debe revisar etiquetas y sellos los cuales deben estar acordes con lo consignado en la carta de custodia.
- d. En el laboratorio se le asigna un número, se consigna en el libro de registro del laboratorio y se almacena en un cuarto seguro hasta que se realicen los análisis.
- e. El supervisor es responsable del cuidado y custodia de la muestra.

2.5 CONDICIONES GENERALES PARA HACER FACTIBLE LA PRESTACIÓN DEL SERVICIO DE ASEO EN LAS ÁREAS SUBURBANA, RURALES Y CENTROS POBLADOS RURALES

Siempre que sea factible, el servicio de aseo deberá extenderse a las zonas suburbanas, rurales y centros poblados rurales del Municipio. Para esto se deben cumplir los condicionamientos que se relacionan a continuación:

1. Existencia de vías adecuadas, de tal manera que se pueda hacer la recolección domiciliaria a lo largo de éstas o al menos en sitios de almacenamiento colectivo previamente

convenidos con la comunidad.

2. En los sitios de almacenamiento colectivo deben haber condiciones de maniobrabilidad para los vehículos recolectores y de fácil acceso para los usuarios.
3. La ubicación del sitio para almacenamiento colectivo no debe causar molestias e impactos a la comunidad vecina.
4. Disponer de cajas de almacenamiento adecuadas para iniciar allí la disposición de los residuos sólidos por parte de la comunidad con tres (3) horas de anticipación a la recolección. La frecuencia, día y hora de recolección debe ser de obligatorio cumplimiento por parte de la persona prestadora del servicio de aseo con el fin de evitar la acumulación de basura en estos sitios de acopio.
5. En lo posible las zonas suburbanas y rurales que se van a cubrir, deben tener servicio municipal de acueducto para que el cobro del servicio de recolección sea incluido en la factura del servicio de acueducto.

El desarrollo de las características particulares se efectuará en el Título J.

CAPÍTULO F.3

3 ALMACENAMIENTO Y PRESENTACIÓN

3.1 ALCANCE

En este Capítulo se establecen los criterios básicos y requisitos mínimos obligatorios que deben cumplir los usuarios del servicio público de aseo en relación con el almacenamiento y presentación de los residuos sólidos generados por ellos.

El almacenamiento es la operación con la cual el usuario inicia el proceso de manipulación de los residuos sólidos, y de su buen manejo depende las óptimas condiciones de estética de la vivienda, oficina, industria, almacén o establecimiento donde se generen e igualmente tiene incidencia directa en salud pública al evitarse o minimizarse la generación de olores o la presencia de vectores.

La forma en que los usuarios del servicio de aseo almacenen y presenten los residuos sólidos generados, depende particularmente de si el sistema de recolección es con aprovechamiento o no. Si hay aprovechamiento debe haber un compromiso real de la comunidad para almacenar y presentar en forma separada y diferenciada los residuos aprovechables de los no aprovechables, esta última tal como está definida en este Título.

La presentación es la operación con la cual el usuario recoge los residuos sólidos del lugar donde los almacena temporalmente al interior de su vivienda para trasladarlos, con una antelación mínima de dos (2) horas y máxima de seis (6) horas, hacia el sitio donde los debe recoger la persona que realiza su recolección selectiva y su traslado hacia una Estación de Separación y/o la persona prestadora del servicio de aseo que los transportara hacia una Estación de Transferencia y/o hacia el sistema de disposición final.

De esta forma se puede efectuar la recolección selectiva de las fracciones que son presentadas de forma diferenciada por el generador por medio de la ruta implementada para tal fin. Esta consideración obedece a requerimientos logísticos y operativos en la recolección de dichas fracciones, ya que se implementan de forma paralela a las macrorutas y microrutas del servicio de aseo público, pero con variaciones en el tipo de vehículos, capacidad y forma de transportarlos, así como en la frecuencia de recolección y horarios del servicio.

Esta presentación de los residuos por parte del usuario, puede ser separada y diferenciada de acuerdo con lo establecido en el Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos – PGIRS del Municipio y, si previamente en el lugar de almacenamiento, éste ha separado los residuos según tipo o características y si su entrega al recolector se realiza en recipientes diferentes de acuerdo con tipología y especificaciones establecidas que permitan su incorporación al ciclo económico productivo.

Los recipientes para almacenar los residuos sólidos pueden ser retornables o desechables (los cuales preferiblemente deben ser degradables y/o con posibilidades de aprovechamiento), y en

este caso se presentan al servicio de recolección como parte de los residuos que deben ser transportados.

3.2 REQUISITOS OBLIGATORIOS QUE DEBE CUMPLIR LA ACTIVIDAD DE ALMACENAMIENTO Y PRESENTACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS POR PARTE DE LOS USUARIOS

El usuario tiene deberes que cumplir con relación al almacenamiento y la presentación de los residuos sólidos generados por él, los cuales están contemplados en la Ley 09 de 1979 y el Capítulo II del Título I del Decreto 1713 de 2002 o aquellas normas que los modifiquen, adicionen o sustituyan, y los cuales se detallan a continuación:

Títulos Relacionados	Artículos	Normativa
Almacenamiento y presentación	24, 26 y 28	Ley 09 de 1979
Obligación de almacenar y presentar	14	Decreto MMA 1713/2002
Presentación de residuos sólidos para recolección	15	
Obligación de almacenar conjuntamente los residuos sólidos de las edificaciones y andenes	16	
Características de los recipientes retornables para almacenamiento de residuos sólidos	17	
Características de los recipientes desechables	18	
Sistemas de almacenamiento colectivo de residuos sólidos	19	
Empaque de los residuos para evacuación por ductos	20	
Sitios de ubicación para la presentación de los residuos sólidos	21	
Obligación de trasladar residuos sólidos hasta los sitios de recolección	22	
Sistema de almacenamiento	23	
Características de las cajas de almacenamiento	24	
Prohibición de arrojar residuos fuera de las cajas de almacenamiento	25	
Sitios de ubicación para las cajas de almacenamiento	26	
Prohibición de cajas de almacenamiento en áreas públicas	27	
Responsabilidad por la presentación inadecuada de los residuos sólidos	29	

3.3 RECOMENDACIONES PARA EL ALMACENAMIENTO Y PRESENTACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARIOS POR PARTE DE LOS USUARIOS

3.3.1 De la separación de los residuos sólidos en la fuente

En caso de que los estudios de factibilidad que hacen parte de los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos – PGIRS de un Municipio o Distrito o los que se realicen tomando como unidad de análisis un conjunto de los mismos en forma regional, y que hayan concluido que es viable y sostenible el proceso de aprovechamiento y valorización de los residuos sólidos generados en la(s) jurisdicción(es) mediante la implementación de alternativas individuales o de tipo regional, las autoridades municipales o distritales definirán los tipos de materiales que serán

objeto de reutilización o reciclaje y divulgarán las especificaciones y requisitos sobre la presentación y los distintivos que deben llevar los empaques de estos materiales.

Para la separación en la fuente de las diferentes fracciones para los generadores domiciliarios se emplearán tres (3) recipientes así:

- Fracciones de materiales inorgánicos reciclables en bolsa de fondo de color blanco.
- Fracciones de materiales orgánicos biodegradables en bolsa de fondo de color verde o café (en caso de ser fabricadas las bolsas en fibras celulósicas)
- Fracciones de materiales a disposición final en bolsa de fondo de color negro o gris

Para la separación en la fuente de las diferentes fracciones para los generadores no domiciliarios, los colores de los recipientes serán los indicados por la Guía Técnica Colombiana ICONTEC GTC 24 o aquella que la modifique, adicione o sustituya, de acuerdo con el tipo de materiales recuperables.

3.3.2 De los recipientes

3.3.2.1 Canecas domésticas

Son recipientes retornables los cuales deben fabricarse de modo que faciliten y reduzcan el impacto sobre el ambiente y la salud pública, así como el satisfacer condiciones de ergonomía y manejo seguro.

Las características mínimas que deben tener son las siguientes:

- a. Peso y construcción que faciliten el manejo hasta el sitio de presentación y durante la recolección. Deben tener una capacidad máxima de almacenamiento que no supere los 25 Kg o los 60 L.
- b. Fabricados en material impermeable, de fácil limpieza y mantenimiento y resistentes a la corrosión, siendo preferiblemente de material sintético, caucho, metal o materiales compuestos.
- c. Dotados de tapa con ajuste y sello, de fácil remoción y que no dificulte el proceso de vaciado durante la recolección.
- d. Diseñados y contruidos de modo que, estando cerrados o tapados, no permitan la entrada de agua, insectos o roedores, ni la salida de líquidos por sus paredes o por el fondo, garantizando condiciones de estanqueidad.
- e. Con bordes redondeados y de mayor área en la parte superior, tronco de cono, de modo que se facilite el vaciado.
- f. Capacidad de acuerdo con lo que establezca la entidad que presta el servicio de aseo, con una capacidad mínima de almacenamiento equivalente a una (1) semana.

Las canecas domésticas deben lavarse por el usuario con una frecuencia tal que sean presentados en condiciones sanitarias adecuadas y que evite la generación de olores y vectores al interior del domicilio.

Para sistemas con presentación diferenciada y recolección selectiva para aprovechamiento, los materiales separados en la fuente por el generador, y que se llevarán a procesos de aprovechamiento y valorización, podrán separarse de la siguiente forma:

- Fracciones de materiales inservibles a disposición final
- Fracciones de materiales orgánicos biodegradables
- Fracciones de materiales inorgánicos reciclables

La presentación en recipientes diferenciados seguirá las directrices definidas por el operador del servicio de aseo y/o las entidades que efectúen la recolección selectiva, siguiendo los códigos de colores establecidos en este Capítulo.

3.3.2.2 Recipientes desechables

Los recipientes desechables utilizados para almacenamiento y presentación de residuos sólidos en el servicio ordinario pueden ser bolsas de material sintético o natural (fibras celulósicas), y deben reunir por lo menos las siguientes condiciones:

- a. Su resistencia debe soportar la tensión ejercida por los residuos sólidos contenidos y por su manipulación.
- b. Su capacidad debe estar de acuerdo con lo que establezca la entidad que presta el servicio de aseo.
- c. Cuando se utilicen bolsas de material sintético o natural (fibras celulósicas) como recipientes desechables, el usuario deberá presentarlas cerradas con nudo o sistema de amarre fijo.

Para sistemas con presentación diferenciada y recolección selectiva para aprovechamiento, los materiales separados en la fuente por el generador, y que se llevarán a procesos de aprovechamiento y valorización, podrán separarse de la siguiente forma:

- Fracciones de materiales inertes reciclables en bolsa de fondo de color blanco
- Fracciones de materiales orgánicos biodegradables en bolsa de fondo de color verde o café (en caso de ser fabricadas las bolsas en fibras celulósicas)
- Fracciones de materiales inservibles a disposición final en bolsa de fondo de color negro o gris

La presentación en bolsas o embalajes diferenciados seguirá las directrices definidas por el operador del servicio de aseo y/o las entidades que efectúen la recolección selectiva, siguiendo los códigos de colores establecidos en este Capítulo.

3.3.2.3 Recipientes para residuos sólidos de evacuación por ductos

Los residuos sólidos que sean evacuados por ductos, serán empacados en recipientes impermeables que cumplan con las características exigidas para recipientes desechables, no podrán ser evacuados residuos de vidrio, botellas, o todo material que al lanzarlo por el ducto pudiera desgarrar el recipiente o bolsa que lo contenga.

Para sistemas con presentación diferenciada y recolección selectiva para aprovechamiento, los materiales separados en la fuente por el generador, y que se llevarán a procesos de aprovechamiento y valorización, podrán separarse de la siguiente forma:

- Fracciones de materiales inertes reciclables en bolsa de fondo de color amarillo o verde
- Fracciones de materiales orgánicos biodegradables en bolsa de fondo de color blanco o café (en caso de ser fabricadas las bolsas en fibras celulósicas)
- Fracciones de materiales a disposición final en bolsa de fondo de color negro o gris

La presentación en bolsas o embalajes diferenciados seguirá las directrices definidas por el operador del servicio de aseo y/o las entidades que efectúen la recolección selectiva, siguiendo los códigos de colores establecidos en este Capítulo.

3.3.2.4 Cajas de almacenamiento

El diseño de las cajas de almacenamiento debe cumplir, al menos, los siguientes criterios:

- a. El tamaño y capacidad, así como su sistema de cargue y descargue, deben ser las que señalen la persona prestadora del servicio de aseo, con el objeto de que resulten compatibles con los correspondientes equipos de recolección y transporte.
- b. Las dimensiones deben ser tales que aseguren el almacenamiento completo de los residuos sólidos producidos de acuerdo con las frecuencias de recolección.
- c. Deben colocarse las cantidades requeridas de cajas que garanticen el almacenamiento de la totalidad de los residuos generados y acorde con la frecuencia de recolección establecida por el prestador del servicio de recolección y transporte.
- d. Su forma y configuración deben ser tales que impidan el acceso de animales y la proliferación de vectores.
- e. Deben poseer tapa o cubierta que impida el ingreso de agua. Su aseo estará a cargo del prestador del servicio de recolección y transporte.
- f. Deben ser compatibles con el vehículo de recolección del sistema.
- g. Su colocación en áreas públicas debe contar con la autorización de la Autoridad Ambiental, siendo recomendadas la instalación de sistemas que operen de forma subterránea y descargue mecánico.

Para sistemas con presentación diferenciada y recolección selectiva para aprovechamiento, los residuos sólidos aprovechables deben almacenarse en contenedores distintos, debidamente identificados con iconos y colores que reduzcan la posibilidad de confusión por parte de los usuarios. Estos deben tener tapas, cubiertas y seguros de acceso que limiten la posibilidad de evacuar los materiales allí depositados por personal ajeno al prestador del servicio de recolección y transporte y/o del que realizará el aprovechamiento y valorización.

3.3.2.5 Canecas públicas

Las canecas públicas deben ser diseñadas y ubicadas según los siguientes requisitos:

- a. La altura de la boca debe estar entre 0,75 m y 1,10 m del suelo (altura de la mano para facilitar su uso).
- b. El ancho de la boca debe ser como mínimo de 0,35 m para evitar la caída de los papeles al disponerlos.
- c. Para que los papeles no sean arrastrados por el viento, es preferible que las canecas sean profundas.
- d. No colocar tapas ya que el público se resiste a empujar una tapa que se supone estará sucia.
- e. Deben tener algunas perforaciones en el fondo para evitar que se llenen de agua cuando llueva.
- f. Deben ser fáciles de vaciar, por lo que conviene que puedan voltearse girando sobre su propio eje horizontal, para lo cual deben tener un punto de rotación y un seguro manual que permita dicha acción únicamente para el momento de la recolección.

- g. Deben estar sólidamente sujetos para evitar que sean hurtadas u objeto de vandalismo. Los soportes tienen que ser resistentes para que los golpes ocasionales no los doblen.
- h. El color debe ser llamativo para atraer la vista, pero sin alterar la estética del sector.
- i. Deben ser ubicados en esquinas y áreas de mayor concentración y movimiento de personas, tomando en cuenta que no obstruyan el paso de peatones y que éstos no se desplacen en demasía para depositar el residuo en la caneca.
- j. Los recipientes sujetos en postes o empotrados en la pared, estarán a una altura de 0,75 m a 1,10 m, dependiendo si éstos se encuentran en una zona escolar, comercial o de esparcimiento público.
- k. El material de los recipientes debe ser duradero, rígido y liviano.
- l. El Municipio es el responsable de garantizar que se realice el mantenimiento permanente de estas canecas públicas.

3.3.2.6 Recipientes para almacenamiento de residuos sólidos con características especiales

Deben ser distintos a los destinados para el servicio ordinario, claramente identificados y observando medidas especiales sanitarias y de seguridad para la protección de la salud humana y el ambiente. Sus características serán las definidas por el marco normativo específico aplicable.

CAPÍTULO F.4

4 RECOLECCIÓN DE RESIDUOS, BARRIDO Y LIMPIEZA DE VÍAS, CORTES, PODAS Y ORNATO DE ÁREAS PÚBLICAS

4.1 ALCANCE

En este Capítulo se establecen los criterios básicos y requisitos mínimos obligatorios que deben cumplir las personas prestadoras del servicio de aseo en el proceso de recolección y su componente de barrido de vías y áreas públicas, con el fin de garantizar su seguridad, funcionalidad, eficiencia y calidad del servicio, relacionados en esta actividad y sus elementos funcionales.

Contiene además los aspectos que deben tenerse en cuenta para diseñar y operar el tipo de servicio de recolección a proporcionar, el tamaño de la cuadrilla y frecuencia de la recolección, frecuencia de barrido, tipo de vehículo recolector, macro y microruteo.

4.2 REQUISITOS OBLIGATORIOS QUE DEBE CUMPLIR LA ACTIVIDAD DE RECOLECCIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS POR PARTE DE LAS PERSONAS PRESTADORAS DEL SERVICIO DE ASEO

Los requisitos obligatorios en relación con la recolección de los residuos sólidos, que deben cumplir las personas prestadoras del servicio de aseo son aplicables a los cuatro (4) niveles de complejidad del sistema y están contenidos principalmente en la Ley 09 de 1979 y el Decreto MMA 1713 de 2002 por el cual se reglamenta la Ley 142 de 1994, la Ley 632 de 2000 y la Ley 689 de 2001, en relación con la prestación del servicio público de aseo, y el Decreto - Ley 2811 de 1974 y la Ley 99 de 1993 en relación con la Gestión Integral de Residuos Sólidos.

Estos requisitos se relacionan en la Tabla F.4.1

TABLA F.4.1 Requisitos obligatorios en relación con la recolección de los residuos sólidos, que deben cumplir las personas prestadoras del servicio de aseo: Decreto MMA 1713 de 2002

Títulos Relacionados	Artículo
Recolección separada	30
Requisitos de la actividad de recolección	31
Sistemas de recolección	32
Establecimiento de macro rutas y micro rutas	33
Horarios de recolección	34
Frecuencias de recolección	35
Divulgación de rutas y horarios	36
Cumplimiento de las rutas	37
Normas sobre recolección a partir de cajas de almacenamiento	38
Recolección de residuos acumulados por el barrido manual de calles	39
Recolección de residuos de poda de árboles y desechos de jardines	40

Títulos Relacionados	Artículo
Recolección industrial y comercial	41
Recolección en plazas de mercado, mataderos y cementerios	42
Recolección de animales muertos	43
Recolección de escombros	44
Recolección de tierra	45
Almacenamiento y recolección de residuos generados en eventos especiales y espectáculos	46
Almacenamiento y recolección de residuos generados en puntos de ventas en áreas públicas	47
Responsabilidad por los residuos sólidos generados en el cargue y descargue de mercancías y materiales	48
Responsabilidad en barrido y limpieza de vías y áreas públicas	52
Establecimiento de macrorutas y microrutas para el servicio de barrido	53
Establecimiento de la frecuencia de barrido	54
Establecimiento del horario de barrido	55
Actividad de barrido manual de calles	56
Instalación de cestas de almacenamiento de residuos sólidos en las calles	57
Equipo para la actividad de barrido manual	58
Actividad de barrido mecánico	59
Responsabilidad de los anunciadores en materia de limpieza	60

4.3 RECOMENDACIONES QUE SE DEBEN TENER EN CUENTA AL DISEÑAR EL SISTEMA DE RECOLECCIÓN

La recolección de los residuos sólidos, sean estos los presentados por los usuarios o los del producto de barrido de vías y áreas públicas, es una de las actividades más importantes que desarrollan las personas prestadoras del servicio de aseo y la que presupuestalmente es más costosa, por lo que cualquier mejora que se pueda hacer en ella significará una importante economía, dado el carácter repetitivo que tiene su operación.

La interacción de la generación de residuos sólidos con sus actividades de almacenamiento y presentación y las del producto de barrido de vías y áreas públicas, con la actividad de recolección, se da en dos (2) aspectos:

1. En la separación de los residuos en la fuente si se busca el aprovechamiento de estos.
2. En la frecuencia de recolección.

Los sistemas de recolección en aceras se recomiendan para residuos sólidos domésticos y para los obtenidos en el proceso de barrido, al igual que es acopiado en puntos debidamente acondicionados en esquinas e intersecciones viales en zonas de difícil acceso, caso en el cual se constituyen en una alternativa funcional desde el punto de vista operativo y logístico.

El sistema de unidades de almacenamiento debe utilizarse para recolección de residuos procedentes de centros de alta tasa de generación temporal así como para grandes generadores.

Se considera pertinente que la recolección selectiva de los residuos presentados por los generadores se coordine con las organizaciones de recicladores, con el fin de desarrollar de forma armónica el procedimiento para su operatividad, minimizando impactos de tipo social y generando acciones afirmativas y de inclusión con este segmento de la población.

La frecuencia de la recolección afecta el tamaño y el tipo de recipiente adecuado para el almacenamiento así como las características del vehículo recolector.

4.3.1 Frecuencia de la recolección

Para el establecimiento de las frecuencias y los horarios, deben tenerse en cuenta en especial las vías en función de su uso, la frecuencia de barrido de vías y áreas públicas y las particularidades de las zonas urbanas que se van a servir así:

- a. Tipo de vías existentes (principales y secundarias, con separadores, estado de la vía) de los Municipios y de alto tráfico vehicular y peatonal.
- b. Uso del suelo (residencial, comercial, industrial, etc.).
- c. Hospitales, clínicas y entidades similares de atención a la salud.
- d. Recolección a zonas industriales.
- e. Zonas de difícil acceso.
- f. Cualquier otro gran generador.
- g. Caminos peatonales.
- h. Plazas públicas.
- i. Barreras geográficas naturales o artificiales.

Para Municipios de complejidad baja y media, las frecuencias de recolección de los residuos sólidos obtenidos en el proceso de barrido podrán realizarse simultáneamente con las frecuencias de recolección de los residuos presentados por los usuarios del servicio ordinario, para lo cual las cuadrillas de barrido deberán ser diseñadas con base en las microrutas de recolección de residuos presentados por los usuarios del servicio de aseo.

Para Municipios de complejidad media alta y alta, las frecuencias de recolección deberán ser diseñadas en forma separada, procurando que los residuos producto del barrido de vías y áreas públicas puedan ser transportadas al sitio de disposición final sin ser mezclados con los residuos presentados por los usuarios del servicio de aseo.

Como mínimo se deberán realizar las frecuencias de recolección establecidas en la Tabla F.4.1, que tiene en cuenta la temperatura y el nivel de complejidad del sistema definido en el Título A: Determinación del nivel de complejidad del sistema, del Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico.

TABLA No. F.4.1 Frecuencias de recolección mínima

Nivel de complejidad	Temperatura ⁵	Frecuencias de recolección mínimas (Veces/Semana)	
		De residuos presentados por los suscriptores	De residuos producto del barrido y limpieza
Bajo	Indiferente	2 simultáneamente	
Medio	Indiferente	2 simultáneamente	
Medio Alto	Mayor o igual a 22 °C	3	1

⁵ La temperatura se asocia con el ciclo reproductivo de la mosca y con la volatilización de compuestos generadores de olores ofensivos.

Nivel de complejidad	Temperatura ⁵	Frecuencias de recolección mínimas (Veces/Semana)	
		De residuos presentados por los suscriptores	De residuos producto del barrido y limpieza
Alto*	Menor de 22 °C	2	1
	Mayor o igual a 22 °C	3	1
	Menor de 22 °C	2	1*

* Las frecuencias mínimas de recolección de residuos producto del barrido de vías y áreas públicas deberá ser de dos (2) veces por semana en ciudades con una población mayor a 800.000 habitantes.

No obstante las frecuencias mínimas de recolección y de barrido definidas en la Tabla F.4.1, la persona prestadora del servicio de aseo, deberá dar cumplimiento a las frecuencias mayores que se determinen por sectores geográficos o vías de acuerdo con lo establecido en el Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos – PGIRS municipal, así como para aquellas zonas con actividades productivas, industriales, comerciales, institucionales y de servicios, con características particulares que hacen necesaria aumentar la frecuencia de recolección.

Todo cambio en las rutas, frecuencias y horarios debe ser notificado con anterioridad de mínimo cinco (5) días a los usuarios atendidos. Si el día propuesto de recolección es festivo y la empresa de recolección no labora en ese día, ésta deberá diseñar un Plan de Contingencia de modo que la recolección se normalice en los siguientes dos (2) días.

La entidad prestadora del servicio de aseo debe ofrecer por lo menos dos (2) veces al año el servicio de recolección de aquellos residuos que por su manejo, volumen o peso, no puedan ser recogidos por el sistema de recolección ordinario, tales como: neveras, muebles, calentadores, árboles, objetos pesados, etc. La entidad prestadora del servicio de aseo debe informar de forma anticipada, dos (2) semanas, a la comunidad sobre las condiciones y fecha de este servicio.

El responsable del transporte de residuos sólidos con características especiales debe solicitar y obtener un concepto previo favorable de la autoridad ambiental competente cuando se trata de desechos peligrosos y de la autoridad municipal si ésta lo ha establecido en su PGIRS.

4.3.1.1 Rendimiento de la recolección

Los tiempos de recolección se deben diseñar de modo que se minimice el costo total de la recolección. La determinación de los diferentes factores de tiempo podrá hacerse a través del monitoreo de los tiempos reales empleados por el sistema de recolección actual (si existiera), el uso de fórmulas teóricamente válidas o la utilización de las siguientes fórmulas recomendadas:

4.3.1.2 Tiempo de recolección

Es el tiempo requerido para llenar el vehículo de recolección. Está determinado por factores como la cantidad de residuos sólidos por parada de recolección, capacidad de almacenamiento del vehículo de recolección y peso específico de los residuos sólidos.

$$\text{Tiempo de recolección} = \frac{V \times \gamma \times t_s}{Q} \quad (\text{F.4.1})$$

Donde:

V = Capacidad de almacenamiento (m³)

γ = Peso específico de los residuos sólidos (kg/cm³, t/m³, Mg/m³)

ts = Tiempo promedio de llenado por parada (min/parada)

Q = Peso de los residuos sólidos por parada (kg/parada)

4.3.1.3 Tiempo de transporte

Tiempo comprendido desde el llenado del vehículo de recolección hasta su entrega en el sitio de disposición final y regreso al sitio de recolección.

$$\text{Tiempo de transporte} = ((2 * n) - 1) * b \quad (\text{F.4.2})$$

Donde:

n = Cantidad de viajes realizados desde la ruta de recolección al sitio de disposición final (Unidades).

b = Tiempo de viaje desde la ruta de recolección hasta el sitio de disposición final (Horas).

4.3.1.4 Tiempo de descarga

Es el tiempo comprendido desde la llegada del vehículo al sitio de disposición final hasta su salida. Su estimación es función del tipo de superficie del área de disposición, facilidades de maniobrabilidad del vehículo y el tiempo gastado en la compactación.

4.3.1.5 Tiempos muertos

Es la suma de:

- a. Tiempos de viaje desde el garaje del vehículo recolector hasta el inicio de la ruta de recolección, al comenzar el día de trabajo.
- b. Tiempos de viaje desde el sitio de disposición final al sitio de almacenamiento de los vehículos de recolección al terminar el día.
- c. Tiempos inherentes al personal de la cuadrilla, como almuerzos, fatigas que afectan la eficiencia del recolector, despacho de vehículos, accidentes, etc.

4.3.1.6 Horarios de recolección

La entidad o entidades prestadoras del servicio domiciliario de aseo deben determinar el horario de la recolección de los residuos sólidos presentados por los usuarios y de los obtenidos dentro del proceso del barrido y limpieza de vías y áreas públicas, teniendo en cuenta las características de cada zona, la jornada de trabajo, el horario de las cuadrillas del barrido de vías, el clima, la capacidad de los equipos, las dificultades generadas por la intensidad del tráfico vehicular o peatonal y cualquier otro elemento que pueda tener influencia en la prestación del servicio.

4.3.1.7 Rendimiento de barrido y limpieza

El rendimiento de la actividad de barrido y limpieza de vías y áreas públicas, deberá ser determinado con base en la cantidad de kilómetros barridos y el tiempo mensual utilizado por los operarios cuando sea manual o de los equipos cuando sea mecánico, empleados para tal fin, para lo cual se deberán utilizar las siguientes fórmulas:

$$\text{Rendimiento de barrido manual} = \frac{\text{LBMa}}{\text{OB}} \quad (\text{F.4.3})$$

$$\text{Rendimiento de barrido mecánico} = \frac{\text{LBMe}}{\text{HBMe}} \quad (\text{F.4.4})$$

Donde:

LBMa = Longitud de barrido manual (km/mes)

LBMe = Longitud de barrido mecánico (km/mes)

OB = Número de operarios de barrido por mes (operarios/mes)

HBMe = Horas de barrido mecánico (horas/mes)

4.3.1.8 Horarios de barrido

La entidad o entidades prestadoras del servicio domiciliario de aseo deben determinar el horario de barrido y limpieza de vías y áreas públicas, teniendo en cuenta las características de cada zona, la jornada de trabajo, el clima, las dificultades generadas por la intensidad del tráfico vehicular o peatonal y cualquier otro elemento que pueda tener influencia en la prestación del servicio.

4.3.2 Cuadrilla

4.3.2.1 De recolección

La persona prestadora del servicio domiciliario de aseo debe realizar un estudio de campo que optimice y reduzca los tiempos y movimientos de las cuadrillas que efectúa la recolección de los residuos presentados por los usuarios y los del producto de barrido de vías y áreas públicas.

La empresa prestadora del servicio de aseo debe ofrecer entrenamiento a su personal de recolección en medidas de Seguridad Industrial y Salud Ocupacional – SI&SO, que cubra al menos los siguientes aspectos:

- a. Técnicas de manipulación de los residuos sólidos.
- b. Forma como deberán ser recibidos de los usuarios los recipientes de almacenamiento.
- c. Forma como deben ser recibidos los residuos de las cuadrillas del barrido de vías y áreas públicas.
- d. Técnicas para una recolección eficiente.
- e. La entidad prestadora del servicio de aseo debe proveer a su personal de los elementos de protección personal, seguridad e higiene industrial, salud ocupacional y ergonómicos necesarios, tales como protección de cabeza contra radiación (casco o gorra), protección visual (gafas de seguridad), protección respiratoria (mascarillas), protección de miembros (guantes de carnaza o vaqueta y calzado de protección de seguridad con puntera y suela resistente a hidrocarburos y antideslizante), ropa de trabajo (overol o uniforme en materiales resistentes al desgaste), así como otros elementos apropiados para el desempeño seguro del trabajo: palas, escobas y recipientes de recolección de residuos clandestinos, cinturones de corrección de postura, etc., elementos apropiados para el desempeño seguro del trabajo.
- f. En general, la entidad prestadora del servicio domiciliario de aseo debe tomar todas las medidas de seguridad necesarias a fin de no exponer la seguridad y salud de su personal de recolección.

4.3.2.2 Del proceso de barrido

La persona prestadora del servicio ordinario de aseo deberá realizar un estudio de campo, que permita determinar el estado y longitud de vías y áreas públicas que serán sometidas al proceso de barrido y que permitan determinar la cantidad de residuos por kilómetro de cuneta (borde de la vía que limita con el andén o separador), las microrutas y macrorutas del proceso de barrido y

la determinación de las cuadrillas en forma óptima y la minimización de tiempos muertos. Se entenderá por cuneta, el área comprendida entre el centro de una vía y el andén o separador.

La empresa prestadora del servicio de aseo debe ofrecer entrenamiento a su personal de recolección en medidas de Seguridad Industrial y Salud Ocupacional – SI&SO, que cubra al menos los siguientes aspectos:

- a. Técnicas de barrido y manipulación de los residuos sólidos.
- b. Forma como deberán ser recogidos y empacados los residuos.
- c. Técnicas para un barrido eficiente.
- d. La entidad prestadora del servicio de aseo debe proveer a su personal de los elementos de protección personal, seguridad e higiene industrial, salud ocupacional y ergonómicos necesarios, tales como protección de cabeza contra radiación (casco o gorra), protección visual (gafas de seguridad), protección respiratoria (mascarillas), protección de miembros (guantes de carnaza o vaqueta y calzado de protección de seguridad con puntera y suela resistente a hidrocarburos y antideslizante), ropa de trabajo (overol o uniforme en materiales resistentes al desgaste), así como otros elementos apropiados para el desempeño seguro del trabajo: palas, escobas y recipientes de recolección de residuos clandestinos, cinturones de corrección de postura, etc., elementos apropiados para el desempeño seguro del trabajo.
- e. En general, la entidad prestadora del servicio domiciliario de aseo debe tomar todas las medidas de seguridad necesarias a fin de no exponer la seguridad y salud de su personal de barrido.
- f. Se deberá prohibir el barrido de vías y áreas públicas hacia las alcantarillas del sistema pluvial del municipio o distrito.

4.3.3 Selección del vehículo de recolección y barrido

El vehículo recolector debe seleccionarse de modo que cumpla con las consideraciones mínimas definidas en este Capítulo, se minimice el tiempo y el costo de la recolección total por tonelada de residuo sólido recolectado.

El costo de la recolección total es la suma de los costos de la unidad compactadora, cuadrilla, operación, etc. Para ello debe realizarse un estudio de costos que incluirá al menos los siguientes ítems:

- a. Análisis económico y financiero.
- b. Disponibilidad de repuestos y mantenimiento.
- c. Velocidad de llenado y vaciado.
- d. Capacidad máxima del vehículo recolector.
- e. Tamaño de las calles.
- f. Trazado de las vías.
- g. Pendientes de las calles en el recorrido.
- h. Densidad de población.
- i. Distancia al lugar de descarga o disposición final.
- j. Unidad compactadora.
- k. Uso del suelo.
- l. Densidad del tráfico y condiciones de tránsito y movilidad.

La selección del vehículo de barrido debe realizarse con base en un estudio de costos que incluirá al menos los siguientes ítems:

- a. Análisis económico y financiero.
- b. Disponibilidad de repuestos y mantenimiento. Duración de accesorios y tasas de reposición
- c. Restricciones operativas: Pendientes de la vía, autonomía, velocidad de tránsito.
- d. Eficiencia de barrido: Km/día – Unidad de Combustible.
- e. Capacidad de la unidad de almacenamiento.
- f. Presentación final del material recolectado.
- g. Consumo de insumos.
- h. Requerimientos de personal.
- i. Densidad del tráfico y condiciones de tránsito y movilidad.

Una vez realizada dicha valoración, se compara con los costos que se tendrían mediante barrido manual y se determina la selección de la respectiva alternativa.

Los vehículos que realizan la gestión de los residuos de las empresas prestadoras del servicio de aseo y en general, cualquier vehículo que realice la recolección y transporte de residuos deben cumplir con las siguientes características:

1. Los vehículos de recolección y transporte deben ser estancos es decir, no permitir el escape de líquidos sólidos o gases concentrados dentro del mismo.
2. La salida del exhosto debe estar hacia arriba y por encima de su altura máxima, para cumplir con las normas establecidas por la autoridad ambiental competente y ajustarse a los requerimientos de tránsito.
3. Los vehículos con caja compactadora deben tener un sistema de compactación que pueda ser detenido en caso de emergencia.
4. Las cajas de los vehículos destinados a la recolección y transporte de los residuos sólidos, deben ser de tipo de compactación cerrada de manera que impidan la pérdida del lixiviado, y contar con un mecanismo automático que permita una rápida acción de descarga.
5. Los vehículos para la recolección selectiva de fracciones pueden o no contar con un sistema de compactación, lo cual dependerá de las fracciones que se deseen gestionar.
6. Los vehículos destinados al transporte y que se cargan en las Estaciones de separación y/o Transferencia no requieren contar con un sistema de compactación en su unidad de almacenamiento, la unidad de almacenamiento de los residuos debe ser estanca y con elementos que permitan su cierre y efectuar un adecuado descargue en el sistema de disposición final de la carga de residuos. No deben tener elementos externos para transporte temporal de personal.
7. Los equipos destinados a la recolección deben tener estribos adecuados para que el personal pueda acceder a la tolva de carga en forma segura; así mismo deben tener superficie antideslizante.
8. Los equipos deben efectuar rápidamente la carga y la descarga de los residuos almacenados en las cajas cerradas y abiertas, para evitar al máximo la dispersión de los residuos sólidos y la emisión de polvos.
9. Durante el transporte, los residuos deberán estar cubiertos dentro de los vehículos, de modo que se reduzca al mínimo al contacto con la lluvia y el viento, y se disminuya el impacto visual.

10. Las dimensiones de los vehículos deben corresponder a la capacidad y dimensión de las vías públicas.
11. Deben garantizar la seguridad ocupacional de los conductores y operarios.
12. Deben estar dotados con equipos contra incendios y accidentes.
13. Deben estar dotados de dispositivos que minimicen el ruido, especialmente aquellos utilizados en la recolección de los residuos sólidos en zonas residenciales y en las vecindades de hoteles, hospitales, centros asistenciales e instituciones similares.
14. Deben estar provistos de un equipo de comunicaciones que se utilizarán para la operación en los diferentes componentes del servicio.
15. Deben estar claramente identificados (color, logotipos, número de identificación, etc.)
16. Se recomienda que cuenten con equipos de compactación de residuos sólidos.

Cuando por condiciones del estado, capacidad y dimensión de las vías públicas, dificultades de acceso o condiciones topográficas o meteorológicas adversas no sea posible la utilización de vehículos con las características antes señaladas, la autoridad competente debe evaluar la conveniencia de utilizar diseños o tipos de vehículos diferentes o adaptarlos, e incluso puede efectuarse la recolección mediante transporte de tracción humana o animal.

Los equipos, accesorios y ayudas de que estén dotados los vehículos destinados para transporte de residuos sólidos deben funcionar permanentemente en condiciones adecuadas para la prestación del servicio, para lo cual se someterán a revisión periódica de mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo.

Los vehículos de recolección y transporte de residuos sólidos deben lavarse al final de la jornada diaria. El lavado no puede efectuarse en áreas públicas y está sometido a las reglamentaciones que al respecto fije la autoridad competente.

4.3.4 Ruteo

4.3.4.1 De recolección

Las personas prestadoras del servicio deben establecer las macrorutas y microrutas que deben seguir cada uno de los vehículos recolectores en la prestación del servicio, de acuerdo con las normas de tránsito y las características físicas y topográficas de las calles del Municipio. Estas rutas deben permitir cumplir con eficiencia la asignación de recursos físicos y humanos para lograr la productividad de un servicio competitivo.

Para el diseño de las macrorutas se recomienda seguir la siguiente metodología:

- a. Definir espacialmente, empleando planos topográficos y de infraestructura vial, la zona a servir, teniendo en cuenta los planes de desarrollo de cada Municipio. Deben conocerse también las redes de servicio público existentes
- b. Incluir en el plano las toneladas diarias de residuos sólidos por cada vivienda ó contenedor, de acuerdo con el sistema de recolección previamente escogido.
- c. Subdividir el área en zonas que en lo posible tengan el mismo uso, por ejemplo: residencial, comercial, industrial, etc.
- d. Asignar a cada subárea una o más microrutas. Esta asignación debe en lo posible limitar el paso por cada calle a una vez y en general deben considerarse las recomendaciones para el diseño de microrutas.

Para el diseño de microrutas deben tenerse en cuenta las siguientes recomendaciones:

1. El diseño de la microruta debe comenzar en el punto más cercano al garaje del vehículo y terminar en el punto más cercano al sitio de disposición final de éstos.
2. Los residuos localizados en zonas de congestión vial se deben recoger a una hora del día tal que no haya congestiones de tráfico que retrasen el recorrido o que se generen problemas de flujo en el tránsito por su presencia.
3. El diseño de la microruta debe minimizar los giros en “U” y los giros a la izquierda.
4. La microruta debe promover que el recorrido de las calles sea en el sentido de las manecillas del reloj.
5. La microruta debe ser continua, es decir que contenga una serie de calles sin zonas muertas o traslapadas con calles correspondientes a otras rutas.
6. Las microrutas correspondientes a una misma zona de servicio deben en lo posible recolectar un mismo número de cargas diarias, lo que le da flexibilidad al servicio.
7. Las vías cerradas deben ser recolectadas así: desplazamiento en reversa y recolección en marcha adelante.
8. En lo posible las microrutas deben diseñarse para que empiecen y terminen cerca de calles de tráfico alto, utilizando las barreras topográficas y físicas como bordes de la macroruta.
9. En zonas de laderas y de alta pendiente del terreno, la recolección debe empezar en la parte más alta y continuar cuesta abajo mientras se cargan los vehículos.
10. En calles de alta pendiente, la recolección empezará en la parte más alta y, si se deben recoger ambas aceras, el conductor viajará cuesta abajo mientras el personal recolector carga el camión.
11. En caso de recolección en ambas aceras deben preferirse rutas derechas, con pocos giros.
12. El conductor o jefe de cuadrilla debe contar con una carta de recorrido o microruta preestablecida al momento de iniciar los servicios; ésta debe ser susceptible de adaptarse a medida que la cuadrilla descubra mejores formas de realizar el servicio (reducción de tiempo y consumo de combustible).
13. Deben minimizarse los tiempos muertos y recorridos improductivos.
14. Debe considerarse las condiciones de tránsito real y futuro.
15. Censo de grandes generadores de residuos.
16. Incluir en el análisis los usos del suelo y las características de los generadores específicos asentados en las diferentes áreas.
17. Evaluar y tener presente las alturas máximas permisibles en puentes vehiculares, peatonales, así como de infraestructura de comunicaciones, eléctrica y alumbrado público.

Cuando el sistema de transporte se encuentre en operación, la ruta diseñada debe ser rectificadas en conjunto con el conductor del vehículo de recolección.

4.3.4.2 De barrido

Las microrutas del proceso de barrido y limpieza deben diseñarse teniendo en cuenta las siguientes consideraciones y metodología:

- a. Se debe señalar en un plano las microrutas con horarios de recolección de residuos presentados por los usuarios.
- b. Las macrorutas de barrido y limpieza, deberán corresponder al área geográfica que la cuadrilla barre en una (1) semana, las microrutas deben corresponder a los kilómetros de cuneta que la cuadrilla barre en un (1) día, las cuales deben ser diseñadas de tal forma

que permita cumplir con eficiencia la asignación de recursos físicos y humanos para lograr la productividad de un servicio competitivo.

Para el diseño de las macrorutas se recomienda seguir la siguiente metodología:

- a. Definir espacialmente, empleando planos topográficos y de infraestructura vial, la zona a servir, teniendo en cuenta los planes de desarrollo de cada Municipio. Deben conocerse también las redes de servicio público existentes
- b. Incluir en el plano la longitud de los diferentes componentes de la infraestructura vial (calles, carreras, transversales, avenidas, etc.) según sea el caso, describiendo tipo de terminado de la vía: pavimentada, sin pavimentar, y su estado.
- c. Subdividir el área en zonas que en lo posible tengan el mismo uso, por ejemplo: residencial, comercial, industrial, etc., en todo caso en el plano se debe describir el uso.
- d. Asignar a cada área una o más microrutas.

Para el diseño de microrutas debe considerarse que la cuadrilla debe estructurarse de tal forma, que siempre existan dos (2) frentes de trabajo, uno (1) por cada cuneta de la vía y tenerse en cuenta las siguientes recomendaciones:

- a. Sobre el plano se trazarán las posibles microrutas. Cada microruta, será el equivalente al barrido realizado por cada cuadrilla en un (1) día.
- b. La microruta debe ser continua, es decir que contenga una serie de calles sin zonas muertas o traslapadas con calles correspondientes a otras microrutas.
- c. El barrido de vías cerradas lo deberá realizar el frente de trabajo que le corresponda, haciendo el desplazamiento desde la vía principal y por la cuneta que le corresponda hasta la última vivienda, devolviéndose por la cuneta de enfrente hasta llegar nuevamente a la vía principal, para continuar su trayecto normal.
- d. Sobre el plano y trazado de la ruta de recolección, se señalarán los usos del suelo (residencial, industrial, comercial, institucional), tipo de terminado de la vía: pavimentada, sin pavimentar, y su estado, y generación promedio en toneladas por kilómetro.
- e. Con base en el tipo de vía y usos del suelo, se definirán rendimiento de barrido y limpieza de la cuadrilla en horas por kilómetro.
- f. Con base en el rendimiento de barrido, se medirá sobre la ruta proyectada la distancia que deberán barrer los operadores en ocho (8) horas, identificándose de esta manera la microruta de barrido.
- g. Este procedimiento, se realizará hasta culminar la ruta proyectada, identificándose de esta manera el número de microrutas.
- h. El total de microrutas se dividirá en seis (6) días de barrido, determinándose de ésta manera el número de cuadrillas que deben realizar el barrido y limpieza de vías y áreas públicas.
- i. Con base en el número de cuadrillas se identificará en el plano, el día que se prestará el servicio, los sitios de inicio y final del barrido en un día, y la identificación cada hora del sitio por donde pasará la cuadrilla.
- j. El día y horario obtenido deberán hacer parte del contrato de condiciones uniformes.
- k. En el caso de parques y áreas públicas se deberá tomar una longitud promedio realizando el siguiente análisis: la calle equivaldrá a la longitud de vía y la carrera se dividirá en tantas partes proporcionales de seis (6) metros. La longitud total de la cuneta a barrer equivalente, será el resultado de multiplicar las partes resultantes por la longitud de la calle.

Los lineamientos para su implementación deben estar contemplados en el PGIRS del Municipio así como la definición de frecuencias que se tendrán en la prestación del servicio.

4.4 CORTES, PODAS Y ORNATO DE ÁREAS PÚBLICAS

4.4.1 Características de la actividad

El mantenimiento de los diferentes individuos vegetales que se encuentran en áreas públicas, así como los que efectúan particulares al interior de sus predios conlleva a la generación de varios tipos de residuos que requieren de una gestión diferenciada.

Los residuos de los diferentes insumos como agroquímicos (fertilizantes, plaguicidas, inhibidores, etc.), deben manejarse de acuerdo con las directrices establecidas para residuos con características de peligrosidad.

Las fracciones orgánicas generadas, consistentes de hojas, ramas y tallos, así como frutos, deben reducirse de tamaño, preferiblemente en el sitio de generación o en un área operativa cercana, con el fin de optimizar las condiciones de transporte y reducir riesgos durante el desarrollo de esta actividad. Se pueden emplear diferentes equipos de corte y fraccionamiento, los cuales tienen rangos de operación dependiendo de características tales como el tamaño de las fracciones representado en su diámetro y de la tenacidad del residuo.

4.4.2 Disposición de los residuos orgánicos biodegradables

Los residuos orgánicos biodegradables generados durante el desarrollo de las actividades acá contempladas, deben someterse a procesos de estabilización empleando procesos de tipo biológico, fisicoquímico, térmico o combinación de los anteriores y pueden llevarse a valorización mediante la obtención de bienes que pueden emplearse en diferentes actividades productivas.

No es posible su envío de forma directa a los rellenos sanitarios para ser dispuestos en el frente de vertido, requiriéndose para ello que el material a depositar se encuentre estabilizado para ser ingresado en el sistema.

Las posibilidades para efectuar su comercialización como un bien con usos potenciales diversos, estará regulado de acuerdo con la normativa específica aplicable del ICA y el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural,

CAPÍTULO F.5

5 TRANSPORTE DE RESIDUOS, ESTACIONES DE SEPARACIÓN Y/O TRANSFERENCIA

5.1 ALCANCE

En este Capítulo se establecen los criterios básicos y requisitos mínimos que deben reunir los procesos involucrados con el diseño y operación de las actividades complementarias de transporte y de las estaciones de separación y/o transferencia de residuos sólidos, con el fin de garantizar su seguridad, funcionalidad, calidad, eficiencia y sostenibilidad.

Se incluyen los aspectos que deben tenerse en cuenta para determinar las características de los vehículos recolectores involucrados en la operación y el diseño del sistema de transporte y de las estaciones de separación y/o transferencia, estas últimas como elementos funcionales para incrementar la eficiencia del servicio de recolección, lograr la economía en el sistema de transporte y como posible implementación en ellas de centros de separación de los residuos, para garantizar la recuperación de materiales que podrán usarse posteriormente como materias primas secundarias.

Los requerimientos dados en el desarrollo de este Capítulo deben cumplirse para los cuatro (4) niveles de complejidad del sistema, a excepción de los literales donde se especifique lo contrario.

5.2 REQUISITOS OBLIGATORIOS QUE DEBE CUMPLIR LA ACTIVIDAD DE TRANSPORTE

El transporte de los residuos sólidos recolectados en los puntos de generación ocurre desde el punto donde termina la recolección hasta el punto de descarga, que puede ser una estación de separación de materiales, una estación de transferencia, un sistema de aprovechamiento y valorización, una unidad de tratamiento (térmico, fisicoquímico o biológico), un sistema de disposición final tipo relleno sanitario o unidad térmica, o una combinación de las anteriores.

Es necesario diferenciar el transporte de los residuos que se realiza desde una Estación de Separación y/o Transferencia hacia el sistema de disposición final de aquel que se realiza desde los puntos de generación hacia las Estaciones de Separación y/o Transferencia o hacia el sistema de disposición final, ya que cada uno tiene características operativas diferenciadas y fundamentadas en las características operativas de la unidad de almacenamiento y la capacidad de la misma.

5.2.1 Características de los vehículos recolectores y transportadores de residuos sólidos

Los vehículos empleados en las actividades de recolección y transporte de residuos, dedicados a la prestación del servicio de aseo deberán tener, entre otras, las siguientes características:

- a. Los vehículos de recolección y transporte deberán ser motorizados, y estar claramente identificados (color, logotipos, placa de identificación, iconos informativos, entre otras características). Se puede en situaciones particulares y especiales autorizar el uso de vehículos de tracción humana o animal o el empleo de sistemas alternos motorizados como motocicletas con remolque, atendiendo situaciones y condiciones particulares de la infraestructura vial, posibilidades de acceso y tasas de generación.
- b. Los vehículos y/o el personal operativo de aquellos municipios o distritos con más de 2.500 usuarios en el servicio público de aseo, deberán estar provistos de equipo de comunicaciones, el cual se utilizará para la operación en los diferentes componentes del servicio.
- c. Los municipios y distritos con más de 2.500 usuarios en el servicio público de aseo o una generación mayor a 290 Mg/mes deberán contar con vehículos de recolección y transporte que tengan incorporados elementos de compactación de los residuos. Se exceptúan aquellos vehículos que se destinen a la recolección de residuos separados en la fuente con destino a procesos de aprovechamiento y valorización, manejo de escombros, gestión de residuos peligrosos y otros residuos que no sean susceptibles de ser compactados o no se recomienda efectuar dicha actividad con los mismos.
- d. Por razones de seguridad industrial para el personal, el exhosto debe tener su punto de emisión colocado hacia arriba y por encima de la altura máxima de la unidad de almacenamiento de residuos. Se deberá cumplir con las demás normas vigentes para emisiones atmosféricas y ajustarse a los requerimientos de tránsito.
- e. Los equipos de compactación deberán tener un sistema de parada de emergencia que detenga totalmente y de forma inmediata la operación del mismo.
- f. Las cajas compactadoras de los vehículos destinados a la recolección y transporte de los residuos sólidos, deberán ser de tipo de compactación cerrada, de manera que impidan la fuga y descarga en la vía pública de las aguas resultantes del proceso y deben contar con un mecanismo automático que permita una rápida acción de descarga.
- g. Los equipos destinados a la recolección deberán tener estribos con superficies antideslizantes, adecuadas para que el personal pueda transportarse momentáneamente en forma segura.
- h. Los equipos deberán posibilitar el cargue y el descargue de los residuos sólidos almacenados de forma tal que evite la dispersión de éstos y la emisión de partículas.
- i. Deberán estar diseñados de tal forma que no se permita el esparcimiento de los residuos sólidos durante el recorrido.
- j. Dentro de los vehículos que no utilicen caja compactadora, los residuos sólidos deberán estar cubiertos durante el transporte, de manera que se reduzca el contacto con la lluvia, el viento, se evite el esparcimiento y el impacto negativo visual y estético.
- k. Las especificaciones de los vehículos deberán corresponder a la capacidad y dimensión de las vías públicas.
- l. Deberán cumplir con las especificaciones técnicas existentes para no afectar la salud ocupacional de los conductores y operarios.
- m. Deberán estar dotados con los equipos de carretera y de atención contra conatos de incendios.
- n. Deberán estar dotados de dispositivos que minimicen el ruido, especialmente aquellos utilizados en la recolección de residuos sólidos en zonas residenciales y en las vecindades de hoteles, hospitales, clínicas, centros educativos, centros asistenciales e instituciones similares.

Cuando por condiciones de capacidad y dimensiones de las vías públicas, dificultades de acceso o condiciones topográficas no sea posible la utilización de vehículos con las características antes señaladas, el operador del servicio de aseo presentará la solicitud de modificación ante la autoridad municipal con los respectivos soportes técnicos, económicos, y ambientales para su autorización y se reportará dicha situación a la Superintendencia de Servicios Públicos y a la CRA para su aprobación de forma previa a su ejecución, quienes definirán la conveniencia de utilizar los diseños o tipos de vehículos diferentes.

5.2.2 Características de los vehículos transportadores de residuos sólidos desde las Estaciones de Separación y/o Transferencia hacia el Sistema de Disposición Final

Los vehículos empleados en las actividades de transporte de residuos desde las Estaciones de Separación y/o Transferencia, deberán tener, entre otras, las siguientes características:

- a. Los vehículos de transporte deberán ser motorizados, y estar claramente identificados (color, logotipos, placa de identificación, iconos informativos, entre otras características).
- b. Los vehículos y/o el personal operativo deberán estar provistos de equipo de comunicaciones, el cual se utilizará para actividades de logística y coordinación con los otros componentes del servicio.
- c. Los vehículos de transporte podrán o no tener incorporados elementos de compactación de los residuos, lo cual dependerá de las condiciones operativas, capacidad de la unidad de almacenamiento, restricciones viales y condiciones del cargue y descargue de los residuos.
- d. Los vehículos deberán cumplir con las normas vigentes para emisiones atmosféricas y ajustarse a los requerimientos de tránsito.
- e. En caso de contar con equipos de compactación, estos deberán tener un sistema de parada de emergencia que detenga totalmente y de forma inmediata la operación del mismo.
- f. Las unidades de almacenamiento de los vehículos destinados al transporte de los residuos sólidos, deberán ser estancos y permitir su cierre o cubierta, de manera que impidan la fuga y descarga en la vía pública de las aguas resultantes durante el transporte, evitar el arrastre y la dispersión de residuos, material particulado y olores y deben contar con un mecanismo automático que permita una rápida acción de descarga en el sistema de disposición final.
- g. Los equipos deberán posibilitar el cargue y el descargue de los residuos sólidos almacenados de forma tal que evite la dispersión de éstos y la emisión de partículas.
- h. Los vehículos deberán estar cubiertos durante el transporte, de manera que se reduzca el contacto con la lluvia, el viento, se evite el esparcimiento y el impacto negativo visual y estético.
- i. Las especificaciones de los vehículos deberán corresponder a la capacidad y dimensión de las vías públicas.
- j. Deberán cumplir con las especificaciones técnicas existentes para no afectar la salud ocupacional de los conductores y operarios.
- k. Deberán estar dotados con los equipos de carretera y de atención contra conatos de incendios.
- l. Deberán estar dotados de dispositivos de control de ruido.

5.2.3 Condiciones de equipos y accesorios para transporte de residuos sólidos

Los equipos, accesorios y ayudas de que estén dotados los vehículos destinados para transporte de residuos sólidos, deberán mantenerse siempre en óptimas condiciones de funcionamiento para la prestación del servicio.

5.2.4 Lavado de los vehículos y equipos

Los vehículos de recolección y transporte así como los de transporte de residuos sólidos deberán lavarse al final de la jornada diaria. El lavado debe realizarse en sitios diseñados para tal fin por las empresas prestadoras del servicio, contando como mínimo con sistemas de tratamiento preliminar, tales como cribas y rejillas de retención de sólidos voluminosos, cárcamos de recolección de las aguas residuales, unidades de trampas de grasas y aceites y unidades de desarenado.

Esta actividad no puede efectuarse en áreas públicas ni en fuentes o cuerpos de agua. Los residuos resultantes del proceso deberán someterse a procesos de acondicionamiento y retiro de humedad, con el fin de poderse disponer en el relleno sanitario.

5.3 REQUISITOS OBLIGATORIOS QUE DEBEN CUMPLIR LAS ESTACIONES DE SEPARACIÓN Y/O TRANSFERENCIA

Las estaciones de separación y/o transferencia son instalaciones en donde, los vehículos utilizados para la recolección en las microrutas, entregan los residuos para someterlos a tareas de: separación de fracciones aprovechables mediante procesos manuales, mecánicos o combinación de los mismos, reducción de tamaño o volumen, acondicionamiento o su transferencia a vehículos de mayor capacidad. La utilización de vehículos de mayor capacidad obedece a criterios y condiciones logísticas y operativas. Igualmente se tienen restricciones de acuerdo a las normas y limitaciones de tránsito vehicular por las vías que requiere desplazarse. Estos vehículos tienen condiciones apropiadas para el transporte de los residuos hasta el sitio de descarga o disposición final, según las alternativas de gestión que se definan para los mismos: Aprovechamiento, Tratamiento o Disposición Final. Estos vehículos pueden emplearse para el transporte de fracciones mezcladas o separadas de residuos sólidos, teniéndose para cada una de ellas limitaciones y requerimientos según las particularidades fisicoquímicas de los materiales: Posibilidades de generación de vertimientos, emisión de gases y vapores que generen olores ofensivos, dispersión de material particulado, etc., lo cual hace que cada alternativa cumpla lo establecido para los vehículos transportadores de residuos sólidos.

Las estaciones deben conceptualizarse de tal manera que permitan efectuar actividades de separación, aprovechamiento y/o valorización mediante la clasificación de fracciones susceptibles de ser reincorporadas como materia prima secundaria a los procesos productivos o proceder con el beneficio energético de los materiales separados, para posteriormente efectuar las actividades de transferencia o realizar el trasbordo de las fracciones finalmente resultantes. Esta condición de diseño e implementación está condicionada a tener viabilidad técnica, ambiental y financiera para que se lleve a cabo el aprovechamiento y valorización de fracciones de residuos en el espacio geográfico definido para su implementación.

La construcción y operación de una estación de separación y/o transferencia con recuperación de materiales y/o energía, puede presentar economías de escala considerables si se analizan

combinadamente con la disminución de costos asociados al transporte de los residuos, lo cual está considerado en la estructuración tarifaria del servicio.

El objetivo primordial de este tipo de infraestructura es efectuar la optimización de la cantidad y el volumen disponible para el transporte de residuos, realizando el beneficio de fracciones susceptibles de ser aprovechadas, compactando los materiales y poniendo los materiales finalmente resultantes en vehículos adecuados para su traslado hasta el sitio de disposición final.

5.3.1 Utilización de estaciones de separación y transferencia

Los Municipios o Distritos al elaborar el Plan de Gestión Integral de los Residuos Sólidos - PGIRS, y/o la empresa operadora del servicio de aseo, deben evaluar la viabilidad técnica, económica y ambiental y definir la necesidad operativa y logística de utilizar estaciones de separación y/o transferencia, en función de la racionalización de recursos económicos, energéticos, la disminución de los impactos ambientales y el logro de una mayor productividad de la mano de obra y del equipo utilizado.

Está prohibida la transferencia de los residuos sólidos en sitios diferentes a las estaciones de separación y/o transferencia.

5.3.2 Instalación de estaciones de separación y transferencia

Cuando el Municipio o Distrito o la empresa prestadora del servicio de aseo considere necesario establecer estaciones de separación y/o transferencia, se debe realizar el estudio de factibilidad, el cual debe incluir la evaluación económica, técnica, financiera, institucional y ambiental, así:

- a. Evaluación económica. Se debe evaluar la contribución de la puesta en marcha de una estación de separación y/o transferencia al bienestar económico.
- b. Evaluación técnica. Debe determinarse si hay un incremento de la vida útil de los vehículos, disminución de los costos de mantenimiento de los vehículos recolectores y minimización de posibles problemas con éstos, tales como pinchaduras de llantas, defectos mecánicos, etc. Así mismo, se debe evaluar el tipo de infraestructura a implementarse: Carga directa, Plataforma de descarga, unidades de separación automática mecánica o manual, fracciones potencialmente aprovechables, mercado y comercialización.
- c. Evaluación financiera. Se deben establecer los costos de recolección para los usuarios, costos de adquisición y mantenimiento de los vehículos de transferencia, costos de mano de obra, transporte, construcciones civiles y dotación de equipos; con el fin de identificar los beneficios que genera y la rentabilidad financiera del proyecto.
- d. Evaluación institucional. Debe analizarse la estructura interna del proyecto, el personal que lo va a manejar y las relaciones ínter y extra institucionales que influyen en el funcionamiento del proyecto. Voluntad política de los posibles interesados en utilizar la infraestructura y resultados del proceso de concertación con la comunidad en el área de influencia directa del proyecto.
- e. Evaluación ambiental. Deben evaluarse los posibles impactos generados sobre el componente físico (el aire, el agua, los suelos), componente biótico (flora y fauna) y componente antrópico. Debe haber participación directa de la comunidad en la determinación de los posibles impactos generados sobre la comunidad, mediante el empleo de los mecanismos establecidos en la normativa. Como resultado se deben establecer las acciones de manejo ambiental para prevenirlos, mitigarlos, compensarlos y corregirlos.

5.3.3 Diseño y construcción de estaciones de separación y transferencia

Para el diseño y construcción de las estaciones de separación y transferencia, deben considerarse como mínimo los siguientes parámetros:

- a. Cantidad y tipo, clasificación, de residuos a manejar.
- b. Características de los residuos, entre las cuales se debe tener en cuenta: Densidad aparente y real, humedad y composición de los residuos sólidos.
- c. Cantidad de residuos separados en la fuente, con recolección selectiva y susceptible de ser recuperados (aplica para estaciones de transferencia con separación y recuperación de materiales).
- d. Flujo de residuos hacia la estación.
- e. Cantidad, tipo y características de los vehículos recolectores a utilizar.
- f. Horarios de inicio y terminación de la jornada diaria de trabajo.
- g. Sitio y tipo de disposición final a utilizar: Distancias efectivas, tiempos de desplazamiento y restricciones específicas de tránsito.
- h. Capacidad de la estación de separación y transferencia.
- i. Cantidad, tipo y características de los vehículos de transferencia.
- j. Capacidad de los vehículos de transferencia.
- k. Tiempo de carga de los vehículos de transferencia.
- l. Horario de llegada de los recolectores a la estación.
- m. Sistemas de Tratamiento, Monitoreo y Control Ambiental: Métodos de aislamiento y retiro del entorno, olores y emisiones fugitivas, vertimiento aguas residuales, residuos, ruido y vibraciones, protección del suelo y aguas subterráneas, pozos de monitoreo.

5.3.4 Condiciones de localización y funcionamiento

La localización y el funcionamiento de estaciones de separación y/o transferencia de residuos sólidos deben sujetarse, como mínimo, a las siguientes condiciones:

- a. Localización, de conformidad con los usos del suelo previstos por las autoridades municipales y contenidos en el Plan de Ordenamiento Territorial, POT, Plan Básico, PBOT, o Esquema de Ordenamiento Territorial, EOT, así como con lo establecido en el PGIRS Municipal.
- b. No estar localizadas en áreas de influencia directa de establecimientos educativos, hospitalarios y salud, militares, instalaciones de preparación y transformación de alimentos, instalaciones de formulación y elaboración de medicamentos y fármacos, y otros con cuyas actividades sean considerados como incompatibles por razones de riesgo tecnológico, lo cual debe estar debidamente argumentado y sustentado y será evaluado por la Autoridad Ambiental competente, la cual emitirá concepto y se pronunciará formalmente al respecto de acuerdo con las competencias definidas en la normativa y la Ley.
- c. Disponer de vías de fácil acceso para los vehículos, minimizando potenciales afectaciones en el tráfico vehicular normal de la zona.
- d. No obstaculizar el tránsito vehicular o peatonal, ni causar problemas de valoración estética y paisajística.
- e. Operar bajo techo cubierto y contar con cerramientos internos en mampostería.
- f. Contar con un sistema definido de cargue y descargue de residuos.
- g. Disponer de un sistema alternativo para operación en casos de fallas o emergencias.
- h. Tener un sistema de pesaje acorde con la capacidad operativa de la estación.

- i. Contar con un sistema de suministro de agua en cantidad suficiente para realizar actividades de lavado, limpieza y desinfección de la estación y de los vehículos.
- j. Cumplir con las disposiciones de la Ley 99 de 1993 y sus decretos reglamentarios en materia de control de contaminación ambiental y demás normatividad ambiental vigente.
- k. No generar riesgos para la salud humana ni afectaciones graves al ambiente.
- l. Disponer de los servicios públicos de acueducto, alcantarillado, energía eléctrica y comunicaciones.
- m. Contar con sistemas de doble compuerta, succión al interior de la estación y sorción de gases, minimizando emisiones fugitivas de olores y otros gases y vapores a la atmosfera.
- n. Contar con detectores de humo y fuego, red de contraincendio y sistema de recolección y almacenamiento de aguas de contraincendio.
- o. Implementar una barrera perimetral que minimice la interacción desde y hacia el exterior de las instalaciones.
- p. Ejecutar un Programa de Control de Vectores.
- q. Contar con capacidades de almacenamiento temporal de al menos tres (3) días y máximo de diez (10) días, la cual se considera utilizar en condiciones de contingencia.
- r. Poseer sitios definidos de depósito de los materiales separados, aprovechados y/o valorizados, aplicable solo en el caso de que el aprovechamiento y valorización sea considerado como viable de acuerdo con los resultados de un estudio de evaluación previo.
- s. Los pisos deben estar impermeabilizados, las juntas de paredes y pisos deben ser redondeadas y permitir el fácil aseo de las superficies y debe contar con un sistema de cárcamos y drenajes que permita la captación y el transporte de las aguas residuales generadas en el proceso.
- t. Debe contar con un Plan de Manejo Ambiental – PMA de autocontrol y autoregulación, el cual permita minimizar los impactos ambientales negativos en la zona de influencia de ésta.
- u. Tramitar y obtener los permisos correspondientes: Vertimientos, Emisiones, Concesión de Aguas, así como el pago de tasa retributiva y de inversión forzosa del 1% (en caso de que aplique).
- v. Las demás que indiquen las normas vigentes.

5.3.5 Minimización de Impactos Ambientales en las Estaciones de Separación y/o Transferencia

A fin de minimizar los impactos ambientales generados por el diseño, construcción y operación de las estaciones de transferencia, entre otras, se debe cumplir con las siguientes obligaciones:

- a. El diseño arquitectónico de la estación de transferencia debe ser completamente cerrado.
- b. Los materiales de construcción deben ser de fácil mantenimiento y limpieza.
- c. Contar con equipos de ventilación y extracción de aire, los cuales deben tener los correspondientes elementos de tratamiento.
- d. Disponer de equipos para el control de conatos de incendio.
- e. Realizar el control y llevar registro diario de la operación.
- f. Disponer en la estación de sistemas para el lavado, limpieza, desinfección y fumigación de los vehículos, equipos, herramientas y maquinaria.

- g. Disponer de sistemas de pretratamiento y/o tratamiento completo de las aguas residuales que genere dando cumplimiento a la normatividad ambiental vigente.
- h. Deben implementarse al menos tres (3) pozos perimetrales a la estación para el monitoreo de posibles fugas e infiltraciones de aguas residuales, así como para el control y seguimiento de la escurrentía subsuperficial y de las aguas subterráneas. Cada uno de los pozos debe tener al menos una profundidad de diez (10) metros.

Para la operación de las estaciones de transferencia se debe contar con los respectivos manuales de operación, de mantenimiento preventivo, de seguridad industrial y de salud ocupacional (SI&SO).

Se deberá disponer de un Plan de Contingencia que permita el normal funcionamiento de las operaciones de transferencia, en caso de falla o emergencia en el sistema.

5.3.6 Vehículos de transporte desde las estaciones de separación y/o transferencia

Las personas prestadoras del servicio de aseo deben determinar el número mínimo de vehículos con la capacidad de carga y considerando las limitantes de carga máxima establecida por el Ministerio de Transporte y los requerimientos de compactación necesarios para el proceso de transferencia, de tal forma que se puedan transportar en el horario de trabajo normal todos los residuos sólidos recolectados, sin permitir que estos se acumulen de forma inapropiada, de tal forma que no se generen focos de contaminación ambiental y de perturbación del bienestar ciudadano y de la comunidad.

5.4 RECOMENDACIONES PARA EL DISEÑO DE ESTACIONES DE SEPARACIÓN Y/O TRANSFERENCIA

El diseño de estaciones de separación y/o transferencia debe obedecer a un estudio de volúmenes y composición de los residuos sólidos que llegarán a la estación y además el flujo y la forma como estos van a llegar. Entre los parámetros de diseño deben considerarse adicionalmente de los criterios climatológicos y geológicos, los siguientes:

5.4.1 Producción y características de los residuos

Debe evaluarse la cantidad producida y recolectada en diferentes zonas de la ciudad y las proyecciones para el período de vida útil de la estación de separación y/o transferencia, así como las variaciones estacionales. Las características más importantes por cuantificar son:

- a. Peso específico
- b. Humedad
- c. Tipos de residuos esperados
- d. Composición de los residuos sólidos
- e. Cantidad de residuos a recuperar (para estaciones de separación y/o transferencia con recuperación de materiales)
- f. Flujo de residuos hacia la planta en la unidad de tiempo

5.4.2 Servicio de recolección

Deben conocerse las siguientes características del servicio de recolección, tales como:

- a. Cantidad de vehículos recolectores que utilizarán la estación

- b. Tipo de vehículos recolectores
- c. Estado de conservación de los vehículos recolectores
- d. Capacidad de carga de estos vehículos
- e. Frecuencia de la recolección
- f. Horarios de inicio y terminación de la jornada diaria de trabajo
- g. Estructura de las macro y microrutas

5.4.3 Sitio y tipo de disposición final

La investigación sobre los sistemas de disposición final debe suministrar información sobre la ubicación actual y futura de los sitios de disposición final y los métodos utilizados en ellos.

5.4.4 Sistema vial y zonificación

Las instituciones y entidades gubernamentales competentes deberán suministrar información sobre la red vial desde la estación de separación y transferencia hasta el sitio de descarga o disposición final, según las alternativas de gestión que se definan para los mismos: Aprovechamiento, Tratamiento o Disposición Final, que contenga:

- a. Vías que deben recorrer los vehículos de transferencia hasta el sitio
- b. Tipo de pavimento de las vías
- c. Estado de conservación de las vías
- d. Existencia de puentes, pasos a nivel, curvas horizontales y verticales
- e. Distancia de recorrido hasta el sitio de disposición final
- f. Tiempo de recorrido normal hasta el sitio de disposición final
- g. Restricciones de tránsito especiales o particulares

5.4.5 Ubicación de los centros de gravedad

La optimización de la localización de la estación de separación y/o transferencia depende de la ubicación del centro de gravedad de: área geográfica a atender, distribución de los usuarios y generadores de residuos, distribución poblacional y localización del sistema de disposición final.

La información deberá registrarse en los planos de planta de la ciudad, que será la principal referencia para la futura estación de separación y/o transferencia. Para definir los centros de gravedad puede utilizarse cualquier método técnicamente válido, aprobado por el ICONTEC o por métodos normalizados internacionalmente.

A partir de la localización de los centros de gravedad, se establece un espacio geográfico en el cual se califica como factible la localización de la estación, el cual estará condicionado por la presencia de suelo de uso residencial o de infraestructura sensible (Unidades de Salud, Unidades Militares, Instalaciones Educativas, Industrias de Alimentos, Fármacos y Medicamentos o Cosméticos) disponibilidad de accesos y conectividad vial y disponibilidad de servicios públicos y potencializado por la presencia de suelo de uso industrial según el POT. A esto se suma los resultados de la modelación de dispersión de contaminantes en condiciones atmosféricas adversas (estabilidad, velocidad y dirección del viento).

5.4.6 Requerimientos mínimos de estaciones de separación y/o transferencia según el tipo

La clasificación de las estaciones de separación y/o transferencia obedece al sistema de carga empleado en el llenado de los vehículos de transferencia. Las estaciones deben cumplir con las características mínimas definidas en los numerales siguientes, de acuerdo con el tipo de ésta.

- a. Carga directa. En este tipo de estación el contenido de los vehículos recolectores se descarga directamente sobre los vehículos de transporte y siempre debe haber un vehículo transporte en condiciones operativas de recibir los residuos de los vehículos recolectores que van llegando. No se deben generar filas de vehículos recolectores en las horas pico, de modo que afecten el tráfico vehicular en los alrededores de la estación de separación y transferencia. En caso de definirse la necesidad de compactación de los residuos, esta actividad se puede efectuar a través de equipos que realicen esta operación antes de cargar los vehículos de transporte, los cuales son normalmente tracto-camiones de caja abierta.
- b. Carga almacenada. En este tipo de estación, el vaciado de los residuos que entregan los vehículos recolectores se debe realizar en un foso o patio de almacenamiento, con capacidad mínima de almacenamiento de tres (3) días y máximo de diez (10) días. Los fosos pueden tener el sistema de fondo móvil con correas transportadoras que llevan los residuos sólidos a una altura que permita cargar los vehículos de transporte o hacia los sistemas de separación implementados. Otro sistema que podrá utilizarse es el de puentes - grúas para remover los residuos del foso y cargar los vehículos de transporte o el sistema de separación implementado. Para la alternativa de descarga en patios, se pueden emplear diferentes equipos para mover los residuos y cargar los vehículos de transporte o el sistema de separación implementado.

En caso que los vehículos de transporte se encuentren por debajo del patio, deben utilizarse equipos y herramientas técnicamente diseñados para cumplir eficientemente con la función de cargue y traslado de los residuos, considerando las condiciones de las superficies de desplazamiento, capacidad de carga del piso, capacidad de las unidades de recibo y tiempo efectivos de operación.

- c. Combinada. En este tipo de estación se utilizan los sistemas de carga directa y almacenada y los requisitos son los mismos descritos para las anteriores.

La definición de compactación queda condicionada operativamente a partir de lo límites establecido por el Ministerio de Transporte para el peso de los vehículos en carretera y a la capacidad de la unidad de almacenamiento.

5.4.7 Capacidad de la estación de transferencia

La capacidad de la estación de separación y transferencia debe ser tal, que los vehículos de recolección nunca llenen el patio de descarga, ni se formen líneas de espera que generen a estos vehículos tiempos improductivos muy largos que impliquen retrasos en el cumplimiento de sus rutas de recolección.

Debe realizarse un análisis económico, que permita determinar la capacidad de la estación para manejar el mayor número de cargas por hora de los vehículos de transferencia. La capacidad de la estación debe ser diseñada teniendo en cuenta economías de escala en el costo de construcción, costos de capital y costo de los vehículos de transferencia requeridos para un

funcionamiento óptimo según la capacidad adoptada. En ningún caso la capacidad de almacenamiento deberá exceder el volumen de residuos de diez (10) días.

5.4.8 Vehículos de transferencia

Si la estación no tiene sistema de acumulación, la determinación del número mínimo de vehículos de transferencia se hará en función de las siguientes características:

- a. Capacidad de los vehículos de transporte.
- b. Tiempos de ida y vuelta de la estación a los sitios de disposición final.
- c. Tiempo de carga de los vehículos de transporte.
- d. Horario de llegada de los vehículos recolectores.

Si se cuenta con un sistema de acumulación de residuos en la estación, la capacidad de dicho sistema se debe determinar con base en la programación y horario de llegada de los vehículos recolectores. De igual manera, las horas de funcionamiento de la estación pueden y deben ser diferentes del horario normal de recolección, pero deben estar acordes con la programación de horarios de llegada de los recolectores. Así, el número de vehículos debe definirse en función del tiempo de carga, tiempo de ida y vuelta al sistema de disposición final, capacidad del vehículo, cantidad total de residuos sólidos a ser transportada por día y horario de funcionamiento de la estación, que puede ser hasta de 24 horas por día, y horario de funcionamiento del sitio de descarga o disposición final, según las alternativas de gestión que se definan para los mismos: Aprovechamiento, Tratamiento o Disposición Final.

5.4.9 Requisitos para equipos

Los equipos de compactación y de alimentación (v. gr. silo con placa de empuje, puente grúa, bandas transportadoras) deben definirse de acuerdo con:

- a. Capacidad horaria requerida según los estudios técnicos y financieros que se realicen.
- b. Características del equipo: dimensiones, modelo, etc.
- c. Disponibilidad de servicios públicos locales.
- d. Restricciones de peso de vehículos de carga en carretera definidos por el Ministerio de Transporte.

5.4.10 Instalaciones auxiliares

Las estaciones de separación y/o transferencia deben contar al menos con las siguientes instalaciones auxiliares: instalaciones de mantenimiento, instalaciones de comunicación, controles de contaminación, instalación de suministro de potencia, instalaciones para el personal (unidades de aseo, servicios sanitarios, áreas de cambio de ropas, etc.) e instalaciones generales. Se presenta a continuación los requisitos que deben tener cada una de ellas:

- a. Sistema de pesaje. Toda estación debe contar con al menos una (1) báscula para controlar la operación y tener un registro de datos significativos de la gestión e ingeniería, así como para el control de los residuos recibidos por cada prestador del servicio si la estación de separación y transferencia es de carácter regional. Además de las básculas, el sistema de pesaje debe contar con oficina, en la cual se tiene el sistema de registro y archivo temporal.

- b. Instalaciones de mantenimiento y lavado. Es fundamental que haya un taller electromecánico, que cuente con equipos y herramientas para reparación de neumáticos e instalaciones para engrase y lavado de los vehículos antes de salir de la estación.
- c. Instalaciones de comunicación. Deben existir medios de comunicación entre el patio de descarga de los camiones recolectores y el patio donde se estacionan los vehículos de transporte. De ser necesario, deben instalarse semáforos en los sitios de descarga para indicar a los camiones recolectores su turno y posición de descarga. Debe tenerse un sistema de comunicación entre la estación y los vehículos de transporte.
- d. Instalaciones para el control de la contaminación. Para controlar olores deben lavarse diariamente los sitios donde puedan acumularse los residuos sólidos. En la zona de descarga de los residuos sólidos deberán instalarse extractores de aire en número suficiente para controlar emisiones fugitivas de gases y vapores, control de polvo (material particulado) y complementados con sistemas de sorción. Si se prefiere, se puede realizar actividades de asperjado (rociar agua) sobre los sitios donde se origina el polvo. Para evitar la mezcla de lixiviados con grasas producto del lavado de los vehículos debe construirse el sistema de cárcamos, trampa de grasas y desarenadores, así como la implementación de rejillas y cribas.
- e. Instalación de suministro de potencia. El sistema de suministro de potencia debe suplir al menos las necesidades energéticas de la mitad de los equipos de la estación.
- f. Instalaciones para el personal. Los baños, comedores y vestuarios deben diseñarse de acuerdo con el número de trabajadores (operarios y empleados, así como de los conductores de los vehículos). De igual manera se requiere determinar la ubicación y diseño de talleres mecánicos, caseta de báscula, oficinas administrativas, oficina del jefe de la estación, etc.
- g. Instalaciones generales. A este grupo pertenecen las instalaciones de prevención y control de conatos de incendios e instalaciones de protección de descargas eléctricas como rayos (descargas atmosféricas) y electricidad estática. Su diseño deberá corresponder a la magnitud de la planta.
- h. Instalaciones de atención de primeros auxilios.

5.4.11 Procesamiento de los residuos

De acuerdo con las características de los residuos sólidos y del tipo de vehículo de transporte utilizado, los residuos pueden o no ser procesados previamente antes de su colocación en los vehículos de transporte:

- a. Sin procesamiento. Cuando el peso específico de los residuos sólidos a transferir se encuentre por encima de 400 kg/m^3 , no se requiere hacer el procesamiento de residuos sólidos.
- b. Con procesamiento. Se deben procesar los desechos sólidos, si el peso específico de los residuos sólidos a transferir es menor de 400 kg/m^3 , consistente en una compactación de éstos con el objetivo de densificarlos. Los residuos sólidos deben someterse a compactación en planta o al interior del vehículo de transferencia, antes de iniciar el tránsito del vehículo y siempre en el interior de la estación.

- c. De acuerdo con la capacidad de la unidad de almacenamiento, debe evaluarse la pertinencia de esta operación de acuerdo con las limitaciones de peso para vehículos de carga en carretera según los lineamientos del Ministerio de Transporte.

5.5 RECOMENDACIONES PARA LA OPERACIÓN DE ESTACIONES DE SEPARACIÓN Y/O TRANSFERENCIA

Para la operación de las estaciones de transferencia deben tenerse en cuenta los siguientes aspectos:

5.5.1 Seguridad industrial

Deben tomarse en cuenta las siguientes recomendaciones para evitar riesgos asociados con un mal manejo en cuanto a la seguridad industrial de la instalación:

- a. En la zona de almacenamiento de la estación de carga almacenada, deben utilizarse tuberías superiores de riego para controlar el polvo, así como sistemas de extracción para minimizar emisiones fugitivas no controladas.
- b. Los trabajadores deberán portar protección respiratoria, máscaras media cara o cara completa, con filtros específicos de material particulado y de gases y vapores orgánicos para evitar la aspiración de estos materiales.
- c. En estaciones de carga almacenada, los vehículos de transferencia deberán tener cabinas cerradas equipadas con aire acondicionado y unidades para filtrar el polvo.
- d. Las empresas que lleven a la estación residuos sólidos que han sido recogidos por solicitud de servicio especial por parte del usuario o generador, no podrán descargar directamente a la fosa y lo realizarán en el área interna que ha sido acondicionada para tal fin.

5.5.2 Operación

Luego de un buen diseño y planificación de la estación, con todas las medidas de seguridad ambiental e industrial tomadas, el proceso de operación es fundamental para culminar con éxito la puesta en operación de la Estación.

5.5.2.1 Manual de Operación

Todas las estaciones deben tener un Manual de Operación que describa todos los procedimientos utilizados en la operación normal y las instrucciones para situaciones de Contingencia y Emergencia.

El contenido del manual depende del tipo de estación, de los equipos y de los vehículos empleados. Debe elaborarse siguiendo las recomendaciones de los manuales de operación y mantenimiento de equipos y vehículos suministrados por el fabricante; por tanto, será diferente para cada estación. Sin embargo, todos los manuales deben contener al menos los siguientes aspectos:

- a. Descripción de la instalación, con dibujos, esquemas y planos que describan detalladamente los sistemas hidráulicos, sanitarios, eléctricos, de evacuación y emergencia, etc.
- b. Descripción de los equipos electromecánicos, con sus especificaciones y características técnicas.

- c. Descripción de los vehículos de transferencia, con sus especificaciones y características técnicas.
- d. Rutinas para la operación normal, con los procedimientos relativos a los conductores de los vehículos de recolección, los conductores de los vehículos de transferencia, los operadores de la báscula, los operadores de equipos de carga y los auxiliares encargados de ayudar en las maniobras de los camiones, así como abrir y cerrar las puertas de carga de los vehículos de recolección y de transferencia.
- e. Descripción de los desplazamientos de los vehículos en el interior de la instalación y de los procedimientos para descargar y cargar los residuos sólidos en los camiones de transferencia.
- f. Resumen de los controles de operación normal de la estación.
- g. Resumen de los controles de mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos electromecánicos.
- h. Descripción del personal con sus calificaciones, funciones, horarios de trabajo y encargos.
- i. Rutinas de mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos electromecánicos.
- j. Rutinas para limpieza general y control de la contaminación ambiental.
- k. Instrucciones para la operación en situaciones de emergencia, tales como falta de energía eléctrica y fallas de los equipos, etc.
- l. Instrucciones para combatir conatos de incendios, incidentes y accidentes, o fugas y derrames.
- m. Métodos y procedimientos de registro y procesamiento de la información
- n. Métodos y procedimientos del control y registro de la cantidad y calidad de los residuos que ingresan y salen del lugar.
- o. Manejo de la bitácora durante la operación, organigrama de la planta, etc.

5.5.3 Control y seguimiento

Para corroborar el buen funcionamiento operativo de la estación o posibles situaciones de falla, se deben realizar los siguientes controles:

- a. Control de peso de los residuos. Se registra la cantidad de residuos sólidos que ingresa en los vehículos de recolección y la que sale en los vehículos de transferencia; con esto se establece la carga óptima de los vehículos de transferencia, a fin de determinar si no se alcanza su capacidad o si ésta es excedida. Además sirven para optimizar y equilibrar el recorrido de las rutas de recolección con respecto a las cargas transportadas y determinar las necesidades futuras de capacidad de nuevos equipos y de mano de obra.
- b. Control de tiempos de transporte y horarios. Se aplica a los vehículos de transferencia con el objetivo de verificar y evaluar los tiempos reales de recorrido (ida y vuelta) con los tiempos previstos en el diseño del sistema. Estos controles se aplican al análisis de eventuales modificaciones en el número de vehículos de transferencia
- c. Controles de mantenimiento preventivo. Se elaboran con base en las recomendaciones y el manual de mantenimiento preventivo entregado por el fabricante de los equipos. Los procedimientos relativos al engrase y cambio de aceite son hechos por técnicos especializados. Se debe detallar el tipo de aceite y grasa utilizados, los períodos de cambio de aceite, de engrase de máquinas de limpieza y de cambio de filtros y otros elementos de desgaste, y se deben programar las fechas previstas para cada uno de los procedimientos de control y las personas responsables de realizarlos.

CAPÍTULO F.6

6 APROVECHAMIENTO Y VALORIZACIÓN

6.1 ALCANCE

Este Capítulo establece los criterios básicos y requisitos obligatorios que debe cumplir el proceso de aprovechamiento y valorización como elemento funcional constitutivo del sistema de Gestión Integral de Residuos Sólidos – GIRS.

Estos requisitos corresponden a las mínimas consideraciones que deben tenerse en cuenta para que los métodos de aprovechamiento y valorización como la reutilización, el reciclaje, la estabilización de la fracción orgánica y la recuperación de energía, se realicen en forma óptima dentro del servicio público de aseo. Los requisitos que se mencionan en el presente Capítulo deben adoptarse para los cuatro (4) niveles de complejidad del sistema.

El enfoque del GIRS no debe orientarse solamente a la construcción y operación de rellenos sanitarios, sino a identificar y utilizar sistemas de aprovechamiento y valorización de residuos, que permitan disminuir el espacio que estos rellenos ocupan. Hoy en día existen diversas alternativas técnicas y tecnológicas que permiten reducir su volumen, cantidad y modificar las características de peligrasidad, reduciéndolas o eliminándolas.

De otro lado, y con el fin de mejorar los balances energéticos de nuestras ciudades y centros poblados, es necesario efectuar el reintegro al suelo de la mayor cantidad de fracciones orgánicas y nutrientes que fueron empleados para la generación de alimentos, los cuales diariamente consumimos. Estos alimentos se aprovechan de forma parcial y lo pertinente es que los residuos de los mismos sean transformados y estabilizados de tal forma que puedan constituirse en nuevas formas utilizables para el suelo y su población biótica.

Cuando estos materiales son depositados en rellenos sanitarios, se constituyen en una fracción inutilizable por el suelo y por los ecosistemas circundantes, constituyéndose en una fuente de contaminación por la producción de gases de efecto invernadero, especialmente metano, CH₄.

Se están implementado alternativas técnicas y tecnológicas así como normativas, tanto en los procesos productivos como en procesos de separación, aprovechamiento y valorización de residuos, encaminadas hacia el concepto de “Cultura de la No Basura”, la cual busca minimizar o reducir la generación de los residuos sólidos domésticos en el lugar de origen, retornando entre otras medidas a la utilización de envases y empaques degradables. Este es un compromiso no solamente de la comunidad, sino de la industria y el comercio de bienes de consumo.

De acuerdo con la Política de Gestión Integral de Residuos Sólidos del Ministerio del Medio Ambiente - MMA de 1998, el aprovechamiento se entiende como el conjunto de fases sucesivas de un proceso, cuando la materia inicial es un residuo, entendiéndose que el procesamiento

tiene el objetivo económico de valorizar el residuo u obtener un producto o subproducto utilizable.

Aprovechables son aquellos residuos que pueden ser reutilizados o transformados en otro producto, reincorporándose al ciclo económico y con valor comercial.

La maximización del aprovechamiento y valorización de los residuos generados y en consecuencia la minimización de las cantidades, contribuye a conservar y reducir la demanda de recursos naturales, disminuir el consumo de energía, preservar los sitios de disposición final y reducir sus costos, así como a reducir la contaminación ambiental al disminuir la cantidad de residuos que van a los sitios de disposición final o que simplemente son dispuestos en cualquier sitio contaminando el ambiente.

El aprovechamiento y valorización debe realizarse siempre y cuando sea económicamente viable, técnicamente factible y ambientalmente conveniente. De modo tal, que las normas y acciones orientadas hacia los residuos aprovechables y valorizables deben tener en cuenta lo siguiente:

- a. Se trata de materia prima secundaria con valor comercial, en consecuencia sujeta a las condiciones de oferta y demanda del mercado y consideradas como insumo.
- b. Su destino es el aprovechamiento y valorización, ya sea de manera directa o como resultado de procesos de tratamiento, reutilización, reciclaje, estabilización de la fracción orgánica, generación de biogás, tratamiento térmico con producción de energía, entre otros.
- c. La definición de residuo aprovechable y valorizable se deberá hacer en el marco de los respectivos Planes de Gestión de Residuos Sólidos - PGIRS. La calificación de residuo aprovechable y valorizable debe darse teniendo en cuenta que exista un mercado para el material, en el cual están comprometidos los generadores de los residuos, los transformadores en materias primas secundarias y los consumidores de los mismos.
- d. Deben ser objeto del establecimiento de incentivos de toda índole, en especial económicos y tributarios. Teniendo en cuenta que el análisis del impacto de un producto o proceso debe ser integral, Ciclo de Vida. Los incentivos que se otorguen deben considerar el proceso productivo en su integridad, de modo que no se distorsionen los objetivos de la gestión ambiental, que consisten no sólo el disminuir un impacto ambiental específico - postconsumo, sino todo lo que se genera durante el proceso productivo.
- e. La población que actualmente está realizando las actividades de recuperación debe tener reconocimiento y espacio para su trabajo.

Se considera residuo no aprovechable, aquel residuo sólido que no cumple las especificaciones técnicas para su reuso o tratamiento, o los residuos que aún cumpliendo dichas especificaciones técnicas su tratamiento o transformación no es sostenible financieramente, o aquellos que finalmente fueron transformados en materia prima secundaria y no ingresaron al ciclo económico productivo y los cuales deberán ser tratados nuevamente como residuo sólido.

Para el servicio público de aseo y en articulación con la Política de Gestión Integral de Residuos Sólidos, se deberá tener en cuenta como elementos esenciales en la planificación y prestación del servicio los siguientes lineamientos de actuación en orden jerárquico:

- a. Reducción en la generación de residuos sólidos municipales, mediante el empleo de materiales de empaque y embalaje óptimos, el reuso y reutilización de recipientes de papel, cartón, plástico, metales ferrosos y vidrio, entre otros.
- b. Promoción de procesos de separación en la fuente y recolección selectiva y/o separación en una estación de separación y transferencia que potencialicen el reciclaje del papel, cartón, vidrio, plástico, metales no ferrosos y productos textiles.
- c. Aprovechar las fracciones orgánicas biodegradables, tales como residuos de comida, papel, cartón, residuos de jardín y madera, para la producción de nuevas materias primas (acondicionadores de suelos, abonos orgánicos y enmiendas orgánicas no húmicas) a través de la transformación y estabilización y mediante la generación de biogás (recuperación de energía en rellenos sanitarios) y el empleo en tratamiento térmico como fuente de energía. Esto estará condicionado a que se realice la separación en la fuente y la recolección selectiva de la fracción orgánica considerada como materia prima del proceso y con condiciones de calidad y presentación que permitan considerar mínimo riesgo para el ambiente y la salud pública.
- d. Disponer en los rellenos sanitarios la menor cantidad posible de residuos. Lo ideal es que allí se dispongan solamente los residuos realmente no aprovechables y no peligrosos.

6.2 REQUISITOS OBLIGATORIOS EN LOS SISTEMAS DE APROVECHAMIENTO Y VALORIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS

La normativa establece los criterios orientados a reglamentar el servicio público de aseo en el marco de la Gestión Integral de los Residuos Sólidos - GIRS, en materias referentes a sus componentes, niveles, clases, modalidades, calidad y al régimen de las personas prestadoras del servicio y de los usuarios en lo referente a los sistemas de recuperación, aprovechamiento y valorización de residuos sólidos entre otros.

6.2.1 Propósitos del Aprovechamiento y Valorización

El aprovechamiento y valorización de los materiales contenidos en los residuos sólidos tiene como propósitos fundamentales:

- a. Racionalizar el uso y consumo de las materias primas provenientes de los recursos naturales no renovables.
- b. Recuperar valores económicos y energéticos que hayan sido utilizados en los diferentes procesos productivos.
- c. Reducir la cantidad de residuos a disponer finalmente en forma adecuada.
- d. Disminuir los impactos ambientales, tanto por demanda y uso de materias primas como por los procesos de disposición final.
- e. Garantizar la participación de los recicladores y del sector solidario, en las actividades de recuperación, aprovechamiento y valorización, con el fin de consolidar productivamente estas actividades y mejorar sus condiciones de vida.

6.2.1.1 Personas prestadoras del servicio de aseo que efectúan la actividad de aprovechamiento y valorización

El aprovechamiento y valorización de residuos sólidos podrá ser realizado por las siguientes personas:

- a. Las empresas prestadoras de servicios públicos.

- b. Las personas naturales o jurídicas que produzcan para ellas mismas o como complemento de su actividad principal, los bienes y servicios relacionados con el aprovechamiento y valorización de los residuos, tales como las organizaciones, cooperativas y asociaciones de recicladores, en los términos establecidos en la normativa vigente.
- c. Las demás personas prestadoras del servicio público autorizadas por el Artículo 15 de la Ley 142 de 1994, conforme a la normativa vigente.

Las personas prestadoras del servicio de aseo que efectúen la actividad de aprovechamiento y valorización incluirán en su reglamento las acciones y mecanismos requeridos para el desarrollo de los programas de aprovechamiento y valorización que hayan sido definidos bajo su responsabilidad en el PGIRS.

Sin perjuicio de lo anterior, los prestadores del servicio que no desarrollen esta actividad, deberán coordinar con los prestadores que la efectúen, el desarrollo armónico de las actividades de recolección, transporte, transferencia y disposición final a que haya lugar.

6.2.1.2 Recuperación en los PGIRS

Los municipios y distritos superiores a 8.000 usuarios del servicio público, al elaborar el respectivo Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos - PGIRS, están en la obligación de analizar y evaluar la viabilidad de realizar proyectos sostenibles de aprovechamiento y valorización de los residuos ya sea como iniciativa individual o regional. En caso de que se demuestre la viabilidad y sostenibilidad de los proyectos, el Municipio y Distrito tendrá la obligación de promoverlos y asegurar su ejecución.

6.2.1.3 Formas de aprovechamiento y valorización

Como formas de aprovechamiento se consideran, entre otras, la reutilización, el reciclaje, la estabilización de la fracción orgánica, la generación de biogás y la recuperación de energía.

Como formas de valorización se tienen el lavado, la trituración y molienda, el peletizado, el aglomerado, la compactación y fundición, la oxidación reducción térmica, entre otras opciones técnicas y tecnológicas.

6.2.1.4 Selección de residuos sólidos

El aprovechamiento y valorización de residuos sólidos se puede realizar a partir de fracciones que surtido el proceso de separación en la fuente y recolección selectiva, o mediante la implementación de estaciones de separación y/o transferencia. Estas opciones deben ser identificadas, definidas, valoradas y evaluadas en el respectivo Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos – PGIRS de cada Municipio o Distrito, de forma individual o regional.

6.2.1.5 Características de los residuos sólidos para el aprovechamiento

En las actividades de aprovechamiento, los residuos deben cumplir por lo menos con los siguientes criterios básicos y requerimientos, para que los métodos de aprovechamiento se realicen en forma óptima:

- a. Para la reutilización y reciclaje, los residuos sólidos deben estar limpios y debidamente separados por tipo de material y característica física.
- b. Para la estabilización de la fracción orgánica, ésta no debe estar contaminada con residuos peligrosos, metales pesados u otros materiales que imposibiliten o limiten su uso posterior.

- c. Para la generación de energía, se deben valorar parámetros tales como, composición química, poder calorífico y contenido de humedad, entre otros.

6.2.1.6 Programa de aprovechamiento y valorización

El programa de aprovechamiento y valorización de residuos sólidos deberá formularse y desarrollarse en concordancia con el PGIRS.

6.2.1.7 Localización de la planta de aprovechamiento y valorización

Para la localización de la planta de aprovechamiento y valorización de materiales contenidos en los residuos sólidos, se deben considerar, entre otros, los siguientes criterios:

- a. Debe tenerse en cuenta los usos del suelo establecidos en el Plan de Ordenamiento Territorial, POT, Plan Básico o Esquema de Ordenamiento Territorial, EOT, y el Plan de Desarrollo del Municipio o Distrito, así como lo definido en el PGIRS del Municipio
- b. Debe ser técnica, económica y ambientalmente viable, teniendo en cuenta las condiciones de tráfico vehicular, conectividad y vialidad, generación de ruido, emisiones de olores y material particulado, esparcimiento de materiales, vertimientos de líquidos y el control de vectores.
- c. Debe considerar las rutas y vías de acceso de tal manera que minimice el impacto generado por el tráfico.
- d. Debe contar con servicios públicos de acueducto, alcantarillado y energía. En caso de carecer de alcantarillado, debe implementarse un sistema de tratamiento de aguas residuales.
- e. Debe tenerse un retiro de mínimo 50 m a áreas residenciales cuando se efectúe la gestión de fracciones inorgánicas reciclables y su localización debe realizarse preferiblemente en áreas con uso de suelo industrial y de 500 m a áreas residenciales cuando se tenga la gestión de fracciones orgánicas biodegradables y preferiblemente en áreas con uso del suelo de expansión urbana o rural.

6.2.1.8 Diseño de edificaciones para el aprovechamiento y valorización

En el diseño de edificaciones destinadas al aprovechamiento y valorización de residuos sólidos deben considerarse como mínimo los siguientes aspectos constructivos:

- a. El diseño arquitectónico de toda la zona operativa y de almacenamiento de materiales debe ser cubierto y con cerramiento físico a fin de mitigar los impactos sobre el área de influencia.
- b. Contar con un área mínima para la recepción de los residuos a recuperar y prever la capacidad de almacenamiento del material recuperado, teniendo en cuenta las situaciones de contingencia y comportamiento del mercado.
- c. Tener vías de acceso de acuerdo al tipo de equipos de transporte a utilizar en el servicio ordinario de aseo y en el de comercialización de los materiales aprovechados.
- d. Contar con un sistema de ventilación y extracción adecuado, controlando la emisión de olores mediante trampas y sistemas de sorción.
- e. Contar con sistema de prevención y control de conatos de incendio.
- f. Contar con sistema de drenaje para el control de las aguas lluvias y escorrentía subsuperficial, y sistema de recolección y tratamiento de lixiviados.
- g. Contar con sistemas tendientes a la minimización y control de ruido, emisiones de olores, emisión de partículas, esparcimiento de materiales y control de vectores.

- h. Las instalaciones deben tener impermeabilización de los pisos y paredes y deben estar contruidos en materiales que permitan su aseo, desinfección periódica y mantenimiento mediante lavado.

6.2.1.9 Almacenamiento de materiales aprovechables y valorizables

El almacenamiento de los materiales aprovechables y valorizables deberá realizarse de tal manera que no se deteriore su calidad ni se pierda su valor.

6.2.1.10 Recolección y transporte de materiales para el aprovechamiento y valorización

Para la recolección y transporte de materiales dedicados al aprovechamiento y valorización se deberá seguir, entre otras las siguientes especificaciones:

- a. La persona prestadora del servicio establecerá, de acuerdo con el PGIRS del Municipio, frecuencias, horarios y formas de presentación para la recolección de los residuos aprovechables.
- b. La recolección puede efectuarse a partir de la acera, o de unidades y cajas de almacenamiento.
- c. El transporte debe realizarse en vehículos motorizados cerrados y debidamente adecuados para tal fin.

6.2.1.11 Requisitos previos para comercialización de materia orgánica estabilizada

Los productos finales obtenidos mediante procesos de estabilización, *v.gr.* compostaje y lombricultura/vermicultivo, para ser comercializados deben cumplir previamente, los requisitos de calidad exigidos por las autoridades agrícolas y de salud en cuanto a presentación, contenido de nutrientes, humedad, garantizar que no tienen sustancias y/o elementos peligrosos que puedan afectar la salud humana, el ambiente. Igualmente, se deben obtener los respectivos registros de Planta de Producción y de Producto establecidos por el ICA y el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. A esto se suma que las materias primas, fracción orgánica biodegradable, deben provenir de procesos de separación en la fuente y recolección selectiva y no tener contaminación por materiales que afecten su calidad o generen riesgos ambientales o de salud pública.

6.2.1.12 Manejo de aguas residuales provenientes de la recuperación y aprovechamiento de residuos sólidos

Las aguas residuales provenientes de los procesos de aprovechamiento y valorización de residuos sólidos, deberán manejarse bajo los principios y la normativa sobre el tema, de tal manera que se eviten los posibles impactos sobre la salud humana y el ambiente.

6.2.1.13 Fortalecimiento del aprovechamiento y valorización

Con el objeto de fomentar y fortalecer el aprovechamiento y valorización de los residuos sólidos, en condiciones adecuadas para la salud y el ambiente, el Ministerio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial podrá, con el apoyo de la industria y la participación de las Universidades y/o Centros de Investigación, adelantar estudios de valorización de residuos potencialmente aprovechables, con el fin de promocionar la recuperación de nuevos materiales, disminuir las cantidades de residuos a disponer y reunir la información técnica, económica y empresarial necesaria para incorporar dichos materiales a los procesos productivos.

Del mismo modo, la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico, CRA, definirá los criterios y parámetros necesarios para el otorgamiento de incentivos tarifarios adicionales a los usuarios.

6.2.1.14 Participación de los Recicladores

Los Municipios y los Distritos proporcionarán los mecanismos y los espacios de participación y concertación de los recicladores en las actividades de aprovechamiento y valorización de los residuos sólidos de acuerdo a los procedimientos establecidos en la normativa y siguiendo los lineamientos definidos en la Jurisprudencia. Una vez se formulen, implementen y entren en ejecución los programas de aprovechamiento y valorización evaluados como viables y sostenibles en el PGIRS, se entenderá que el aprovechamiento y valorización deberá ser ejecutado en el marco de dichos programas. Hasta tanto no se elaboren y desarrollen estos Planes, el servicio se prestará en armonía con los programas definidos por la entidad territorial para tal fin.

6.2.1.15 Sistemas de aprovechamiento y valorización regionales

En desarrollo del concepto de economías de escala, el Municipio o Distrito como responsable de asegurar la prestación del servicio público de aseo y las personas prestadoras del servicio pueden optar por establecer sistemas de aprovechamiento y valorización para los residuos de forma regional, incorporando áreas diferentes a las urbanas, corregimientos y veredas, y optando por la recepción y gestión de residuos provenientes de otros municipios.

6.3 GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS EN LA PRESTACIÓN DEL SERVICIO DE ASEO

Cuando se vaya a desarrollar un programa para aprovechar y valorizar residuos sólidos, los generadores deben seguir las instrucciones dadas por la persona prestadora del servicio de aseo para la separación, presentación diferenciada y recolección selectiva de los residuos aprovechables que entrarán al ciclo económico, luego de utilizar los métodos de aprovechamiento y valorización seleccionados como viables y sostenibles.

La Figura F.6.1 presenta un esquema general de gestión diferenciada de residuos sólidos aprovechables, el cual sirve de base para la clasificación de los elementos funcionales de un sistema de gestión integral de residuos sólidos aprovechables, que debe contemplar de acuerdo con la Política de Gestión Integral de Residuos Sólidos las siguientes etapas:

- a. Reducción en el origen
- b. Aprovechamiento y valorización
- c. Tratamiento y transformación
- d. Disposición final controlada

La Tabla F.6.1, clasifica las anteriores alternativas de acuerdo con el tipo de componente y residuo que se pretende aprovechar y le da una calificación de acuerdo con su viabilidad técnica.

Tabla F.6.1. Alternativas para la gestión integrada de residuos aprovechables

Residuo	Reducción	Reciclaje	Transformación	Disposición final
Orgánicos				
Residuos de comida	E	C	A	B
Residuos de jardín	E	C	A	B
Papel y Cartón	A	B	C	C
Plásticos	A	B	C	C
Textiles	D	A	B	C

Residuo	Reducción	Reciclaje	Transformación	Disposición final
Goma	E	D	B	A
Cuero	A	B	E	C
Madera	E	B	A	C
Inorgánicos				
Vidrio	A	B	C	D
Latas	E	A	B	C
Aluminio	E	A	B	C
Otros metales	E	A	B	C
Cenizas	E	E	E	C

A = Opción más deseable; B = Segunda opción; C = Tercera opción; D = Posible pero no deseable; E = Poco o no viable.

La definición del uso de cada opción será determinada por la viabilidad técnica y financiera, para lo cual debe tener en cuenta los siguientes lineamientos en la toma de decisiones:

- Estudio de mercado de los residuos a incorporar como nuevas materias primas secundarias. En el estudio se deberán determinar la cantidad y las calidades (especificaciones técnicas) de los nuevos insumos que requieren los compradores.
- Determinación en el Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos - PGIRS de los residuos potencialmente aprovechables.
- Viabilidad financiera, para lo cual deberá tener en cuenta los costos de separación en la fuente, recolección y transporte, separación en centros de reciclaje, tratamiento y/o transformación y comercialización del producto (embalaje, etiquetado, transporte, etc.) y los ingresos por tarifa de recolección y transporte dentro del servicio público de aseo y de venta como insumo. El análisis deberá ser desarrollado para un periodo mínimo de diez (10) años.
- Que los sitios donde se instalará la infraestructura sea compatible con los usos del suelo definidos en el POT, PBOT o EOT según sea el caso.

La disposición final en rellenos sanitarios se convierte por lo tanto en la opción tecnológica y económica para el manejo de los residuos no aprovechables y que no puedan utilizarse como fuente o complemento de energía en procesos térmicos de valorización o en procesos a nivel industrial.

A continuación se describen los procesos que involucran cada uno de los cuatro (4) grupos de opciones de gestión integrada de residuos aprovechables:

6.3.1 Reducción en el origen

La reducción en origen, implica reducir la cantidad y/o peligrosidad de los residuos que son generados por los usuarios del servicio de aseo. La reducción de residuos puede realizarse con el diseño, la fabricación y el envasado de productos con material con características de peligrosidad mínima, que empleen una cantidad mínima de materias primas, se utilice el volumen necesario para el empaque, que tenga una vida mas larga o mas corta dependiendo del bien, tenga la posibilidad de realizar usos posteriores de los mismos o que permitan su reincorporación en otras opciones de gestión de residuos tales como recipiente para la separación en la fuente de fracciones de residuos.

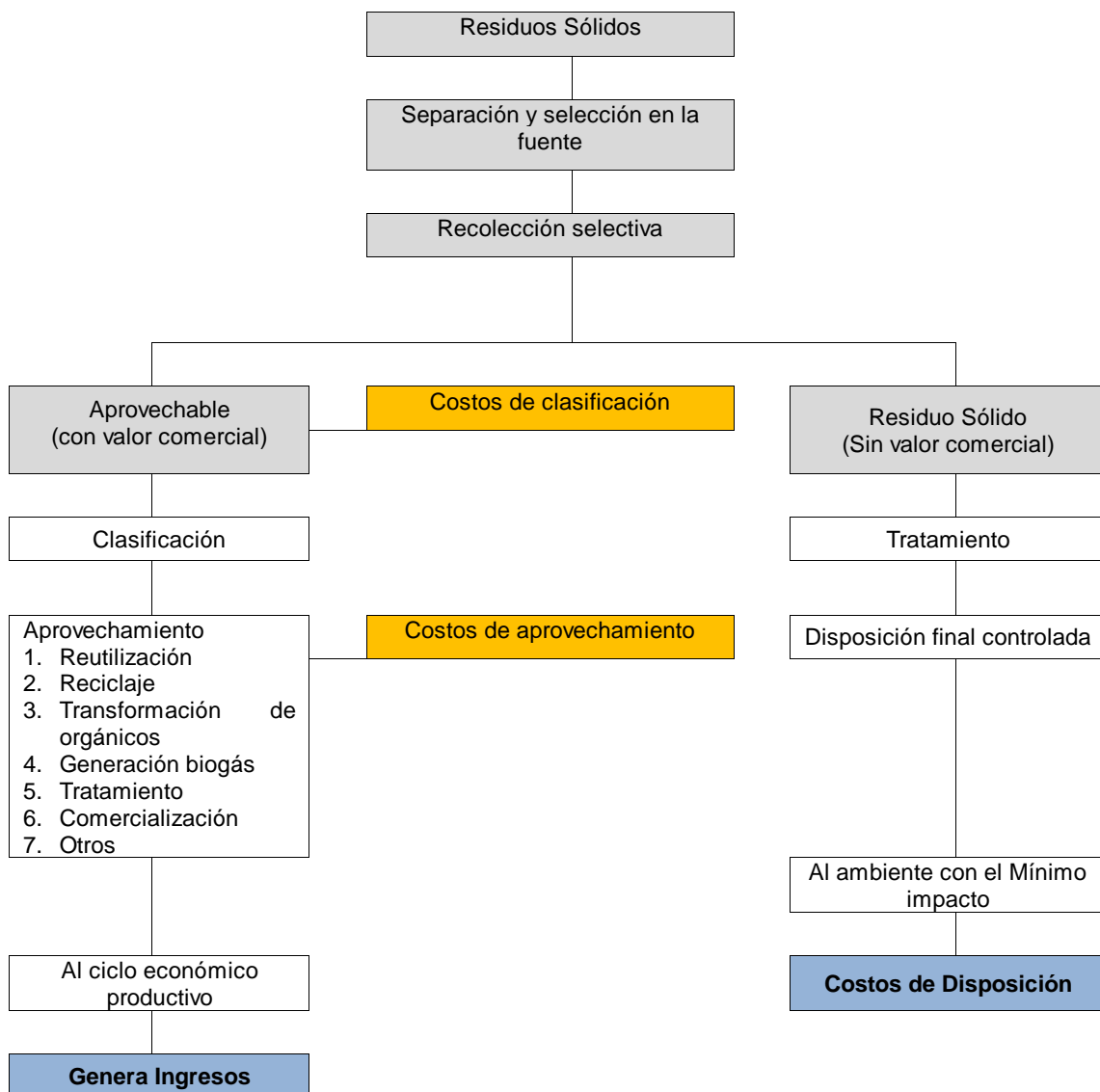
La reducción en origen de residuos sólidos en viviendas, instituciones y el comercio en general, debe dirigirse al establecimiento de campañas educativas en las que se involucren formas de compras selectivas y de reuso de productos y materiales.

6.3.2 Aprovechamiento y valorización

El aprovechamiento y valorización implica la separación y recogida de materiales residuales en el lugar de su origen o su separación en una infraestructura diseñada para tal fin; la preparación de estos materiales para la reutilización, el reprocesamiento, e inclusive para la transformación en nuevos productos, y la recuperación de productos de conversión (Ejm. compost) y energía en forma de calor y biogás combustible.

El aprovechamiento y valorización es un factor importante para ayudar a conservar y reducir la demanda de recursos naturales, disminuir el consumo de energía, preservar los sitios de disposición final y reducir la contaminación ambiental. Además, el aprovechamiento y valorización tiene un potencial económico, ya que los materiales recuperados son materias primas secundarias que pueden ser comercializadas, por lo tanto el aprovechamiento y valorización en la prestación del servicio público de aseo incluye los siguientes procesos:

FIGURA F.6.1. Gestión Diferenciada de residuos aprovechables y no aprovechables



6.3.2.1 Presentación de residuos

Esta etapa la realizan los generadores de los residuos sólidos, con base en las disposiciones que sobre la presentación de residuos defina la entidad territorial en el PGIRS, que puede ser con separación en la fuente o en forma conjunta, así como el cumplimiento de las normas de carácter obligatorio establecidos en este Título.

Cuando se haga separación en origen, se debe tener en cuenta que esta actividad debe permitir que los residuos no se contaminen o sufran alteraciones, por lo tanto se deben establecer grupos de residuos para su presentación diferenciada, los días señalados y horario para su recolección.

La presentación debe efectuarse en acera, callejón o en instalación comercial, de acuerdo con los empaques definidos en el PGIRS, en la GTC24 y en las especificaciones ya definidas en este Título en el Capítulo 3: Almacenamiento y Presentación.

La separación en la fuente, tiene como objetivo fundamental evitar el deterioro de la fracción aprovechable, que implica a su vez poder valorizar dichos residuos de forma óptima; por lo tanto esta actividad tiene un costo y una utilidad que deben ser tenidos en cuenta por las empresas de servicios públicos en su gestión financiera y en los criterios operativos aplicables para la definición de la tarifa del servicio.

6.3.2.2 Recolección selectiva y transporte

La etapa anterior debe ser complementada con la recolección y transporte de los residuos sólidos aprovechables por parte de la persona prestadora del servicio de aseo. Para ello deben seguirse las siguientes especificaciones:

- a. Para la recolección, la persona prestadora del servicio de aseo debe fijar parámetros en cuanto a punto, frecuencia, horarios e itinerarios de recolección de residuos sólidos aprovechables y debe identificar el número de operarios y el equipo a utilizar para el desarrollo del ejercicio.
- b. Los residuos sólidos aprovechables y valorizables deben ser transportados de acuerdo al modo de operación: sistemas de contenedor o de caja, el equipo utilizado, el tipo de residuo a recolectar y teniendo en cuenta las disposiciones definidas en este Título. El transporte deberá realizarse a estaciones de separación y transferencia y centros de aprovechamiento donde se efectúe la selección, valorización, almacenamiento y suministro final para proporcionar materia prima secundaria a los fabricantes, o bien un producto final. La unidad de almacenamiento puede tener sistema de compactación, pero su implementación es opcional y dependerá de las características de las fracciones a aprovechar y su presentación.
- c. En el proceso de recolección se deberá utilizar personal capacitado, dando prioridad al sector solidario.

6.3.2.3 Procesamiento intermedio a través de la selección y compactación

Este proceso se hace en centros de acopio que pueden estar ubicados, aunque no necesariamente, en las estaciones de separación y transferencia. Allí se maneja una infraestructura con equipamiento adecuado acorde con el propósito final del aprovechamiento, teniendo en cuenta los siguientes lineamientos, subprocesos e infraestructura:

- a. Centro de Aprovechamiento. El centro de aprovechamiento, corresponde a la infraestructura donde se recibirán los residuos sólidos para su procesamiento. Su localización y el diseño de las edificaciones deben cumplir con las especificaciones definidas en este Título.

Todo centro debe contar con un sistema de pesaje, en el que se permita realizar esta actividad para los residuos sólidos que ingresan, los comercializados y los que finalmente se llevarán al sitio de disposición final.

- b. Separación y reprocesamiento. El objetivo de este proceso es realizar la separación de los residuos sólidos potencialmente aprovechables, para lo cual se debe tener en cuenta dos (2) elementos de gran importancia a considerar que corresponden a la calidad y tipo de materiales a obtener y el tipo de selección a realizar que puede ser manual, mecánica o mixta.

- a. Materiales a separar. Con base en la caracterización fisicoquímica de los residuos sólidos, se debe determinar la cantidad y calidad de los residuos potencialmente aprovechables, recomendándose los definidos en la Tabla F.6.2.

TABLA F.6.2. Materiales con posibilidad de aprovechamiento

Material reciclable	Tipos de material y usos
Aluminio	Latas de cerveza, gaseosas y refrescos
Papel	
Papel periódico usado	Periódicos, Magazín
Cartón	Cajas, empaques en bruto; la mayor fuente de papel residual para el reciclaje.
Papel de alta calidad	Papel de oficina (informática), hojas de cálculo blanco.
Papel mezclado	Papel mezclado entre revistas, periódicos, papel de oficina, papel de fibras largas blanco o coloreado
Plásticos	
Poliétileno tereftalato (PET/1)	Botellas de gaseosa, jugos, aceite vegetal, película fotográfica.
Poliétileno de alta densidad (PE-HD/2)	Frascos de leche, contenedores de agua, botellas de detergentes y aceite de cocina.
Poliétileno de baja densidad (PE-BD/4)	Envases de película fina y rollos de película fina para envolturas, bolsas de limpieza en seco.
Polivinilcloruro (PVC/3)	Botellas (Aceites comestibles, champú y agua purificada)
Polipropileno (PP/5)	Tapas y etiquetas para botellas y contenedores, cajas de materias, envolturas para queso, bolsas de cereales.
Poliestireno (PS/6)	Envases para componentes electrónicos y eléctricos, cajas de espuma, envases para comida rápida, cubiertos (incluye vajillas y platos para microondas)
Plásticos mezclados (Combinación de los anteriores
Vidrio	Botellas, frascos y recipientes de vidrio blanco, verde y ámbar. (separados o en mezcla)
Metal	
Férreo	Latas de hojalata
No férreos	Aluminio, cobre, plomo, etc.
Residuos de jardín recogidos separadamente	Utilizados para abono, cobertura de rellenos sanitarios
Fracción orgánica de residuos sólidos	Residuos de comida, usados para preparar abonos orgánicos para la cobertura de rellenos sanitarios, producción de metano, etanol y combustibles derivados de los residuos.
Residuos de construcción y demolición	Asfalto, hormigón, madera, cartón de yeso, grava, metales
Madera	Materiales para empaquetamiento, estibas, madera usada

Material reciclable	Tipos de material y usos
	de construcción.
Llantas y neumáticos	Llantas del parque automotor, Reprocesado para reutilización en la misma fabricación de llantas, suelos en asfalta o combustible.
Baterías ácidas usadas de plomo	Baterías del parque automotor. Separadas para recuperar componentes individuales como ácido, plástico y plomo.
Pilas y baterías domésticas	Potencial para recuperación de zinc, mercurio y plata.

- b. Tipos de separación. Independientemente de la presentación de los residuos que los usuarios realicen a la persona prestadora del servicio de aseo (presentación diferenciada o mezclados), se requerirá un proceso de selección en sitios especializados que se denominan centros de aprovechamiento, en donde la separación se realizará manualmente o a través de medios mecánicos.

Separación manual. En su implementación se tendrá prevalencia por las asociaciones y grupos de recicladores de cada municipio, de tal forma que puedan hacer parte de los trabajos de selección.

Para la separación manual de residuos sólidos, se deberá contar como mínimo con zonas para el rompimiento de bolsas, estabilización de pH cuando se realice la presentación de residuos en forma conjunta, ruptura de empaques y embalajes, bandas transportadoras para la selección y contenedores para la separación y almacenamiento del material a reciclar.

Separación mecánica. Es aquella en donde se utilizan equipos especiales, cuyo objetivo es separar los residuos por tamaño, densidad o por clase de residuos especialmente los metales ferrosos cuando se utilizan campos electromagnéticos.

- c. Reducción de tamaño. El objetivo de este proceso es obtener un producto final uniforme y reducido en tamaño. Es un método mecánico que busca cambiarle las propiedades físicas a los residuos sólidos a través de la disminución y homogenización de su tamaño, para facilitar el procesamiento, tratamiento o disposición final posterior. Para la reducción de tamaño, se podrán utilizar equipos como:
- Molinos de martillo para aplastar o rasgar los residuos metálicos.
 - Trituradora para cortar o reducir en tamaño los residuos especialmente de papel, cartón, madera, residuos de jardín, vidrio, plástico.
 - Cribas para separación por tamaño y reducción de residuos sólidos, especialmente para papel, cartón, madera, etc.
- d. Compactación o densificación. Proceso que permite incrementar la densidad de los residuos sólidos, ya sea para reducir las necesidades de almacenamiento o la reducción del volumen para el transporte, entre los equipos mas comunes se encuentran los vehículos compactadores, contenedores de acero movibles, contenedores equipados con instalaciones de compactación interna, cámaras de acero especialmente diseñadas donde el bloque compactado de residuos sólidos es sujetado antes de transportarlo, cámaras donde se compactan en un bloque y después son soltados antes de transportarlos, equipamientos de empaquetamiento y peletización.

- e. Almacenamiento. Los residuos sólidos aprovechables seleccionados, deben almacenarse de manera que no afecten el entorno físico, la salud humana y la seguridad; por lo tanto deben controlarse los vectores, olores, explosiones y fuentes de llama o chispas que puedan generar incendios. Los lugares de almacenamiento deben salvaguardar las características físicas y químicas de los residuos sólidos allí depositados. Se deben almacenar bajo una condición segura dependiendo de sus características, siendo así que los materiales reciclables inorgánicos pueden almacenarse en altura mientras que las fracciones orgánicas biodegradables requieren de procesos de estabilización en áreas de proceso y con la implementación de reactores de fase sólida (camas y pilas) para posteriormente hacer su empaque y embalaje el cual puede realizarse a granel o en sacos.
- f. Suministro final para proporcionar materia prima para los fabricantes, o bien un producto final. La compra y venta de residuos sólidos reciclados y procesados, puede efectuarse libremente de acuerdo con las exigencias del mercado.

6.3.3 Tratamiento y transformación

El tratamiento y transformación de residuos implica la alteración física, química o biológica de los residuos. La transformación utilizada para el manejo de los residuos sólidos, generalmente son efectuadas para mejorar la eficacia de las operaciones y sistemas de gestión de residuos. Dentro de los procesos de transformación se tienen:

6.3.3.1 Conversión biológica y química

Se presentan varios de los procesos biológicos y químicos que pueden utilizarse para transformar la fracción orgánica de los residuos sólidos en productos de conversión gaseosos, líquidos y sólidos. Los procesos biológicos utilizados con mayor frecuencia para la transformación y estabilización de los residuos orgánicos incluyen: compostaje aerobio y anaerobio, lombricultura (vermicultivo), reactores de fase sólida de fermentación alcohólica y aprovechamiento de gas. Los procesos de transformación química, que son poco usados, se utilizan para recuperar compuestos como glucosa, aceite sintético, gas y acetato de celulosa.

El objetivo principal en la mayoría de los procesos de conversión biológica, es la transformación de la materia orgánica que hace parte de los residuos sólidos en un producto final estable, luego de realizar procesos en donde intervienen microorganismos que de acuerdo a su tipo de metabolismo y necesidades de oxígeno, se nutren de los elementos contenidos en ellos al utilizarlos como sustrato, fuente de energía, aceptor de electrones y nutrientes, tales como nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio. Sin embargo, con algunos residuos comerciales puede suceder que los nutrientes no estén presentes en cantidades suficientes, por lo que puede ser necesario su adición para el crecimiento correcto de microorganismos y la subsiguiente degradación de los residuos orgánicos.

- a. **Compostaje aerobio (con presencia de oxígeno).** El compostaje aerobio es el proceso biológico más frecuentemente utilizado para la transformación de la fracción orgánica de los residuos sólidos domésticos a un material único estable conocido como compost a partir de residuos de jardín, cortes y podas de mantenimiento del ornato y espacios públicos, residuos sólidos separados en su componente orgánico y residuos de cosechas. El compost, ya estabilizado es de color marrón oscuro, inoloro o con olor al humus natural y puede ser utilizado como enmienda para mejorar suelos, ya que les aporta nutrientes y les ayuda a conservar la humedad.

La decisión de implementación de sistemas de compostación debe ser el resultado de un estudio de comercialización y viabilidad financiera. El diseño de la planta de compostaje debe diferenciarse para cada una de las etapas del procesamiento de los residuos, compostación activa, maduración, postprocesamiento y mercadeo. Para ello deben adoptarse los criterios presentados a continuación:

- Preprocesamiento o compostación activa

Usos del compost. Con base en los estudios de comercialización y viabilidad financiera, se deben definir los usos que se le dará al material resultante, para lo cual se establecerán las características y calidades del producto final, estableciéndose en la etapa de planificación y preprocesamiento cada uno de los procesos que se deben desarrollar para llegar a las calidades deseadas.

Necesidades de área para la transformación. Se deberá conocer las necesidades de terreno necesario para realizar el proceso, como base y directriz general se debe tener en cuenta que para un compostaje en hileras, se requiere una (1) hectárea por cada 50 toneladas por día, de la cual el 50% corresponden al proceso de transformación propiamente dicha y el resto a edificaciones y vías.

Control de olores, vectores y percolados. En esta fase se deberá tener en cuenta que el proceso de degradación de los residuos aún siendo un proceso aerobio, puede producir malos olores, ya que es muy difícil mantener todas las zonas de la hilera en condiciones aerobias, presentándose condiciones anaerobias que producen ácidos orgánicos extremadamente olorosos. Para prevenir la aparición de estos olores, se debe realizar un control en el proceso de reducción del tamaño de los residuos, separar plásticos y otros materiales no biodegradables.

En el evento de presentarse olores, deben considerarse sistemas de mitigación y control, así como prever áreas de aislamiento de olores de por lo menos quinientos (500) metros de distancia a la edificación más cercana, a menos que se demuestre, por medio de modelos de simulación, que no se generan impactos sobre la comunidad por este motivo.

El control de vectores se puede realizar mediante la implementación de trampas cilindro - cónicas acompañadas de cebos sexuales, trampas de cinta adhesiva y control biológico mediante especies parásitas. Igualmente puede hacerse control mediante fumigación biológica controlada con insumos de baja residualidad.

El desarrollo del proceso debe realizarse bajo techo y por lo tanto la incidencia de la precipitación debe ser mínima. Como subproducto del proceso se tiene un percolado, el cual puede emplearse en la humectación de las pilas después de cada actividad de volteo o llevarse a una planta de tratamiento secundario de aguas residuales.

Remoción de residuos con características especiales: Se deben remover del sistema los residuos sólidos con características de peligrosidad o que generen mala apariencia visual, como son: Elementos que aporten metales pesados como pilas gastadas, materiales férreos, baterías usadas; Residuos sólidos que aporten compuestos

potencialmente tóxicos como aceites usados, plaguicidas, solventes orgánicos, etc.; Residuos sólidos que generen mala apariencia visual como plásticos, vidrios, envases de aluminio. Sólo deben dejarse incorporados al producto final aquellos materiales que puedan descomponerse biológicamente, es decir que sean materiales biodegradables.

Homogenización del material: Se deben retirar los residuos sólidos que tengan un tamaño mayor a cinco (5) centímetros para mejorar los procesos de mezcla y descomposición biológica. Esta actividad se deberá realizar mediante la trituración de los materiales orgánicos antes de fermentarlos.

a. Descomposición y maduración.

En el compostaje aerobio pueden desarrollarse las técnicas de compostaje en hileras, pilas estáticas y compostaje en reactor. En el compostaje en hileras los residuos sólidos deben ser preparados en pilas dentro de un campo al aire libre. Al alcanzar una temperatura de trabajo de 70 °C las hileras deben comenzar a voltearse una (1) ó dos (2) veces por semana durante un período de compostaje de cuatro (4) a cinco (5) semanas, tiempo en el cual debe registrarse gradualmente un descenso en la temperatura debido a la fermentación de los residuos.

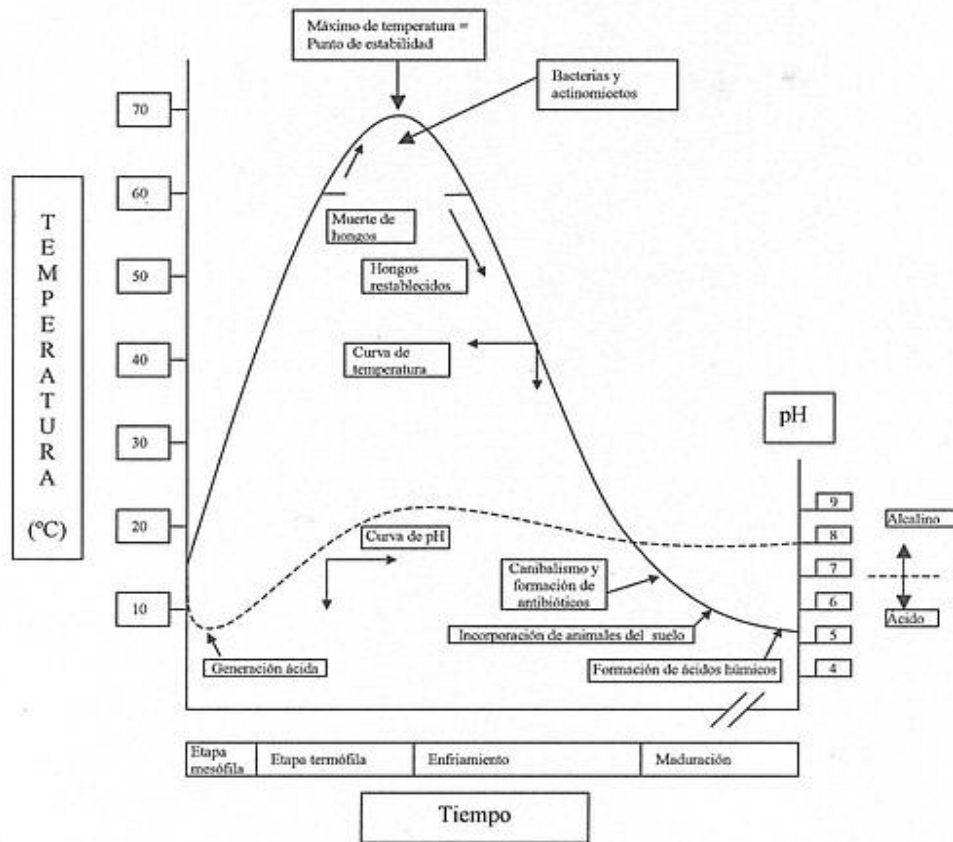
El material fermentado debe curarse por un periodo de dos (2) a ocho (8) semanas más, en hileras abiertas para asegurar su estabilización según requisitos presentados en la Tabla F.6.3.

En el proceso de maduración se deberán tener en cuenta:

Relación carbono – nitrógeno C/N: Debe ajustarse la cantidad de nutrientes cuando se llevan a compostaje materiales como papel, hojas secas, residuos de poda, etc., si al verificarse previamente la relación carbono - nitrógeno se encuentra fuera del rango óptimo de una relación 20:1 y de una relación de 25:1 para compostaje aerobio.

Ajuste y control de pH: Deben verificarse los rangos del pH durante el proceso de compostaje con el fin de establecer si es necesario adicionar materiales para el control de este parámetro. Se recomienda los siguientes valores de pH en compostaje aerobio: pH inicial entre 5,0 y 7,0, para el material fermentado debe basarse en la curva pH - tiempo de la Figura F.6.2 y para el resto del proceso el pH debe subir hasta valores entre 8,0 y 8,5.

Control de temperatura: El sistema de compostaje aerobio, pueden funcionar en ambas regiones de temperatura (mesofílico temperaturas entre 30 °C y 38 °C, termofílico entre 44 °C y 60 °C). En los sistemas de pilas estáticas aireadas y biorreactores, se puede regular la temperatura supervisando la temperatura y controlando la corriente de aire. Para compostaje en hileras, la temperatura se controla variando la frecuencia de volteo, basándose en las mediciones de temperatura, para lo cual se recomienda tener en cuenta el perfil mostrado en la Figura F.6.2.

FIGURA F.6.2. Rangos de temperatura y pH típicos en el compostaje en hileras⁶

Ajuste de humedad: La humedad inicial de la mezcla, debe ajustarse a una humedad que se encuentre entre 45 % y 50 %, la humedad óptima en el proceso para el compostaje aerobio debe estar entre el 50 % al 60 %, hallada en la relación:

$$\omega = \frac{W_w}{W_m} * 100 \quad (\text{F.6.1})$$

Donde:

- Ww: Peso del agua contenido en los residuos sólidos, kg.
- Wm: Peso de la mezcla, kg.
- ω : Contenido de humedad de los residuos sólidos, %.

Mezcla y volteo del compost: La mezcla inicial de los residuos orgánicos es esencial para aumentar o reducir el contenido de humedad hasta un nivel óptimo. Se debe realizar la mezcla para conseguir una distribución uniforme de nutrientes y microorganismos. El volteo del material orgánico es un factor importante para mantener las condiciones

⁶ Tomado de www.abarrataldea.org/imagenes/curva.jpg - www.abarrataldea.org/manual.htm. Nov de 2008.

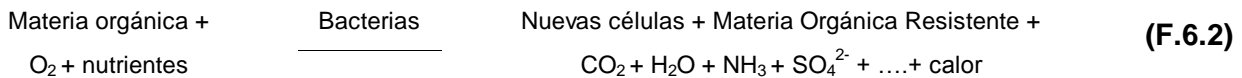
aerobias. El volteo depende del contenido de humedad, las características de los residuos o las necesidades de aire. Para un residuo orgánico con una humedad máxima del 66 % se recomienda el primer volteo al tercer (3) día y luego cada dos (2) días.

Control de patógenos: La destrucción de organismos patógenos es función del tiempo y la temperatura. En la Tabla F.6.3., se señalan temperaturas y tiempos de exposición necesaria para la destrucción de patógenos y parásitos.

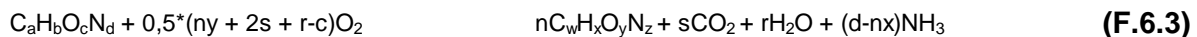
Tabla F.6.3. Estabilidad del compost según la evolución del dióxido de carbono

Tasa de respiración	Clasificación	Características
< 2	Muy estable	Buen curado; no presenta malos olores; olor térreo.
2 – 5	Estable	Compost curado; mínimo impacto en la dinámica del suelo.
5 – 10	Moderadamente estable	Compost no curado; bajo potencial de mal olor; la adición al suelo puede inmovilizar el N; alto potencial de fitotoxicidad; no es recomendable para utilizarse en el crecimiento de semillas.
10 - 20	Inestable	Compost muy inmaduro, alto potencial de mal olor y fitotoxicidad; no es recomendable para utilizarlo en el crecimiento de semillas.
> 20	Muy inestable	Material extremadamente inestable; potencial muy alto de mal olor y fitotoxicidad; no se recomienda su uso.

Requisitos de aire: En los procesos de aireación forzada, tales como la pila estática aireada y en biorreactores, el requerimiento de aire y la tasa de flujo son parámetros de diseño. Para el cálculo de la cantidad de aire se utiliza la ecuación genérica de transformación Ecuación F.6.2.



O su equivalente en peso molar:



Ecuación con la cual se puede determinar la cantidad de oxígeno requerido en el proceso de transformación, mediante las ecuaciones:

$$\text{O}_2, \text{kg} = 0,5*(ny+2s+r-c)\text{O}_2 \quad (\text{F.6.4})$$

$$r = 0,5*[b-nx-3(d-nx)] \quad (\text{F.6.5})$$

$$s = a - nw \quad (\text{F.6.6})$$

La transformación completa, cumple con la siguiente ecuación:



Para compostaje aerobio en hileras, la cantidad de aire será suministrada en el momento del volteo, situación que deberá realizarse en forma programática, sin embargo se considera procedente que el volteo final a realizar a los residuos, se determine con ensayos

previos en donde se pueda determinar la relación C/N, temperatura, humedad y pH, para que de esta forma se pueda establecer cual es la periodicidad de volteo.

$$\text{TASA DE RESPIRACIÓN: } \frac{\text{mgCO}_2 - \text{C}}{\text{g compost} - \text{día}} \quad (\text{F.6.8})$$

Para procesos de compostaje donde se agreguen nutrientes o bacterias para acelerar el proceso de transformación, se deberá realizar estudios previos con muestras representativas de los residuos sólidos a tratar, para determinar los nutrientes y bacterias específicos en cada caso.

Dichos estudios deberán incorporar además un análisis financiero de la transformación con y sin acelerantes del proceso, tomando como base de cálculo un periodo no inferior a diez (10) años, con lo cual se tomará la decisión de utilizar o no estos productos.

b. Postprocesamiento y mercadeo: Entre las técnicas recomendadas están las siguientes:

Tamizado: Debe hacerse un tamizado para mejorar la uniformidad y apariencia del compost y retirar cualquier material potencialmente contaminante o indeseable que haya pasado el preprocesamiento, tales como vidrio, metales, plástico, trapos, etc.

Mezcla con fertilizantes: Entre las técnicas recomendadas para mejorar las condiciones de retención del compost está el mezclado de éste con fertilizantes, como piedra fosfórica y urea para tener un verdadero valor fertilizante y mejorar las condiciones de retención de éstos.

Límites de concentraciones tóxicas en el producto: El compost resultante de estos procesos debe cumplir con las especificaciones contenidas en la Tabla F.6.4.

Usos del producto: Puede utilizarse de acuerdo con los usos definidos en la Tabla F.6.5.

- b. **Compostaje anaerobio.** Debe tenerse en cuenta lo especificado para compostaje aerobio, así como los aspectos de seguridad en el manejo y utilización del gas metano, CH₄, producido. El sistema debe prohibir la presencia y el uso de equipos que produzcan chispas o puedan inducir explosiones. Debe marcarse adecuadamente la zona y restringir el acceso a personas ajenas para minimizar el riesgo de explosiones.

La calidad en la operación del compostaje sea aeróbico o anaeróbico para mitigar los impactos negativos que pueden producirse y por ende comprometer la calidad del agua, el aire, así como la salud y el bienestar público debe considerar:

Agua: La calidad de este recurso se ve afectada por la contaminación con lixiviado, agua de escorrentía del proceso de operación y residuos compostados. Para evitar la formación de lixiviado debe mantenerse el contenido de humedad del material por debajo del contenido de humedad óptima del compostaje. Para controlar el incremento en el contenido de humedad debe protegerse el material del contacto directo con la lluvia. El lixiviado debe recogerse, almacenarse y disponerse adecuadamente de modo que no alcance las aguas superficiales y/o subterráneas. El agua de escorrentía debe desviarse

fuera del sitio mediante la construcción de diques, interceptarse, canalizarse y tratarse de ser necesario para asegurar una adecuada disposición.

Aire: Para evitar la contaminación de este recurso, se recomienda no colocar la planta al aire libre cerca de zonas habitadas. El control de olores durante el preprocesamiento puede lograrse realizando todas las actividades dentro de una construcción y tratar el escape de gases y vapores y de esporas de hongo. En el caso de la compostación en pilas, deben mantenerse las condiciones aerobias durante el proceso para minimizar la formación de olores. El desarrollo de olores debe ser controlado utilizando ventilación del sitio. El escape de aire debe ser tratado en caso de que los impactos lo ameriten.

Vectores: Los vectores deben ser controlados teniendo en cuenta las siguientes consideraciones: encerrar toda la unidad, almacenar los residuos que constituyen la materia prima durante el tiempo más corto, preprocesar y reducir el tamaño. Los vectores que sobreviven pueden prevenirse usando una superficie pavimentada.

- c. **Lombricultura (vermicultivo).** Es la técnica de criar en cautiverio lombrices de tierra logrando obtener una rápida y masiva reproducción y un crecimiento en espacios reducidos, y la utilización de residuos orgánicos domésticos para su alimentación produciendo como resultado la transformación de éstos en humus y en proteínas para la alimentación de aves, peces y cerdos. La lombricultura puede ser útil para:

- Transformar los residuos orgánicos.
- Producir abono orgánico rico, conocido como humus.
- Fabricar alimentos para peces, cerdos y aves de corral por su alto contenido proteínico.
- Preparar alimentos para el ser humano.
- Elaborar cosméticos e incluso alcohol.
- Insumo en la obtención de harina de carne para la preparación de alimentos.
- Utilizar como cebo para pesca.

Las lombrices se pueden cultivar al aire libre o en lugares cerrados. Los lechos para el cultivo de la lombriz pueden ser de forma rectangular de 1,0 metro de largo por 0,50 m de ancho y alturas entre 0,3 y 0,4 centímetros y pueden hacerse a nivel doméstico fabricándolos con madera, guadua, ladrillos, bloques o concreto, dejándoles una pequeña pendiente para permitir el drenaje del agua.

- d. **Biogeneración.** Es una alternativa para el tratamiento de los residuos sólidos orgánicos, en la que se combinan procesos aeróbicos (que funcionan con oxígeno) y anaeróbicos (sin presencia de oxígeno), en la que se obtienen productos como abono agrícola (compost) y gas biológico (60% metano, 40% CO₂), que puede ser utilizado como combustible. Los alimentos y otros residuos orgánicos (madera, hojas, vegetales) pueden ser transformados a través de procesos bioquímicos, dando como resultado estos productos que son de alto valor energético y económico.

6.3.3.2 Procesos de transformación química

Esta incluye algunos procesos de hidrólisis, que se utilizan para recuperar compuestos tales como la glucosa, y otros procesos de conversión química para recuperar compuestos como aceite sintético, gas y acetato de celulosa. También se puede producir alcoholes. Estos

procesos puede ser: bioquímicos como la biogeneración y el compostaje y tratamientos fisicoquímicos.

6.3.3.3 Procesamiento Térmico

A continuación se describen los procedimientos más usuales para el tratamiento térmico de los residuos sólidos. El usuario debe utilizar la descripción de estos procesos como simple información en consideración a que utilizan instalaciones y equipos de costos variables en su adquisición y operación, requieren de un estudio cuidadoso y se presentan dificultades para su implementación en municipios de bajos recursos financieros y tecnológicos.

- a. **Incineración.** Es el proceso de reducción de los residuos sólidos (del orden de 90 % en volumen y 75 % en peso) a material inerte (escoria y cenizas) y a productos oxidados mediante la combustión, provoca descomposición mediante las sustancias por vía térmica, mediante la oxidación a temperaturas elevadas (760 °C o más) destruyendo la fracción orgánica de los residuos y reduciendo su volumen considerablemente. El Capítulo 8 establece los principios generales y operacionales mínimos bajo los cuales debe realizarse este proceso, para el cual se recomienda una evaluación detallada y efectuar su implementación para el nivel de complejidad alto del sistema, en sistemas regionales equivalentes a nivel de complejidad alto o para municipios ubicados en islas como el caso de Providencia y San Andrés.
- b. **Pirólisis.** Es el procesamiento térmico de residuos en ausencia total de oxígeno, este procedimiento utiliza una fuente de combustible externa para conducir las reacciones en un ambiente libre de oxígeno. El proceso de pirólisis produce tres (3) fracciones de componentes:
 - Una corriente de gas que contiene hidrógeno, metano, monóxido de carbono y diversos gases;
 - Una fracción líquida que consiste en un flujo de alquitrán o aceite;
 - Coque inferior, que consiste en carbono casi puro.
- c. **Termólisis.** La termólisis y fusión es un sistema basado en el concepto de valoración energética de los residuos sólidos pero con una tecnología más moderna y segura; incluyen instalaciones que transforman en un 99 % todos los residuos que producimos (urbanos, industriales) en gas de síntesis que puede ser utilizado para alimentar la instalación propiamente dicha, producir energía a ser vendida para otras necesidades; además de gas se produce materia inerte (granulados que pueden utilizarse en la construcción o en la industria metalúrgica).

6.3.4 Disposición final controlada

Aunque el objetivo primordial del sistema de aprovechamiento y valorización con separación en la fuente, es que el 100 % de los residuos que ingresen a la unidad de tratamiento sean incorporados al ciclo económico productivo, es necesario tener en cuenta que no es factible que la comunidad realice la separación de acuerdo con las calidades establecidas, situación que inevitablemente obligará a la ejecución de actividades de separación en la unidad de tratamiento produciéndose una cantidad de residuos no aprovechables. Por otro lado, de igual forma una cantidad de residuos potencialmente aprovechables serán rechazados por el comprador, convirtiéndose en una fracción adicional no aprovechable.

Así mismo, en un sistema de aprovechamiento sin separación en la fuente se va a encontrar que una gran cantidad de los residuos producidos en el municipio no son aprovechables o que aún

siendo potencialmente aprovechables su tratamiento no es viable financieramente, situación que lo convierte en un residuo no aprovechable.

Estas situaciones hacen que necesariamente se deba implementar un sistema de disposición final a través de la tecnología de relleno sanitario, para lo cual se deberá cumplir con las especificaciones definidas en este Título.

6.4 USOS DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS APROVECHABLES

Para desarrollar un sistema eficaz de gestión integral de residuos sólidos, es necesario tener información sobre las alternativas de uso de su fracción útil con el fin de separarla en las unidades de aprovechamiento, ya sea para transformarla en nuevos productos o para la recuperación de energía. Es necesario tener claro que los compradores de los residuos sólidos aprovechables van a exigir ciertos requisitos de calidad, de acuerdo a unas especificaciones que están estrechamente ligadas al tipo de aprovechamiento que posteriormente se les va a dar.

6.4.1 Especificaciones para residuos sólidos aprovechables

Las siguientes especificaciones corresponden a los requerimientos mínimos que deben tenerse en cuenta para la utilización de los residuos sólidos en las diferentes actividades de aprovechamiento. Los compradores de los residuos sólidos aprovechables podrán solicitar especificaciones de calidad, más estrictas a las presentadas en este Capítulo y que deberán tenerse en cuenta en el momento de la planificación del sistema dentro de la prestación del servicio de aseo y que debe ser resultado del estudio de oferta y demanda.

6.4.1.1 Para reutilización directa

Corresponde a la fracción de residuos sólidos separado en el origen y que por sus características puede utilizarse directamente como la madera, las estibas de madera, muebles, papel. Estos residuos deben tener la propiedad de ser utilizables para su función original o para una relacionada, por lo tanto deben estar limpios.

6.4.1.2 Para reutilización y/o reciclaje

Todos los residuos sólidos deben estar limpios y homogéneos.

1. Aluminio. Se recomienda que las latas sean aplastadas y empacadas. Deben estar libres de humedad y contaminación. Las especificaciones para su comercialización corresponden al tamaño de la partícula, grado de limpieza, distancia de transporte y punto de entrega.
2. Papel y cartón. No deben tener contaminantes como papel quemado por el sol, metal, vidrio y residuos de comida. Dentro de las especificaciones a tener en cuenta corresponden a: Fuente, calidad, sin adhesivos, contenido de humedad, cantidad, almacenamiento, punto de entrega.
3. Plásticos. Deben ser clasificados de acuerdo a las categorías de uso internacional (PET/1, PE-HD/2, PVC/3, PE-LD/4, PP/5, PS/6 y Multilaminado/7), grado de limpieza y contenido de humedad.
4. Vidrio. Debe clasificarse por colores, no debe contener contaminantes como piedras, cerámicas, etiquetas, metal o según especificaciones del mercado, almacenamiento y punto de entrega. No se debe reciclar vidrio de automóvil laminado. Si el uso es para fibra de vidrio, no deberá contener materiales orgánicos, metales o refractarios.

5. Metales féreos. Se recomienda separar las etiquetas de papel, lavar las latas preferiblemente con detergente y aplastarlas. Las tapas de botellas y botes pueden reciclarse junto con latas de acero. Pueden aceptarse las latas de aerosoles vacías. Dentro de las especificaciones se tiene la fuente (residencial, comercial, industrial), peso específico, grado de limpieza, libre de estaño, aluminio y plomo, cantidad, medio de transporte y punto de entrega.
6. Metales no féreos. Varían según las necesidades y los mercados.
7. Residuos de jardín. Varían según el uso. Sin embargo las especificaciones mínimas corresponden a la composición del material, tamaño de partícula y grado de contaminación.
8. Construcción y demolición. Composición, grado de contaminación, designación final del uso del terreno. Varían según las necesidades y los mercados.
9. Madera. Varían según las necesidades y los mercados.
10. Neumáticos. Contenido energético, varía según las necesidades y los mercados.
11. Textiles. Tipo de material; grado de limpieza.
12. Pilas domésticas. Las pilas reciclables son las de botón de óxido de mercurio y óxido de plata y las pilas de níquel cadmio. No se pueden reciclar pilas alcalinas y de zinc plomo.

6.4.1.3 Para Materia Orgánica Estabilizada

El producto final debe cumplir con los límites máximos permisibles enumerados en la Tabla F.6.3., para las categorías A y B definidos de acuerdo con el uso final. Se define adicionalmente una categoría C, la cual presenta valores de referencia de los parámetros diferentes (superiores e inferiores en donde aplique) a los de las categorías A y B y que son considerados como no peligrosos.

Tabla F.6.3. Límites máximos permisibles en el compost

Parámetro	Valor de referencia		
	Categoría A		Categoría B
Parámetros físico químicos			
Contenido de humedad (%)	≤ 20,0		≤ 25
Contenido de cenizas (%)	< 60,0		
Contenido de carbono orgánico oxidable total (%)	> 15,0		
Capacidad de intercambio catiónico (meq/100g)	> 30,0		> 20
Capacidad de retención de humedad (%)	> 100,0		> 100
pH (Unidades)	4,0 < pH < 9,0		
Densidad real (g/cm ³ Base Seca)	< 0,6		
N total, P ₂ O ₅ y K ₂ O (%)	Declararlos si cada uno es > 1,0%		
Metales pesados (mg/Kg Base Seca)	USO AGRÍCOLA	OTROS USOS	
Arsénico (As)	15,0	140,0	75,0
Cadmio (Cd)	0,7	39,0	85,0
Cobre (Cu)	70,0	1.500,0	4.300,0
Cromo (Cr)	70,0	1.200,0	3.000,0
Mercurio (Hg)	0,4	17,0	57,0
Níquel (Ni)	25,0	420,0	420,0
Plomo (Pb)	45,0	300,0	840,0
Selenio (Se)	15,0	36,0	100,0
Zinc (Zn)	200,0	2.800,0	7.500,0
Parámetros microbiológicos	Categoría A		Categoría B
<i>Salmonella sp.</i>	Ausente en 25 gramos de muestra de producto final (En base seca)		< 1,00 E(+3) UFC/g de muestra de producto final base se
Enterobacterias totales	< 1,00 E(+3) NMP/g de producto		

Parámetro	Valor de referencia	
	final (En base seca)	
Huevos de Helminetos	< 1 Huevo de Helmineto Viable/4 g de muestra de producto final (En base seca)	
Coliformes Fecales	< 2,00 E(+6) UFC/g de muestra de producto final base seca	
Contenido de materiales inertes para las dos categorías	Tamaño de partícula	Valor de referencia (%en peso base seca)
Plástico, metal, caucho	Tamaño > 2,0 mm	< 0,20
Vidrio	2,0 mm < Tamaño < 16,0 mm	< 0,02
	Tamaño ≥ 16,0 mm	Ausente
Piedras	Tamaño > 5,0 mm	< 2,00

Adicional a las especificaciones definidas anteriormente, la categoría A deberá provenir directamente de procesos de separación en la fuente cuando se destinen a uso agrícola.

Cuando los residuos sólidos sean separados en una estación de separación, se deberá tener una eficiencia de separación en peso y volumen para su aprovechamiento de acuerdo con lo establecido en la Tabla F.6.4.

TABLA No. F.6.4. Valores de eficiencia de separación de residuos en una estación de separación y de tratamiento

Periodo de operación		Eficiencia de separación	
Etapa	Duración de la etapa (meses)	(%en peso base húmeda)	(%en volumen base húmeda)
Operación de inicio	0,0 < t < 6,0	≥ 75,0	≥ 70,0
Operación estable	6,0 ≤ t < 18,0	≥ 85,0	≥ 80
Operación de optimización	> 18,0	≥ 95,0	≥ 90,0

6.4.1.4 Para generación de energía.

- Residuos de jardín: Deben ser requeridas por la instalación encargada del procesamiento y sus requerimientos mínimos son composición de los residuos, disposición de tamaño, contenido de humedad y grado de contaminación.
- Fracción orgánica de los residuos sólidos: Deben ser requeridas por la instalación encargada del procesamiento según el uso final del compost.

6.4.2 Posibilidades de reutilización y reciclaje

El aprovechamiento de los residuos sólidos tiene como fin último su incorporación al ciclo económico productivo, por ende será necesario que en el estudio de mercado por lo menos se analicen las posibilidades de uso definidas en la Tabla F.6.5.

TABLA No. F.6.5. Posibilidades de reutilización y reciclaje

Residuo	Tipo de material	Posibilidades de Uso
Aluminio	Latas de aluminio	Reuso en nuevas materias primas luego de fundido y laminado el metal. (fabricas de elementos de aluminio)

Residuo	Tipo de material	Posibilidades de Uso
Papel y cartón	Papel periódico	Nuevas materias primas para elaboración de cartón, papel periódico, papel higiénico, pañuelos de papel, contenedores ondulados, para construcción (cartón de yeso, material suelto de aislamiento, papel saturado de fieltro para tejados).
	Cartón ondulado	Lamina o medio para nuevas cajas de cartón
	Papel de informática, facturas en blanco y color, libros, reproducción	Papel higiénico o de alta calidad
	Papel mezclado	Cartón y productos prensados misceláneos, para construcción (cartón de yeso, material suelto de aislamiento, papel saturado de fieltro para tejados).
Plástico	Polietileno tereftalato PET/1 (Botellas de gaseosas y jugos, recipientes para comida)	Almohadas, edredones, pijamas, ropa de clima frío, bases y fibras de moqueta, productos moldeados, tablas aislantes, películas, correas, envases de comida.
	Polietileno de alta densidad PE-HD (Botellas de leche y detergentes, bolsas, etc.)	Botellas de detergentes, frascos de aceite de motor, bolsas, tuberías y productos moldeados como juguetes y señales de tránsito.
	Policloruro de vinilo PVC (recipientes domésticos y de comida, tuberías)	Recipientes que no son para comida, cortinas de baño, alfombras de plástico, tuberías para riego, materas, juguetería, tuberías de drenaje, molduras, láminas y piezas moldeadas.
	Polietileno de baja densidad PE-LD (envases de película fina y empaques)	Bolsas negras.
	Polipropileno PP (cajas para botellas, maletas, tapas y etiquetas)	Tablas de plástico, muebles de jardín, pilotes, postes, vallas y baterías.
	Poliestireno PS (vasos y platos de espuma, artículos moldeados por inyección)	Tablas de espuma aislante de cimentación, accesorios de oficina, bandejas para servir comida, aislamiento, juguetes y productos moldeados por inyección.
	Plásticos mezclados y multilaminados (plásticos no seleccionados)	Bancos de jardín, mesas, guardafangos, postes para vallas, vigas, pelets, estacas.
Vidrio	Botellas y recipientes de vidrio	Fabricación de nuevos insumos de vidrio, materiales de construcción
	Fibra de vidrio (triturado)	Fibra de vidrio
Metales férreos	Latas de acero u hojalata	Estaño, nuevo acero.
	Electrodomésticos, automóviles y chatarra de acero	Nuevos productos.
Metales no férreos	Muebles de jardín, baterías, electrodomésticos de cocina, herramientas, escaleras, ferretería, alambre de cobre, fontanería, etc.	Industria.
Residuos de jardín	Residuos de jardín	Compost, material de cobertura de rellenos sanitarios.
Fracción orgánica	Residuos de comida, papel, cartón, plásticos, textiles, madera, residuos de jardín	Compost: Para categoría A <ul style="list-style-type: none"> ○ En agricultura, como abonos orgánicos o acondicionadores orgánicos no húmicos de suelos en cultivos hortícolas, frutícolas, forraje, fibras y praderas para pastoreo. ○ Para remediación de suelos contaminados, lechos

Residuo	Tipo de material	Posibilidades de Uso
		<p>biológicos para el tratamiento de emisiones y vertimientos, soporte físico y sustrato biológico en sistemas de filtración, absorción y adsorción.</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ En la fabricación de briquetas y pellets para procesos de tratamiento térmico de residuos y en procesos de oxidación térmica o reducción térmica, como combustible alternativo. ○ Como insumo en la obtención de materiales de construcción. ○ Los mismos usos que en la categoría B. <p>Para categoría B</p> <ul style="list-style-type: none"> • En la estabilización de taludes de proyectos de la red vial nacional, secundaria y/o terciaria. • En la rehabilitación y recuperación de suelos degradados de uso no agrícola, áreas destinadas al ornato y la recreación, jardines, parques y zonas verdes. • En la revegetalización de suelos degradados de uso no agrícola. • Como material para cobertura y revegetalización de áreas erosionadas y de minería a cielo abierto. • En plantaciones forestales. • En la fabricación de briquetas y pellets para procesos de tratamiento térmico de residuos como combustible alternativo. • Los mismos usos que en la categoría C. <p>Para categoría C</p> <ul style="list-style-type: none"> • En las coberturas intermedias de cierre de plataformas y cobertura final de clausura en sistemas de disposición final de residuos sólidos, tipo relleno sanitario para revegetalización y paisajismo. • En la disposición conjunta con residuos sólidos en sistemas tipo relleno sanitario y en sistemas de disposición final exclusivos de biosólidos y/o materiales orgánicos estabilizados.
Construcción y demolición	Asfalto	Capa de base para vías, material nuevo para pavimentar.
	Hormigón, ladrillo	Nuevo hormigón
Madera	Rechazos de fábrica, productos de madera	Madera prensada.

6.4.3 Estudios de Factibilidad

Deben realizarse estudios económicos, técnicos y ambientales que determinen la factibilidad de implantar un programa de aprovechamiento y valorización.

Dichos estudios deben basarse como mínimo en la composición de los residuos (futuras tendencias en la composición de los residuos), las especificaciones para cada uno de los métodos de aprovechamiento y valorización, el mercado disponible y potencial de los residuos sólidos aprovechables, la legislación vigente, los costos y los beneficios económicos de implementar cualquiera de los sistemas de aprovechamiento y valorización. El análisis económico debe incluir:

6.4.3.1 Análisis de costos de capital

- a. Análisis de costo de capital de la construcción y montaje de la unidad de acopio y tratamiento. Debe considerarse los siguientes aspectos:

- Actividades de preparación del sitio
- Servicios Públicos
- Estructuras civiles. Accesos, edificaciones, cerramientos, etc.
- Tamaño de la unidad de tratamiento según la capacidad de procesamiento y almacenamiento del material no procesado y procesado.
- Costos de equipo. Debe considerarse los aspectos de adquisición, transporte, montaje, pesaje y puesta en marcha de los equipos. El equipo a utilizar debe estar en función del tamaño de la unidad.

b. Costos de diseño.

6.4.3.2 Costos de operación

- a. Salarios del personal requerido para las actividades y administración de la unidad.
- b. Mantenimiento y operación.
 - Mantenimiento del equipo y de las instalaciones físicas.
 - Transporte y disposición de residuos no aprovechables.

6.4.3.3 Venta de subproductos

Se deben tener en cuenta y analizar cuidadosamente las capacidades reales del mercado para absorber los productos generados. Debe hacerse un análisis de sensibilidad de la rentabilidad del proyecto de acuerdo con la cantidad de subproductos que se puedan generar. Deben tenerse en cuenta claramente los costos de transporte de los subproductos a los sitios de compra de éstos.

El programa de aprovechamiento de residuos sólidos debe contener los siguientes requerimientos mínimos:

- a. Determinar el método de aprovechamiento y valorización.
- b. Determinar los objetivos a corto, mediano y largo plazo.
- c. Especificar el contenido del programa y las formas de participación comunitaria.
- d. Análisis del sistema de recolección actual para fortalecer las prácticas de recolección selectivas existentes.
- e. Determinar el sistema de recolección selectiva, agentes ejecutores y medios de transporte de los residuos sólidos aprovechables, horarios y sitios de recolección.
- f. Determinar y ubicar los centros de acopio de los residuos sólidos aprovechables.
- g. Establecer acuerdos con los diferentes sectores comprometidos con el programa. Estos pueden ser los sectores productivos transformadores, la comunidad, las empresas prestadoras del servicio de recolección de basuras y los recuperadores existentes en la zona.
- h. Especificar el plan de seguimiento y evaluación del programa de aprovechamiento.
- i. Determinar los beneficios ambientales, sociales y económicos a obtener con el programa de aprovechamiento seleccionado.

6.4.4 Localización de unidades de tratamiento para potenciar el aprovechamiento

Los siguientes criterios deben considerarse en la localización de la unidad de tratamiento de residuos sólidos aprovechables y valorizables:

- a. Debe estar cerca al área y rutas de recolección.

- b. Las vías de acceso deben ser diseñadas para minimizar el impacto del tráfico en el ambiente.
- c. Debe construirse en sitios ambiental y estéticamente aceptables. Debe ser ambientalmente aceptable respecto al tráfico, ruido, olor, polvo, vuelo de materiales, descargas líquidas y control de vectores; para cumplir con este requisito el diseño arquitectónico de la zona operativa debe ser cerrado a fin de no generar los impactos negativos sobre el área de influencia.
- d. Debe tenerse en cuenta los usos del suelo y el plan de desarrollo del municipio.
- e. Debe localizarse en una zona industrial y simultáneamente debe cumplir con el requisito de aislamiento que satisfaga la aceptación de la comunidad y se puedan mantener zonas de seguridad adecuadas alrededor de la instalación.

El proceso de localización puede constituirse de las siguientes fases:

Fase I Planeamiento

- a. Identificación del problema. Reconocer el crecimiento del volumen de residuos a manejar.
- b. Diseño y estrategia de localización. Debe tenerse en cuenta los siguientes aspectos: planeamiento e integración de la comunidad, riesgos de comunicación, mitigación y actividades de evaluación.
- c. Evaluación de alternativas. Debe tenerse en cuenta los siguientes aspectos: búsqueda, debate y selección de opciones: reciclaje, reducción en la fuente, incineración y disposición.
- d. Criterios factibles de selección del sitio. Debe tenerse en cuenta los siguientes aspectos: estudio de densidad de población, condiciones hidrológicas y características socio-económicas.

Fase II Selección del sitio y diseño de la unidad

- a. Selección del sitio. Debe tenerse en cuenta los siguientes aspectos: Áreas de acuerdo al volumen de residuos aprovechables a manejar, áreas predeterminadas en el POT, EOT o PBOT, según sea el caso, tecnologías a efectuar, que posea áreas de aislamiento y control ambiental, fácil acceso, acuerdos con la comunidad.
- b. Diseño de la unidad. Debe tenerse en cuenta los siguientes aspectos: selección de tecnologías, dimensiones, características de seguridad, restricciones, planes de mitigación y construcción.

Fase III Implementación

- a. Operación. Debe tenerse en cuenta los siguientes aspectos: monitoreo de recepción de residuos, manejo de la disposición de residuos, control de ruido, desorden y olor.
- b. Manejo. Debe tenerse en cuenta los siguientes aspectos: operación de monitoreo y seguridad, ejecución de pruebas aleatorias de caracterización de residuos.
- c. Cerramiento y uso futuro del terreno. Debe tenerse en cuenta los siguientes aspectos: cerramiento y aseguramiento de la unidad, decisión sobre el uso futuro del terreno y realización de monitoreo continuo.
- d. Monitoreo de calidad ambiental. Debe tenerse en cuenta los siguientes aspectos: generación de olores, ruido, contaminación de aguas, aire y suelos, y riesgos asociados a la labor que se realice.

6.4.5 Seguridad Industrial

Debe establecerse un programa de entrenamiento de seguridad que informe a los empleados de las actividades de manera que se garantice su seguridad.

En la elaboración del programa debe considerarse como mínimo:

- a. Potencial de problemas de salud y seguridad asociados con el sitio de trabajo y el procesamiento de los residuos sólidos aprovechables.
 - a. En las unidades donde se utilice separación manual de materiales debe seleccionarse el tipo de ropa protectora adecuada, equipo filtrante de aire para la cabeza y guantes.
 - b. También debe considerarse el uso de máscaras y construcción de instalaciones sanitarias adecuadas. Cuando los niveles de ruido sobrepasan los permitidos, el operador debe utilizar protección auditiva.
 - c. Deben establecerse mecanismos que permitan el cumplimiento de las normas legales como son la Ley 55 de 1993, donde se aprueba el convenio sobre la seguridad en la utilización de productos químicos en el trabajo y la Ley 9, Título III de enero 24 de 1979 y la Resolución 02400 de mayo 22 de 1979 o aquellos que los sustituyan o modifiquen.

La Tabla F.6.6 muestra los aspectos referentes a la salud y seguridad que deben ser considerados dependiendo del equipo que posea la unidad.

Tabla F.6.6. Aspectos mínimos del plan y programa de entrenamiento de seguridad industrial

Componente	Cuestión de Seguridad
Mecánico	Piezas giratorias de alta velocidad Ejes de transmisión y correas Ruidos de alta intensidad Vidrios rotos, objetos de metal afilados Peligros de explosión
Eléctrico	Cables, interruptores y controles expuestos Carencias de tomas de tierra
Arquitectónico	Escaleras de mano, escaleras, barandillas Rutas de vehículos y visibilidad Ergonomías de las cintas transportadoras de selección Iluminación Ventilación y aire acondicionado Drenaje
Operativo	Prácticas de mantenimiento Entrenamiento de seguridad Equipamiento de seguridad y primeros auxilios

Aspectos mínimos del plan y programa de entrenamiento de seguridad industrial

Componente	Cuestión de Seguridad
Materiales peligrosos	Residuos peligrosos domésticos y de pequeños productores
Residuos Hospitalarios	Residuos biológicos peligrosos como residuos de sangre humana y organismos patógenos
Equipamiento de seguridad personal	Guantes a prueba de pinchazos e impermeables; zapatos de seguridad, uniformes, protección ocular, protección contra ruidos, protección respiratoria.

- b. Peligros físicos inherentes a la entrada de los residuos sólidos aprovechables.

6.4.6 Edificación

La edificación de la unidad de tratamiento para potenciar el aprovechamiento de residuos debe considerar como mínimo los siguientes aspectos constructivos:

- a. El área mínima para la recepción y pesaje de los residuos que ingresan o salen de la unidad.
- b. El área mínima de almacenamiento de la materia prima de la unidad debe ser la suficiente para acomodar el equivalente a tres días de abastecimiento y el área mínima de almacenamiento para el material procesado debe tener la capacidad para dos meses.
- c. Deben utilizarse paneles anchos para lo cual deben disponerse un número mínimo de columnas interiores de manera que se presente la mínima interferencia con la circulación de los vehículos.
- d. Los paneles deben tener una altura de piso suficiente para el acomodamiento y volteo de los residuos sólidos.
- e. La edificación debe tener puertas amplias de manera que no interfieran con las maniobras de los vehículos.
- f. Ventilación. El sistema de ventilación debe ser diseñado de tal forma que no haya acumulaciones de sustancias que interfieran con la salud y la seguridad de las personas que laboran en la unidad.
- g. La unidad de aprovechamiento debe contar con el diseño del sistema de contraincendio.
- h. La unidad debe contar con el diseño de las obras de drenaje para el control de las aguas de escorrentía e infiltración, diseño del sistema de recolección de lixiviados y diseño y localización de la planta de tratamiento, de éstos en caso de que se produzcan.

CAPÍTULO F.7

7 TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN FINAL

7.1 ALCANCE

Este Capítulo establece los criterios básicos necesarios y los requerimientos mínimos obligatorios para que el sistema de disposición final basado en la tecnología de rellenos sanitarios, sea planificado, diseñado, operado y monitoreado para evitar y mitigar los impactos ambientales que son generados al utilizar este sistema.

Cuando las especificaciones que se mencionan en el presente Capítulo no hagan referencia a una capacidad de disposición final diaria de residuos sólidos, estas deben adoptarse directamente para todos los rellenos sanitarios.

7.2 REQUISITOS OBLIGATORIOS PARA LA DISPOSICIÓN FINAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORDINARIOS

El Decreto MAVDT 838 de 2005, establece las normas y procedimientos que deben seguir las entidades territoriales y las personas prestadoras del servicio de aseo en la actividad complementaria de disposición final mediante la tecnología de rellenos sanitarios, entre los cuales se destacan:

7.2.1 Del interés social y utilidad pública

Las áreas potenciales que la entidad territorial seleccione y determine en los Planes de Ordenamiento Territorial (POT), Planes Básicos de Ordenamiento Territorial (PBOT) o Esquemas de Ordenamiento Territorial (EOT), según sea el caso, como Suelo de Protección – Zonas de Utilidad Pública para la ubicación de infraestructuras para la provisión del servicio público de aseo en la actividad complementaria de disposición final, mediante la utilización de la tecnología de relleno sanitario, hacen parte de los bienes y servicios de interés común, los cuales prevalecerán sobre el interés particular. Es deber de la entidad territorial localizar y señalar estas áreas potenciales en los POT, PBOT y EOT, según sea el caso, en concordancia con el Artículo 8 de la Ley 388 de 1997, y en las demás normas que lo adicionen, modifiquen o sustituyan.

7.2.2 Procedimiento para la localización de áreas para disposición final

Para la localización y definición de las áreas para disposición final, se deberá garantizar el siguiente procedimiento, a saber:

1. La entidad territorial en el proceso de formulación del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos – PGIRS, seleccionará y establecerá las áreas potenciales para la realización de la disposición final de residuos sólidos, mediante la tecnología de relleno sanitario y de la infraestructura que los compone.

2. El ente territorial realizará visitas técnicas a cada uno de las áreas potenciales definidas en el PGIRS y con base en la información existente de generación de residuos sólidos de la entidad territorial, uso actual de dichas áreas, accesibilidad vial, topografía, distancia al perímetro urbano, disponibilidad de material de cobertura, distancia a cuerpos hídricos y los criterios de localización definidos y suscribirá un acta, que hará parte del expediente del POT, PBOT y EOT, según sea el caso, en la que se dejará constancia del proceso de evaluación llevado cabo, especificando los puntajes de evaluación asignados a cada una de ellas.
3. La incorporación de las áreas potenciales para disposición final de residuos sólidos, mediante la tecnología de relleno sanitario, en los Planes de Ordenamiento Territorial, Planes Básicos de Ordenamiento Territorial y Esquemas de Ordenamiento Territorial, según sea el caso, se hará durante el proceso de adopción, o en el proceso de revisión, modificación y ajustes de los mismos, y debe realizarse de acuerdo con las disposiciones establecidas en la normativa y en el Decreto MAVDT 4002 del 2004 o las normas que lo adicionen, modifiquen o sustituyan.
4. Una vez expedido el acto administrativo correspondiente por el ente territorial, que adopta o modifica los Planes de Ordenamiento Territorial, Planes Básicos de Ordenamiento Territorial y Esquemas de Ordenamiento Territorial, según sea el caso, en los cuales se establezcan las áreas potenciales para la disposición final de residuos sólidos mediante la tecnología de relleno sanitario, la persona prestadora del servicio público de aseo en la actividad complementaria de disposición final, deberá surtir el proceso de licenciamiento, previsto en la Ley y su Decreto Reglamentario.

7.2.3 Criterios y metodología para la localización de áreas para disposición final de residuos sólidos, mediante la tecnología de relleno sanitario

Para la localización de áreas potenciales para disposición final de residuos sólidos, mediante la tecnología de relleno sanitario, los entes territoriales deberán tener en cuenta los criterios y la metodología de evaluación considerada en el Decreto MAVDT 838 de 2005, así como dar aplicación a las Resoluciones MAVDR 1274 y 1291 mediante las cuales se establecen los Términos de Referencia de Estudio de Impacto Ambiental – EIA y para la Elaboración del Diagnóstico Ambiental de Alternativas – DAA para la Construcción y Operación de Rellenos Sanitarios, respectivamente.

7.2.4 Prohibiciones y restricciones en la localización de áreas para disposición final de residuos sólidos

En la localización de áreas para realizar la disposición final de residuos sólidos, mediante la tecnología de relleno sanitario, se deberán tener en cuenta las siguientes consideraciones:

1. **Prohibiciones.** Corresponden a las áreas donde queda prohibido la localización, construcción y operación de rellenos sanitarios, a saber:
 - Fuentes superficiales. Dentro de la faja paralela a la línea de mareas máximas o a la del cauce permanente de ríos y lagos, como mínimo de treinta (30) metros de ancho o las definidas en el respectivo POT, EOT y PBOT, según sea el caso; dentro de la faja paralela al sitio de pozos de agua potable, tanto en operación como en abandono, a los manantiales y aguas arriba de cualquier sitio de captación de una fuente superficial de abastecimiento hídrico para consumo humano de por lo menos quinientos (500) metros; en zonas de pantanos, humedales y áreas similares.
 - Fuentes subterráneas. En zonas de recarga de acuíferos.

- Hábitats naturales críticos. Zonas donde habiten especies endémicas en peligro de extinción.
- Áreas con fallas geológicas. A una distancia menor a sesenta (60) metros de zonas de la falla geológica.
- Áreas pertenecientes al Sistema de Parques Nacionales Naturales y demás Áreas de manejo especial y de ecosistemas especiales tales como humedales, páramos y manglares.

2. Restricciones. Corresponden a las áreas donde si bien se pueden localizar, construir y operar rellenos sanitarios, se debe cumplir con ciertas especificaciones y requisitos particulares, sin los cuales no es posible su ubicación, construcción y operación:

- Distancias al suelo urbano. Dentro de los mil (1.000) metros de distancia horizontal, con respecto al límite del área urbana o suburbana, incluyendo zonas de expansión y crecimiento urbanístico, distancia que puede ser modificada según los resultados de los estudios ambientales específicos.
- Proximidad a aeropuertos. Se deberá cumplir con la normativa expedida sobre la materia por la Unidad Administrativa Especial de la Aeronáutica Civil o la entidad que haga sus veces.
- Fuentes subterráneas. La infraestructura instalada, deberá estar ubicada a una altura mínima de cinco (5) metros por encima del nivel freático.
- Áreas inestables. Se deberá procurar que las áreas para disposición final de residuos sólidos, no se ubiquen en zonas que puedan generar asentamientos que desestabilicen la integridad de la infraestructura allí instalada, como estratos de suelos altamente compresibles, sitios susceptibles de deslizamientos y aquellos donde se pueda generar fenómenos de karstismo.
- Zonas de impacto sísmico. En la localización de áreas para disposición final de residuos sólidos, se deberá tener en cuenta que su ubicación no se efectúe en zonas de alto riesgo sísmico.

En el evento en que por las condiciones geotécnicas, geomorfológicas e hidrológicas de la región, se deba ubicar infraestructura para la disposición final de residuos sólidos en áreas donde existen restricciones, se garantizará la seguridad y estabilidad de la infraestructura en la adopción de las respectivas medidas de control, mitigación y compensación que exija la autoridad ambiental competente.

7.2.5 Planeación

El proceso de planificación del servicio público de aseo en la actividad complementaria de disposición final de residuos sólidos, se realizará con los siguientes instrumentos:

- Los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos - PGIRS.
- Los Planes de Ordenamiento Territorial.
- Licencia ambiental.
- Reglamento Técnico del Sector, RAS.
- Reglamento operativo.

7.2.6 Reglamento operativo

Se deberá formular y desarrollar un reglamento operativo, que incluirá:

1. Cronograma de actividades de acuerdo con las especificaciones técnicas definidas para el sistema.
2. Condiciones de acceso.
3. Frentes de trabajo.
4. Restricción e identificación de residuos.
5. Compactación de los residuos.
6. Material de cubierta diaria.
7. Control del agua de infiltración y de escurrimiento.
8. Recolección y tratamiento de lixiviados.
9. Recolección, concentración y venteo de gases.
10. Actividades y acciones de manejo y control para la estabilidad de taludes.
11. Equipos e instalaciones de Instrumentación.
12. Procedimientos constructivos.
13. Calidad y cantidad de materiales a utilizar.
14. Equipo y maquinaria requerida.
15. Personal requerido y calidades profesionales.
16. Procesos operativos desde la entrada de los residuos hasta su disposición final.
17. Planos y esquemas de los procesos e instalaciones en el relleno.

7.2.7 Plan de trabajo y construcción

Con base en el reglamento operativo, se deberá iniciar la ejecución de acuerdo con la secuencia programada, iniciando desde la fase de replanteo en terreno hasta el momento último de clausura y postclausura del relleno sanitario.

7.2.8 Criterios operacionales

Se deberá garantizar, entre otras, el cumplimiento de las siguientes condiciones durante la fase de operación:

1. Prohibición del ingreso de residuos peligrosos, si no existen celdas de seguridad en los términos de la normatividad vigente.
2. Prohibición del ingreso de residuos líquidos y lodos contaminados.
3. Prohibición del ingreso de cenizas prendidas.
4. Pesaje y registro de cada uno de los vehículos que ingresan al relleno sanitario.
5. Cubrimiento diario de los residuos
6. Control de vectores y roedores.
7. Control de gases y las concentraciones que los hacen explosivos.
8. Control del acceso al público y prevención del tráfico vehicular no autorizado y de la descarga ilegal de residuos.
9. Prohibición de la realización de reciclaje en los frentes de trabajo del relleno.
10. Condiciones establecidas en el permiso de vertimiento para la descarga, directa e indirecta, del efluente del sistema de tratamiento de lixiviados, en los cuerpos de agua, tanto subterránea como superficial.
11. Mantenimiento del registro actualizado de las operaciones realizadas.

7.2.9 Control y monitoreo en el área de disposición final de residuos sólidos

Todo prestador del servicio público de aseo en la actividad complementaria de disposición final de residuos sólidos, deberá incluir en los diseños correspondientes la red de monitoreo de aguas

subterráneas, la identificación de fuentes superficiales y los puntos donde se realizará el control y monitoreo, sin perjuicio de lo dispuesto en la licencia ambiental.

Asimismo, dicho prestador deberá incluir en los diseños correspondientes los sitios donde se realizará el control de cada actividad para los siguientes parámetros:

- Pesaje y registro de cada uno de los vehículos que ingresan al sitio para disposición final de residuos sólidos.
- Caracterización anual de los residuos sólidos de acuerdo con las especificaciones técnicas establecidas en el Capítulo 2 de este Título F.
- Monitoreo mensual de la señalización presentada en el programa de monitoreo.
- Control de las instalaciones sanitarias anualmente.
- Control y monitoreo al sistema de compactación de acuerdo con las especificaciones técnicas definidas en el Capítulo 6 de este Título F.
- Control y monitoreo de la calidad del recurso agua, de acuerdo con los siguientes parámetros y frecuencia, como mínimo.

TABLA F.7.1. Parámetros y frecuencia de monitoreo de acuíferos

Parámetros	Frecuencia	
	Mayor de 15 Mg/día	Menor o igual 15 Mg/día
pH	Semestral	Anual
Conductividad eléctrica	Anual	Bianual
Oxígeno Disuelto	Semestral	Anual
Metales pesados	Semestral	Anual
DQO	Semestral	Anual
Amoniaco	Anual	Bianual
Nitritos	Semestral	Anual
Nitratos	Anual	Bianual

TABLA F.7.2. Parámetros y frecuencia de monitoreo de lixiviados y calidad del vertimiento a fuentes superficiales

Parámetros	Frecuencia	
	Mayor de 15 Mg/día	Menor o igual 15 Mg/día
pH	Semestral	Anual
Oxígeno Disuelto	Semestral	Anual
Metales pesados	Semestral	Anual
DQO	Semestral	Anual
DBO	Semestral	Anual
SST	Semestral	Anual

Además de las fuentes superficiales y lixiviados, se deberá caracterizar las aguas provenientes del sistema de drenaje, para corroborar que no existe contacto con lixiviados.

- Control y monitoreo de la calidad de aire de acuerdo con los siguientes parámetros y frecuencia, como mínimo.

TABLA F.7.3. Parámetros y frecuencia de monitoreo de calidad de aire

Parámetros	Frecuencia	
	Mayor de 15 Mg/día	Menor o igual 15 Mg/día
Composición de Biogás CH ₄ , CO ₂ , O ₂	Trimestral	Semestral
Explosividad	Trimestral	Semestral
Caudal	Trimestral	Semestral
Partículas Suspendidas Totales	Trimestral	Semestral
Partículas Respirables	Trimestral	Semestral

El procedimiento para realizar el monitoreo de aguas subterráneas y superficiales, y de la calidad del aire se basará en las directrices y lineamientos normativos que para el efecto expida el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

En el evento de que la Autoridad Ambiental encuentre que las medidas establecidas en la Licencia Ambiental respectiva no se han ejecutado, podrá incrementar el seguimiento y control en las frecuencias que considere necesarias, con cargo al prestador.

7.2.10 Competencia de los Municipios y Distritos

Dentro de las funciones asignadas a los municipios o distritos, señaladas en la ley, les corresponde la definición y adopción de los PGIRS, la identificación y localización de áreas potenciales para disposición final de residuos sólidos, en los que se ubique la infraestructura del relleno sanitario, de acuerdo con la normatividad vigente en los POT, PBOT y EOT, según sea el caso, para asegurar la prestación del servicio de disposición final de los residuos sólidos generados en su jurisdicción de manera eficiente, sin poner en peligro la salud humana, ni utilizar procedimientos y métodos que puedan afectar el ambiente.

Esta disposición rige para el departamento Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina.

7.2.11 Competencia de los Departamentos

Dentro de las funciones asignadas en la ley a los departamentos, les corresponde con relación a la prestación del servicio público de aseo, apoyar financiera, técnica y administrativamente a las personas prestadoras que operen en el departamento o a los Municipios que hayan asumido la prestación directa de la actividad complementaria de disposición final de residuos sólidos, así como a las empresas organizadas con participación de la Nación o de los departamentos y entes territoriales locales para desarrollar las funciones de su competencia en esta materia.

Igualmente, les corresponde impulsar y organizar sistemas de coordinación de las entidades prestadoras de servicios públicos y promover, cuando razones técnicas y económicas lo aconsejen, la organización de asociaciones de entes territoriales para la prestación de la actividad complementaria de disposición final de residuos sólidos, o la celebración de convenios interadministrativos para el mismo efecto.

7.2.12 Competencia de la persona prestadora del servicio público de aseo en la actividad complementaria de disposición final

La responsable de la operación y funcionamiento de los rellenos sanitarios será de la persona prestadora de esta actividad complementaria del servicio público de aseo, quien deberá cumplir con las disposiciones que para el efecto se establecen en el marco normativo y en la licencia

ambiental. Asimismo, deberá responder ante las Autoridades Ambientales y de Salud, según corresponda, por los impactos ambientales y sanitarios ocasionados por el inadecuado manejo del relleno sanitario.

7.2.13 Permisos municipales o Distritales

En cada municipio quienes prestan el servicio público de aseo en la actividad complementaria de disposición final de residuos sólidos, están sujetos a las normas generales sobre la planeación urbana, las normas de circulación y tránsito, el uso del espacio público y la seguridad y tranquilidad ciudadanas, y las autoridades pueden exigirles garantías adecuadas a los riesgos que generen.

7.3 FOMENTO A LA REGIONALIZACIÓN DE SISTEMAS DE DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS

En la medida en que las condiciones ambientales, topográficas, viales y distancias lo permitan, los proyectos de disposición final de residuos sólidos que vayan a formular y desarrollar cualquier entidad territorial, propenderán porque se enfoquen desde el ámbito regional, teniendo en cuenta los beneficios sociales, ambientales y económicos derivados de este nivel, en gestión conjunta con otros municipios y distritos.

Las áreas potenciales para la localización de rellenos, deberán considerar un horizonte de planeación no menor a veinte (20) años, de acuerdo con los parámetros presuntivos de generación de residuos sólidos por habitante.

Se promoverán las actuaciones regionales e integrales relacionadas con el servicio público de aseo, en las cuales confluyan en forma coordinada la iniciativa, la acción planificadora, la organización y la gestión de los entes territoriales con las políticas urbana y de saneamiento básico nacionales.

7.4 COFINANCIACIÓN DE LA NACIÓN

Para que las entidades territoriales puedan acceder a los recursos de cofinanciación de la Nación para proyectos de sistemas de disposición final de residuos sólidos, y deberán haber identificado, planteado, analizado y evaluado dentro de los correspondientes estudios de factibilidad que soportan el proyecto, alternativas de regionalización del servicio y presentarlas en su solicitud, con la copia del acto administrativo respectivo donde se ubican y delimitan las áreas para éste tipo de proyectos, sin perjuicio de la reglamentación que sobre el particular disponga cada entidad en su orden correspondiente.

7.5 COMPONENTE ECONÓMICO

7.5.1 Tarifas por el servicio público de disposición final

De conformidad con la ley, las tarifas del servicio público de aseo en la actividad complementaria de disposición final que establezca la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico - CRA, deberán incentivar el desarrollo de esquemas regionalizados de disposición final de residuos sólidos.

7.5.2 Disponibilidad de recursos económicos

Con el fin de garantizar la disponibilidad de recursos económicos para realizar el cierre, clausura y monitoreo de los rellenos sanitarios, toda persona prestadora del servicio de público de aseo en la actividad de disposición final de residuos sólidos, deberá constituir y mantener una provisión, que garantice la disponibilidad permanente de las sumas acumuladas durante el periodo de operación del relleno sanitario, necesarias para construir las obras de clausura y postclausura requeridas y llevar a cabo el monitoreo por el período que se determine en la licencia ambiental. La forma de determinar los valores a provisionar será establecido por la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico – CRA en la metodología tarifaria del servicio de aseo.

7.6 GESTIÓN DE PASIVOS Y CIERRE DE SISTEMAS

7.6.1 Recuperación de sitios de disposición final

Sin perjuicio de las responsabilidades establecidas en el respectivo Plan de Manejo Ambiental, corresponde a las entidades territoriales y a los prestadores del servicio público de aseo en la actividad complementaria de disposición final, recuperar ambientalmente los sitios que hayan sido utilizados como botaderos a cielo abierto, enterramientos u otros sitios de disposición final no adecuada de residuos sólidos municipales o transformarlos, previo estudio, en rellenos sanitarios, de ser viable técnica, económica y ambientalmente.

7.6.2 Uso futuro de los sitios de disposición final

El uso futuro de los sitios donde se construyan y clausuren rellenos sanitarios, deberá estar considerado y determinado, desde la etapa de diseño del relleno sanitario, y debe garantizar que no se generarán riesgos para el ambiente o la salud pública de la comunidad localizada en el área de influencia del proyecto.

7.7 PROCEDIMIENTO PARA LA UBICACIÓN DE RELLENOS SANITARIOS

7.7.1 Identificación de las áreas para disposición final de residuos en los Planes de Ordenamiento Territorial - POT

La implementación de rellenos sanitarios deberá realizarse en aquellas áreas definidas e incorporadas por la entidad territorial mediante acto administrativo en el POT, PBOT o EOT según sea el caso y por lo tanto es necesario efectuar la identificación de las áreas incorporadas en el e iniciar el proceso de licenciamiento ambiental.

7.7.2 Pronunciamiento respecto de sí el proyecto requiere Diagnóstico Ambiental de Alternativas – DAA definido en la Resolución MAVDT 1291 de 2006

Es necesario solicitar formalmente a la Autoridad Ambiental competente, pronunciamiento de si el proyecto de disposición final requiere o no de DAA. En la solicitud se debe anexar:

1. Evaluación realizada por la entidad territorial de las áreas incorporadas en el POT, EOT o PBOT, según sea el caso.
2. Plano de localización de las áreas potenciales para disposición final a través de la tecnología de relleno sanitario a escala 1:2.000 en donde se identifique el área a utilizar para el relleno sanitario y su infraestructura anexa, su ubicación con respecto a los

cascos urbanos mas cercanos, distancias al perímetro urbano, señalización de vías a utilizar y topográfica que permita identificar coordenadas geográficas y curvas de nivel cada metro, destacándolas cada cinco.

3. Cantidad promedio de disposición diaria en toneladas por día y la descripción de los municipios que probablemente dispondrán los residuos sólidos en forma conjunta.
4. Manifestación de afectación o no al sistema de parques nacionales naturales, sus zonas de amortiguación u otras áreas de manejo especial.
5. Información sobre la presencia de comunidades localizadas en las áreas potenciales de disposición final (área de influencia directa).
6. Certificado del Ministerio del Interior y de Justicia sobre comunidades indígenas y/o negras tradicionales.

Una vez la autoridad ambiental se pronuncie sobre el requerimiento o no de DAA, la persona prestadora del servicio público de aseo en la actividad complementaria de disposición final, deberá realizar si requiere DAA, los estudios determinados en el Numeral F.7.7.3., en el evento de no requerir DAA debe realizar los estudios definidos en el Numeral F.7.4.

7.7.3 Estudios previos

Para las áreas potenciales de disposición final definidas en el POT, PBOT o EOT según sea el caso, se deben realizar los siguientes estudios:

7.7.3.1 Estudio topográfico

Se deben compatibilizar los niveles del proyecto del relleno sanitario con el levantamiento planimétrico y altimétrico y las dimensiones del terreno, de manera que se puedan seleccionar y diseñar los frentes de trabajo, establecer métodos de operación, determinar la capacidad volumétrica, ubicar el material disponible para efectuar trabajos de rellenos y de cobertura y planificar el sistema de control de contaminación ambiental. El estudio topográfico debe localizar toda servidumbre que contenga el terreno y también se debe realizar un levantamiento del área de influencia determinando fundamentalmente las vías de acceso y las características urbanísticas del entorno.

1. Planimetría

$$T_A = \frac{1}{\sqrt{N}} \quad (\text{F.7.1})$$

$$T_A = \frac{1}{\sqrt{5000}} \quad (\text{F.7.2})$$

Donde:

TA: Tolerancia angular
N: Número de vértices de la poligonal

- Todos los puntos en sus vértices deben estar referenciados a bancos de nivel fijo y de ser posibles oficiales, con objeto de rehacer la poligonal cuando se requiera.
- La poligonal del terreno debe estar referida a un sistema de coordenadas.
- La poligonal del terreno en cada uno de sus vértices debe contar con ángulos internos, rumbos y azimuts.
- Al plano de altimetría se deben anexar las libretas de campo.

2. Altimetría

- a. Los bancos de nivel deben estar referidos a bancos oficiales.
- b. Las curvas de nivel se deben trazar de acuerdo con los siguientes requerimientos: en equidistancias de curvas a cada medio metro para sitios planos y ligeramente ondulados, y cada metro para ondulados, hondonadas profundas y valles escarpados.

3. Secciones

Se deben ubicar secciones a partir del K0+000 del camino de acceso, referenciadas a las estaciones establecidas sobre el perfil del camino. Las secciones son siempre perpendiculares al eje del camino de acceso y deben abarcar veinte (20) metros a cada lado del eje, como mínimo.

7.7.3.2 Estudio geotécnico

1. Nivel de detalle del estudio geotécnico

- a. Definición. Se define como nivel de detalle como el resultado de la aplicación de dos (2) criterios concomitantes, el uno dependiente de la cantidad de residuos a disponer y el segundo dependiente de la variabilidad del subsuelo sobre el que se apoya el relleno sanitario.
- b. Variabilidad del subsuelo. La variabilidad del subsuelo se define de acuerdo con las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismoresistente (NSR-98) o aquella que la modifique, adicione o sustituya.
- c. En el estudio geotécnico se definen los niveles de detalle I, II, III y IV, según la Tabla F.7.4.

Tabla F.7.4. Definición del nivel de detalle del estudio geotécnico

Cantidad de residuos dispuestos (Mg/día)	Variabilidad del subsuelo		
	Baja	Media	Alta
Menor o igual a 15	I	II	II
Mayor a 15	II	III	IV

2. Investigación del subsuelo

- a. Información previa. El ingeniero geotecnista debe recopilar y evaluar los datos disponibles sobre las características del sitio y del proyecto.
 - Del sitio. Esta información debe ser obtenida por el ingeniero encargado del estudio geotécnico y comprende: capacidad portante, geología, sismicidad, clima, vegetación, infraestructuras y estudios anteriores. El ingeniero geotecnista responsable del proyecto debe dar fé de que conoce el sitio y lo ha visitado para efectos de la elaboración del estudio.
 - Del proyecto. La siguiente información debe ser suministrada al ingeniero geotecnista: levantamiento topográfico, altura del relleno, secuencias de construcción, niveles de excavación, cargas, redes de servicio y los demás aspectos que el ingeniero geotecnista estime necesarios para la realización del estudio.
- b. Exploración de campo. Deben realizarse apiques, trincheras, perforaciones estáticas o dinámicas, u otros procedimientos reconocidos en la práctica, con el fin de ejecutar

pruebas directas o indirectas en el terreno y obtener muestras para ensayos de laboratorio. La exploración debe ser amplia y suficiente para garantizar un adecuado conocimiento del subsuelo hasta la profundidad afectada por el relleno sanitario

- c. Número mínimo de sondeos. El número mínimo de sondeos de exploración se define de acuerdo con el nivel de detalle, según la Tabla F.7.5.

Tabla F.7.5. Número mínimo de sondeos

Nivel de detalle	Número mínimo de sondeos
I	3
II	3
III	5
IV	10

- d. Sobre las características y distribución de los sondeos. Las características y distribución de los sondeos deben cumplir las siguientes disposiciones:

- Los sondeos con recuperación de muestras deben constituir como mínimo el 50% de los sondeos practicados en el estudio definitivo.
- Las muestras, en tal caso, se toman en cada cambio de material o por cada 1.5 m de longitud del sondeo.
- Los sondeos practicados dentro del desarrollo del estudio preliminar pueden incluirse como parte del estudio definitivo, siempre y cuando hayan sido ejecutados con la misma calidad y siguiendo las especificaciones dadas en este reglamento.
- El número de sondeos finalmente ejecutado debe cubrir el área que ocupa el relleno sanitario.

- e. Profundidad de los sondeos. Por lo menos el 50 % de todos los sondeos debe alcanzar la máxima profundidad dada por las siguientes alternativas:

- Profundidad en la que el incremento de esfuerzos causados por el relleno sanitario sobre el terreno sea el 10 % del esfuerzo con el terreno natural.
- A 1,5 veces la altura del relleno.
- En los casos donde se encuentre roca firme, aglomerados rocosos o capas de suelos asimilables o rocas, a profundidades inferiores a las establecidas, los sondeos deben penetrar un mínimo de 3,0 m en dichos materiales. Sin embargo, el ingeniero debe evaluar las condiciones geológicas para comprobar que debajo de este estrato no exista un estrato de menor resistencia.

- f. Ensayos de laboratorio. Deben ensayarse muestras de tamaño representativo de manera que las pruebas no varíen en un rango amplio debido al contenido de suelo.

- Selección de muestras. Las muestras obtenidas de la exploración de campo deben ser seleccionadas por el ingeniero geotecnista, quien debe ordenar los ensayos de laboratorio que permitan conocer con claridad la clasificación, peso unitario, humedad natural, propiedades de resistencia al corte, deformación, permeabilidad, compresibilidad y capacidad portante de los diferentes materiales.

- Tipo y número de ensayos. El tipo y número de ensayos depende de las características propias de los suelos o materiales rocosos por investigar y del criterio del ingeniero geotecnista.
 - Ensayos para suelos. Para suelos deben realizarse como mínimo ensayos de clasificación, completa para cada uno de los estratos o unidades estratigráficas, sus niveles de meteorización, su humedad natural, peso unitario y permeabilidad.
 - Ensayos para rocas. Para materiales rocosos deben realizarse como mínimo ensayos de peso específico, compresión simple, absorción, alterabilidad y permeabilidad.

7.7.3.3 Estudio climatológico

Deben tenerse en cuenta condiciones climatológicas locales en la evaluación de las áreas potenciales de disposición final.

En la localización, las condiciones durante el invierno afectarán el ingreso al lugar. Un periodo de lluvias que pueda afectar el ingreso al frente de trabajo del relleno sanitario, hará necesario que se prevean áreas de emergencia. La fuerza y la predominante dirección de los vientos deben considerarse cuidadosamente para minimizar impactos ambientales por olores y material particulado a la población y los recursos ubicados en las áreas aledañas al relleno sanitario.

Debe obtenerse información confiable de la zona sobre los siguientes factores climatológicos: temperatura, precipitación y vientos registrados en estaciones climatológicas cercanas al sitio, preferentemente con periodo de veinticinco (25) años como mínimo.

7.7.3.4 Temperatura

Debe obtenerse y analizarse la información correspondiente a la temperatura media mensual, preferentemente durante un periodo de observación de al menos 25 años.

En zonas o épocas de temperaturas altas se favorece el proceso de fermentación de los residuos llegando a producir fenómenos de autocombustión y olores desagradables que se deben evitar con el cubrimiento diario, o si es necesario, más de una vez al día.

7.7.3.5 Precipitación

Debe determinarse la precipitación mensual media, la precipitación media diaria, correspondiente al mes más lluvioso registrado en todo el periodo de observación y la intensidad de lluvia máxima horaria media, a partir de registros que abarquen un periodo de 25 años como mínimo.

7.7.3.6 Vientos

Debe determinarse la dirección media de los vientos reinantes, la dirección media de los vientos dominantes y su posible variación en las diferentes épocas del año, de manera que se construyan defensas que eviten la acción intensa de los vientos sobre los materiales.

7.7.3.7 Estudio geológico

Se requieren estudios geológicos regionales y locales para evaluar las condiciones del sitio destinado para la disposición final de los residuos sólidos. Deben cumplir con las siguientes características:

1. Estudios geológicos regional y local.
2. Determinar el marco geológico regional y local con el fin de identificar las diferentes unidades litológicas, su geometría, distribución e identificación de discontinuidades, tales como fallas y fracturas; e identificar posibles fenómenos de inestabilidad de laderas.

7.7.3.8 Estudios hidrogeológicos

Para rellenos sanitarios proyectados con una disposición final de residuos sólidos menor o igual a quince (15) toneladas por día, se deben considerar los siguientes aspectos en el estudio hidrogeológico:

1. Establecer la ubicación y distribución de todos los cuerpos de agua subterránea superficiales (no confinados) y profundos (confinados), a escala regional y local.
2. Determinar la conductividad hidráulica, posición del nivel freático y composición físico química del agua subterránea.

Para rellenos sanitarios proyectados para una disposición final de residuos sólidos mayor a 15 toneladas por día, se deben considerar los siguientes aspectos en el estudio hidrogeológico:

1. Establecer la ubicación y distribución de todos los cuerpos de agua subterránea superficiales (no confinados) y profundos (confinados), a escala regional y local.
2. Identificar las unidades hidrogeológicas, extensión y geometría, tipo de acuífero (libre, confinado, semiconfinado) y relación entre las diferentes unidades hidrogeológicas que definen el sistema acuífero de la zona.
3. Determinar los valores de la conductividad hidráulica, carga hidráulica, porosidad efectiva en partículas del sistema de flujo y posición del nivel freático, con los cuales se definirá la dirección y velocidad del agua subterránea. Se debe analizar la composición fisicoquímica del agua subterránea con el fin de calcular la línea base de la calidad del agua.

7.7.3.9 Composición física de los residuos a disponer

Se debe determinar la composición física de los residuos sólidos que se van a disponer, de acuerdo con lo establecido en el Capítulo 2 de este Título.

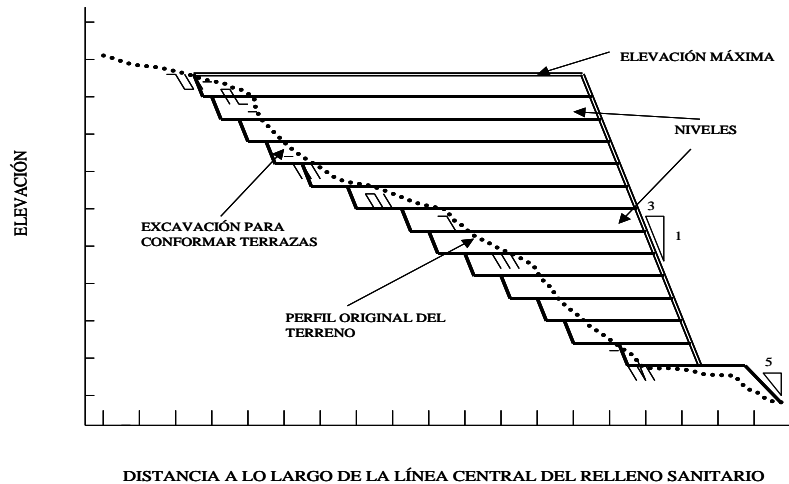
7.7.3.10 Generación diaria de residuos sólidos y proyecciones de población

Con base en lo establecido en el Capítulo 1 de este Título, se debe estimar la cantidad de residuos sólidos generados por la(s) población(es), que dispondrán los residuos en el relleno sanitario y de igual forma se deberán realizar los cálculos de proyecciones respectivos.

7.7.3.11 Determinación de la capacidad y la vida útil

Con base en los estudios definidos en este Capítulo 7, se debe calcular año a año, la cantidad total de residuos a disponer en el relleno sanitario para un periodo no inferior a 20 años y para cada una de las áreas potenciales y los estudios del Literal F.7.7.3.1, se determinará a nivel de prediseño, una altura para cada nivel y la elevación máxima del relleno sanitario, para lo cual se debe proceder a realizar un perfil superficial del suelo en el sitio donde se ubicará el relleno sanitario y se procederá a dibujar las cotas de excavación y los perfiles de cada uno de los niveles, hasta llegar a la elevación máxima deseada, como se ilustra en la Figura F.7.1.

Figura F.7.1. Perfil superficial del relleno sanitario



Posteriormente, se debe realizar en un plano de localización donde se encuentren señaladas las curvas de nivel, el contorno del relleno sanitario con lo cual se posibilitará determinar la longitud de cada uno de los niveles en forma transversal, para luego en un cuadro de áreas poder determinar el volumen para cada nivel y la capacidad total de disposición final, información que se debe cruzar finalmente con la generación anual de residuos sólidos proyectada, para así determinar la vida útil del relleno sanitario para cada área potencial.

7.7.3.12 Diagnóstico Ambiental de Alternativas - DAA

Cuando la Autoridad Ambiental en virtud de la normativa se pronuncie en el sentido de que la construcción y operación del proyecto de relleno sanitario requiere DAA, este se debe realizar teniendo en cuenta las consideraciones establecidas en la Resolución MAVDT 1291 de 2006, por la cual se acogen los términos de referencia para la elaboración del Diagnóstico Ambiental de Alternativas para construcción y operación de rellenos sanitarios y se adoptan otras determinaciones, o aquella que la modifique, adiciones o sustituya.

Las alternativas a presentar, corresponden a las áreas potenciales incorporadas en el POT, PBOT o EOT, según sea el caso por parte de la entidad territorial. Así mismo deberá evaluar como alternativas la viabilidad de acceso al servicio en rellenos sanitarios existentes, que se encuentren en un radio de 60 kilómetros.

Dentro de las características, que se deben estudiar para las áreas potenciales de disposición final incorporadas en el POT, PBOT, EOT se tienen:

- Área a utilizar por el relleno sanitario
- Capacidad de disposición final de residuos sólidos en toneladas y periodo de vida en años.
- Identificación y señalización en un plano de las fuentes hídricas en un radio de dos (2) kilómetros (se incluyen ríos, quebradas, manantiales, nacimientos, humedales).
- Identificación de la fuente hídrica o sistema receptor donde se realizará el vertimiento de lixiviados tratados.
- Identificación de sitios de captación y concesiones en la fuente que será utilizada para el vertimiento de lixiviados tratados, información que debe obtenerse por lo menos en una longitud de dos (2) kilómetros aguas abajo del sitio de vertimiento.
- Uso del suelo

- Identificación y señalización de las vías que conducen del perímetro urbano al sitio potencial de disposición final, señalando si es o no pavimentada, pendiente promedio y distancias.
- Identificación y señalización de la vía de acceso desde la vía principal hasta el relleno sanitario al sitio potencial de disposición final, señalando si es o no pavimentada, pendiente promedio y distancias.
- Pendientes predominantes en el relleno sanitario, de acuerdo con los estudios definidos en el Literal F.7.7.3.1.
- Identificación y localización de los sitios de obtención de material de cobertura, sitios de préstamo, identificando la calidad del material a obtener.
- Número de habitantes y viviendas localizados en cada uno de los sitios potenciales (área a utilizar por el relleno sanitario).
- Número de habitantes y viviendas localizados dentro del área comprendida entre el perímetro del sitio potencial de disposición final y una faja paralela de dos (2) kilómetros.
- Identificación de escuelas, colegios, centros de salud que se encuentren localizados dentro del área comprendida entre el perímetro del sitio potencial de disposición final y una faja paralela de dos (2) kilómetros.
- Dirección de los vientos predominantes y localización de estos en el plano de áreas potenciales de disposición final, con respecto a cascos urbanos.
- Identificación y localización en el plano de áreas potenciales de disposición final de aeropuertos y distancias con respecto a las áreas potenciales.
- Información respecto de la profundidad del nivel freático en cada una de las áreas potenciales, con base en los estudios definidos en el Literal F.7.7.3.8.
- Información y localización en el plano de áreas potenciales de disposición final de áreas inestables y zonas de riesgo sísmico alto, con base en los estudios definidos en los Literales F.7.7.3.2 y F.7.7.3.5.
- Identificación en campo de las especies arbóreas predominantes y estimación a través de fotografías aéreas y/o restituciones realizadas por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi, de las áreas y volúmenes aproximados a aprovechar por la construcción y operación del relleno sanitario.
- Identificación en las áreas potenciales de disposición final de especies (fauna y flora) en vía de extinción.
- Necesidades de remoción de cobertura vegetal (en hectáreas) por la construcción del relleno sanitario, obras complementarias y vías de acceso requeridas para la operación.

Se debe igualmente incluir información sobre la compatibilidad del proyecto con los usos del suelo establecidos en el POT, PBOT o EOT, según sea el caso, la identificación y análisis comparativo de los potenciales riesgos y efectos sobre el ambiente y los recursos naturales para cada una de las áreas potenciales de disposición final, los mecanismos utilizados para informarle a la comunidad sobre la construcción y operación del relleno sanitario (para cada una de las áreas potenciales de disposición final), la selección y justificación de la mejor alternativa, la cual se deberá realizar con base en las características específicas del sistema y el análisis costo – beneficio ambiental de las alternativas.

7.8 PARÁMETROS DE DISEÑO

7.8.1 Selección del método a utilizar

La selección del método a utilizar para la operación del relleno sanitario debe realizarse con base en las condiciones topográficas, geotécnicas e hidrogeológicas del sitio seleccionado para la disposición final de los residuos. Debe establecerse el perfil estratigráfico del suelo y el nivel de acuíferos freáticos permanentes y transitorios.

7.8.1.1 Método de zanja o trinchera

Este método debe utilizarse en regiones planas. La tierra que se extrae debe colocarse a un lado de la zanja para utilizarla como material de cobertura.

7.8.1.2 Método de área

Este método debe utilizarse en áreas relativamente planas, donde no es factible excavar trincheras para enterrar los residuos sólidos. Estas pueden depositarse directamente sobre el suelo original, en cuyo caso el material de cobertura deberá ser importado de otros sitios o, si es posible, puede ser extraído de la capa superficial.

Este método también se adapta para rellenar depresiones naturales o artificiales. El material de cobertura se excava de las laderas del terreno, procurando que sea lo más cerca posible para evitar sobrecostos en el transporte.

7.8.1.3 Método de rampa

El método debe utilizarse en terrenos de pendiente moderada. Puede planearse de manera que se formen escalones, haciendo pequeñas excavaciones para obtener el material de cubierta. Puede utilizarse para formar terrazas en terrenos de pendiente pronunciada.

7.8.1.4 Método combinado

Los métodos de área y trinchera, por poseer técnicas similares de operación, pueden combinarse para obtener un mejor aprovechamiento del terreno del material de cobertura y rendimientos en la operación. Si las condiciones topográficas lo permiten se pueden combinar los métodos.

7.8.2 Trama vial

Para el diseño de la trama vial debe tenerse presente el uso definitivo del área rellenada. En el trazado debe tenerse presente la secuencia del relleno y la tecnología a implementar de acuerdo con las condiciones climáticas, con el fin de minimizar las inversiones.

7.8.2.1 Trama vial para los rellenos sanitarios con disposición diaria menor o igual a quince (15) Mg por día.

Al relleno sanitario debe llegarse por una vía pública de acceso, la cual debe ser una vía principal de uso permanente y debe reunir las condiciones aceptables de diseño.

7.8.2.2 Trama vial para los rellenos sanitarios con disposición final mayor a quince (15) toneladas por día

- a. Interna. En el trazado de las vías internas debe tenerse en cuenta las dimensiones de las celdas, submódulos y módulos; la metodología operativa y las condiciones climáticas, de

manera que bajo cualquier condición deben recibirse los residuos. Las vías internas deben cumplir como mínimo con las especificaciones siguientes:

- Deben permitir la doble circulación de los vehículos recolectores o de transferencia hasta el frente de trabajo del relleno sanitario.
 - Deben ser temporales y no pueden presentar pendientes mayores de 5%.
 - Deben tener los radios de giro adecuados, siendo estos mayores al radio de giro mínimo de un vehículo para ejecutar un giro de 180°.
 - Deben tener instalaciones de energía eléctrica que satisfagan las necesidades de iluminación en las señalizaciones exteriores e interiores.
 - La red de circulación interna de ingreso y egreso de vehículos debe diseñarse para circular en un solo sentido, colocando la demarcación vertical portátil necesaria para las distintas etapas del relleno.
- b. Externa. Las vías externas deben cumplir como mínimo con las siguientes especificaciones:
- El acceso al relleno sanitario debe ser por una vía pública.
 - Deben ser de trazado permanente.
 - Deben garantizar el tránsito en cualquier época del año, a todo tipo de vehículos que acudan al relleno sanitario.

7.8.3 Sistema de impermeabilización

Todo relleno sanitario debe tener un sistema de impermeabilización en el fondo. El sistema de impermeabilización debe constar como mínimo de una capa de arcilla o una capa de GCL y estar acompañado de una geomembrana.

Los mínimos requisitos que deben cumplir los elementos constitutivos del sistema de impermeabilización son los siguientes:

1. Capas de arcilla. Construidas de materiales de suelos naturales, aunque la capa puede contener materiales procesados como bentonita o materiales sintéticos. Esta capa debe tener un espesor mínimo de 0,60 m.
 - a. Requisitos de compactación y permeabilidad. Debe lograrse una masa homogénea con una conductividad hidráulica menor o igual a 1×10^{-6} cm/s, compactando el suelo con un contenido de humedad de 2 % a 3 % por encima de la humedad óptima y con un alto nivel de energía de compactación.
 - b. Materiales. Los siguientes son los requisitos mínimos para lograr la conductividad hidráulica requerida:
 - Porcentaje de finos ≥ 20 %
 - Índice de plasticidad ≥ 20 %
 - Porcentaje de suelo grueso ≤ 30 %
 - Tamaño máximo de partícula en el rango de 25 mm a 50 mm

Si la capa de suelo no logra la permeabilidad requerida, se pueden utilizar aditivos como bentonita, caolinita, etc. No se recomienda utilizar aditivos con altos índices de plasticidad ($I_p > 30\%$), por la dificultad que presentan en el trabajo en campo.

c. Construcción

- Procesamiento. Para que la hidratación o deshidratación del suelo sea uniforme se requiere de 1 a 3 días. Cuando se utilizan aditivos como la bentonita, deben mezclarse los componentes extendiendo una capa de suelo de espesor de 0,10 m a 0,15 m; y sobre ésta se coloca el aditivo para mezclar los materiales.
- Preparación de la superficie. La superficie de la capa compactada debe ser áspera; de lo contrario, debe ser escarificada 2 cm a 3 cm con un disco o cualquier aparato disponible.
- Colocación del suelo. Si se utilizan estacas para controlar el espesor de la capa de suelo, una vez removidas las estacas deben sellarse las perforaciones. Después de colocado el suelo, debe añadirse una pequeña cantidad de agua para compensar la pérdida por evaporación.
- Compactación. Se recomiendan las siguientes especificaciones para el equipo de compactación:
 - Peso mínimo de 1,800 kg.
 - Longitud mínima del pie en el rango de 180 mm a 200 mm.
 - Número mínimo de pasadas de 5; del compactador aprobado y verificado para obtener la densificación de la referencia. Una pasada corresponde a una pasada completa del compactador sobre toda el área (parte frontal y parte posterior de los tambores).
- Protección. Para evitar la desecación del suelo después del proceso de compactación, se recomienda:
 - Cubrir la capa compactada temporalmente con plástico, cuidando que no se caliente excesivamente y seque la arcilla.
 - La superficie puede ser allanada con rodillo para formar una capa relativamente impermeable en la superficie.
 - Humedecer periódicamente el suelo.
 - Las anteriores recomendaciones deben aplicarse a cada sección de capa compactada y a la última capa terminada.
- Pruebas de control de calidad. Para controlar la calidad de la construcción de la capa, debe verificarse que los materiales de construcción son los adecuados y se deben realizar pruebas y observaciones para verificar que el proceso de compactación es adecuado.

d. Contenido de humedad y peso unitario seco. Para establecer el contenido de humedad óptimo y el peso unitario seco máximo se recomienda compactar el suelo con energías de compactación, representadas por la energía promedio y alta de compactación. Se recomienda utilizar el ensayo de Proctor Estándar y Proctor Modificado para las energías promedio y alta, respectivamente. Debe compactarse las capas de suelo hasta lograr como mínimo el 95% de la densidad máxima del Proctor Estándar y el 90% de la densidad máxima del Proctor Modificado.

2. Geomembranas. Los siguientes factores deben ser considerados en el diseño e instalación de la geomembrana:

- a. Propiedades y materiales. Deben tener excelente resistencia química y juntas confiables. El diseñador debe asegurarse que el material seleccionado para la geomembrana cumpla con los requisitos de compatibilidad química entre el lixiviado y la geomembrana en el corto y en el largo plazo, de tal forma que no sufra deterioro en sus características mecánicas por reacciones con el líquido que la inhabiliten para cumplir su función. La selección del material debe tener en cuenta igualmente los esfuerzos residuales que se generan durante el proceso de unión y sellado del material.
- b. Preparación de la subrasante. La superficie del estrato de suelo compactado debe ser plana y fuerte para que proporcione un soporte continuo a la geomembrana. Esta superficie debe estar libre de rocas, raíces y exceso de agua. En superficies donde no se pueda tener uniformidad por presencia de materiales punzantes, deberá colocarse un Geotextil no Tejido como una medida de protección de la geomembrana.
- c. Transporte, almacenamiento y colocación de la geomembrana. La geomembrana debe ser transportada en rollos al sitio de trabajo, en su almacenamiento debe evitarse el contacto directo con el terreno y debe ser protegida de la exposición excesiva al polvo, agua y calor.
- d. Pruebas y juntas de la geomembrana. Si las juntas de la geomembrana se llevan a cabo por procesos térmicos, se requieren buenas condiciones climáticas y superficies completamente limpias. La junta debe efectuarse cuando la temperatura ambiente está entre 5 °C y 40 °C y debe existir un buen control del polvo durante el proceso. Debe establecerse un programa de pruebas de juntas para el control de calidad, el cual puede basarse en las Normas ASTM específicas relacionadas en este Título.
- e. Seguridad de la calidad en la construcción. Debe establecerse un programa de seguridad de la calidad en la construcción para la instalación de la geomembrana. El programa debe consistir en un sistema planeado de actividades, realizado para asegurar que la construcción sea igual a la que se especifica en el diseño. El programa debe ser desarrollado durante la etapa de diseño del relleno sanitario y debe tener en cuenta los siguientes elementos:
- Personal calificado. La inspección debe ser realizada por personal con experiencia y conocimiento.
 - Actividades de inspección. El programa debe definir con claridad las pruebas y los criterios de aceptación, especificando la frecuencia de las pruebas a ser realizadas en el suelo compactado y la geomembrana. El inspector debe exigir los resultados de los ensayos de los materiales.
 - Estrategias de muestreo. Las pruebas deben realizarse mediante la estrategia de muestreo estadístico.
- f. Requisitos de diseño de geomembranas. Las geomembranas deben diseñarse teniendo en cuenta los siguientes criterios y el factor de seguridad para las propiedades admisibles deben simular el comportamiento in situ del material.
- Espesor

$$t_{req} = \frac{p}{\cos \beta} * \frac{x}{\sigma_{adm}} * (\tan \delta_u + \tan \delta_L) \quad \text{(F.7.3)}$$

Donde:

T_{req} : Resistencia requerida de la geomembrana (kg)

P: Presión movilizadora (peso total del residuo), (kg/cm²)

X: Distancia de movilización del anclaje (cm)

σ_{adm} : Esfuerzo admisible de la geomembrana (kg/cm²)

δ_u, δ_L : Ángulos de fricción, superior e inferior, con respecto a la horizontal

β : Ángulo con respecto a la vertical

$$FS = \frac{t_{act}}{t_{req}} \quad (F.7.4)$$

Donde:

T_{req} : Resistencia requerida de la geomembrana (kg)

T_{act} : Resistencia actual de la geomembrana (kg)

FS: Factor de seguridad

- Esfuerzo de subsidencia

$$\sigma_{req} = \frac{2DL^2p}{3t(D^2 + L^2)} \quad (F.7.5)$$

Donde:

σ_{req} : Esfuerzo requerido de la geomembrana (kg/cm²)

D: Tamaño medio de los poros en el residuo sólido (m)

L: Espaciamiento (cm)

P: Presión movilizadora (peso total del residuo) (kg/cm²)

$$FS = \frac{\sigma_{act}}{\sigma_{req}} \quad (F.7.6)$$

Donde:

σ_{req} : Esfuerzo requerido de la geomembrana (kg/cm²)

σ_{act} : esfuerzo actual de la geomembrana (kg/cm²)

FS: Factor de Seguridad

- Esfuerzo de Tensión

$$T_{req} = [(C_{au} - C_{al}) + p \cos \omega (\tan \delta_u - \tan \delta_L)] LW \quad (F.7.7)$$

Donde:

T_{req} : Resistencia requerida de la geomembrana (kg)

C_{au}, C_{al} : Valores de adhesión, superior e inferior, con respecto a la horizontal ()

P: Presión movilizadora (peso total del residuo) (kg/cm²)

ω : Contenido de humedad de los residuos sólidos (%)

δ_u, δ_L : Ángulos de fricción, superior e inferior, con respecto a la horizontal

L: Espaciamiento (cm)

W: Peso de sobrecarga calculado a una altura media de los residuos dentro del nivel en cuestión para calcular la capacidad de campo en un relleno sanitario (kg)

$$FS = \frac{T_{act}}{T_{req}} \quad (F.7.8)$$

Donde:

T_{req} : resistencia requerida de la geomembrana (kg)

T_{act} :

FS: Factor de seguridad

- Anclaje

$$\sigma_{adm} = p * \tan \delta * L_{RO} + 2 * (K_0 * \sigma_{vprom}) * \tan \delta * d_{AT} \quad (F.7.9)$$

Donde:

σ_{adm} : Esfuerzo admisible de la geomembrana (kg/cm²)

P: Presión movilizadora (peso total del residuo) (kg/cm²)

δ :

L_{RO} : Longitud de la trinchera de anclaje (cm)

K_0 :

σ_{vprom} :

d_{AT} :

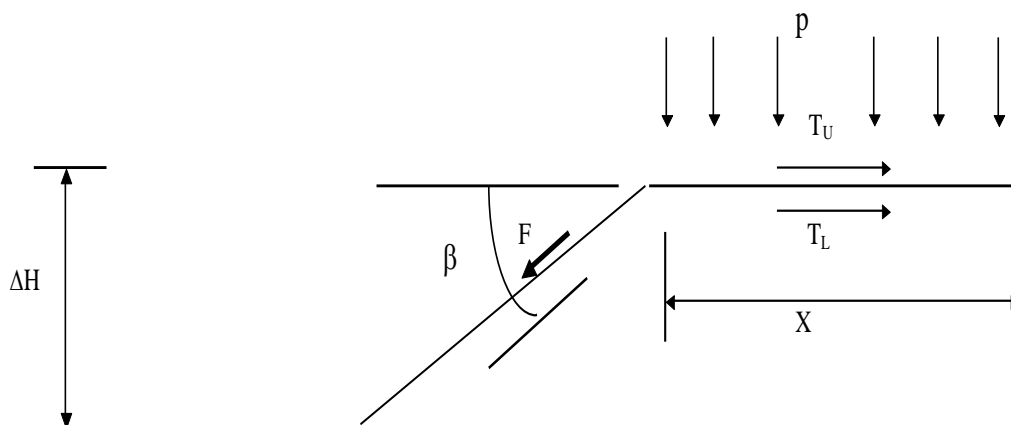


FIGURA F.7.2. Diseño del espesor debido al doblamiento

FIGURA F.7.3. Diseño de la resistencia debido a la subsidencia

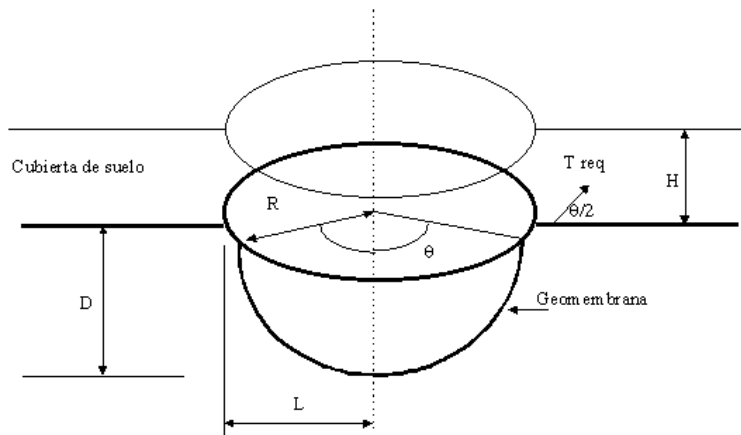


FIGURA F.7.4. Diseño de la resistencia debido al cortante no balanceado

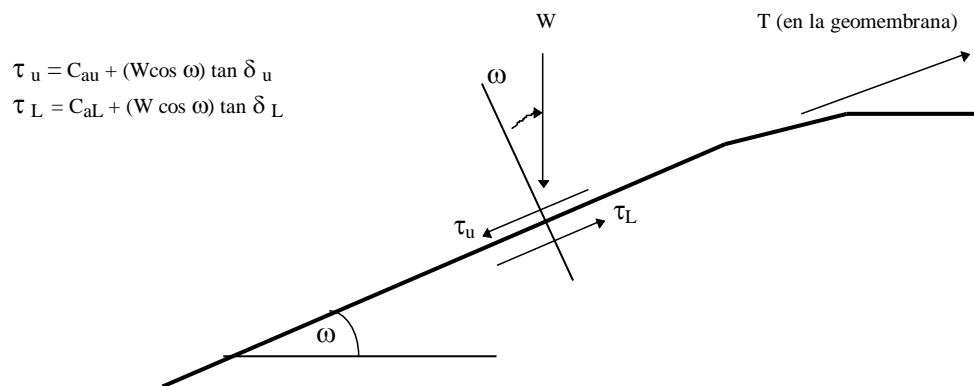
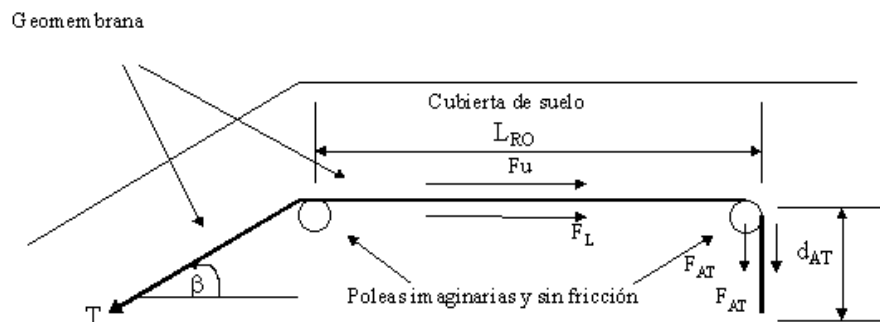


FIGURA F.7.5 Diseño del espesor debido al empotramiento



- Ensayos: Las siguientes propiedades deben verificarse en el diseño de capas de geomembranas. En la Tabla F.7.6 se recomiendan las normas ASTM, que pueden consultarse para evaluar las propiedades físicas, mecánicas y resistencia química.

Tabla F.7.6. Normas ASTM para Geomembranas

PROPIEDADES	NORMA ASTM
FÍSICAS	
Espesor	ASTM D5199-01 (2006)
MECÁNICAS	
Resistencia	ASTM D4885-01 (2006)
Resistencia al punzonamiento	ASTM D4833-7 ó D5494-93 (2006)
Fricción en la interfase entre la geomembrana y otro geosintético o suelo	ASTM D5321-08
Agrietamiento	ASTM D5397-07
RESISTENCIA QUÍMICA	
Resistencia a los líquidos	ASTM D5747-08
Resistencia al lixiviado	US EPA Método 9090 ó ASTM D5747-08

7.8.4 Sistemas de drenaje

Todo relleno sanitario debe contar con sistemas de recolección y evacuación de aguas de escorrentía y de lixiviados.

7.8.4.1 Aguas de escorrentía

El objetivo del sistema de drenaje es interceptar y desviar las aguas lluvias que caen o penetran al predio del relleno hacia el cuerpo receptor más cercano. La absorción debe ser mínima o nula en áreas rellenas.

1. Drenaje de aguas lluvias para rellenos sanitarios con disposición final de residuos sólidos menor o igual a quince (15) toneladas por día. Debe interceptarse y desviarse el escurrimiento del agua lluvia fuera del relleno sanitario mediante la construcción de canales en tierra o suelo cemento de forma trapezoidal y debe ser dimensionado de acuerdo con las condiciones de precipitación local, área tributaria, características del suelo, vegetación y topografía. El canal debe ser trazado por la curva de nivel máximo a que llegará el relleno y debe garantizar una velocidad máxima media de 0,5 m/s.
2. Drenaje de aguas lluvias para rellenos sanitarios con disposición final de residuos sólidos mayor a quince (15) toneladas por día. El drenaje de aguas lluvias debe asegurar su permanente evacuación a los cauces naturales, manteniendo una dinámica acorde con las distintas etapas del relleno sanitario.

Las obras de drenaje deben ser permanentes y temporales. Las obras de drenaje permanentes deben construirse en los límites del relleno para captar el escurrimiento de aguas arriba; los canales deben revestirse con material apropiado. La velocidad del agua dentro de los canales no debe ser menor de 0,30 m/s. Los canales de las obras de drenaje temporal deben construirse con taludes 3:1 (H:V), rellenos de grava de 5 cm de tamaño máximo para evitar socavaciones. Los canales permanentes y los temporales son dimensionados de acuerdo con:

- a. Condiciones de precipitación. Para las condiciones de precipitación local deben conocerse los valores máximos anuales de las lluvias para distintas duraciones, entre 5 minutos y 24 horas en una estación representativa de la zona.

- b. Red de escurrimiento natural. Con base en el estudio topográfico y los planos publicados por organismos competentes que contengan las líneas de nivel suficientemente detalladas en relación al tamaño de la cuenca, deben establecerse los parámetros necesarios, como límites, área, forma, pendiente media de la cuenca y longitud del cauce principal.
- c. Coeficiente de escorrentía. Debe estimarse el coeficiente de escorrentía considerando los siguientes factores: topografía, tipo de suelo, tamaño de la cuenca, pendientes y saturación del suelo.

7.8.4.2 Lixiviados

El sistema de recolección de lixiviados debe diseñarse teniendo en cuenta el caudal máximo de lixiviado y el de agua de escorrentía.

1. Drenaje de lixiviados para rellenos sanitarios con disposición final de residuos sólidos menor o igual a 15 toneladas por día. Después de realizar la impermeabilización del fondo y de las paredes laterales, debe construirse un sistema de drenaje en el terreno, que sirva de base al relleno sanitario antes del depósito de los residuos sólidos. También deben construirse drenajes en todas las bases de los taludes interiores y exteriores de las terrazas o niveles que conforman el relleno sanitario.
 - a. Construcción del sistema de drenaje. El sistema de drenaje debe ser una red horizontal de zanjas en grava gruesa. Para la construcción de los drenes, debe realizarse el trazado donde se ubica el drenaje en el terreno, similar al de un sistema de alcantarillado. La pendiente del fondo es del 2 %. Deben llenarse las zanjas con piedra de 10 cm a 15 cm, que permitan más espacios libres, y eviten su rápida colmatación. Se recomienda colocar a continuación un material que permita infiltrar los líquidos y retener las partículas finas que lo puedan colmatar tal como un Geotextil no tejido. Este sistema puede ser sustituido por un Geosistema de dimensiones hidráulicas que permitan el óptimo manejo del caudal de lixiviados.

Cuando ocurran periodos de lluvias fuertes, y la cantidad de lixiviado exceda la capacidad de los drenajes en el interior del relleno, se recomienda prolongar y orientar el sistema de drenaje de las mismas características y conformar por fuera del relleno un campo de infiltración que permita almacenar líquido durante estos días.

En regiones con condiciones extremas de precipitación pluvial, mayor de 3.000 mm/año, donde resulta difícil el manejo debido a la gran cantidad de lixiviado que se puede generar cuando la lluvia cae directamente sobre el área rellena, se recomienda:

- a. Sobredimensionar el sistema de drenaje a construir en el terreno.
 - b. Construir el relleno de manera que se tengan áreas estrechas de trabajo; es decir, el avance debe hacerse más en altura que en área.
 - c. Introducir en las operaciones de rutina diaria, el cubrimiento de las celdas y áreas terminadas temporalmente, con material plástico, a fin de impedir la infiltración del agua de lluvias a través de los residuos sólidos.
 - d. Aplicar la cobertura final y de inmediato sembrar grama sobre las áreas terminadas del relleno.
2. Drenaje de lixiviados para rellenos sanitarios con disposición final de residuos sólidos mayor a 15 toneladas por día. Después de realizarse la impermeabilización debe construirse el

sistema de recolección de lixiviados, el cual debe asegurar que se acumule menos de 0,30 m de lixiviado sobre el estrato compuesto de impermeabilización para minimizar la posible contaminación del agua subterránea. Este sistema debe considerar los siguientes componentes:

- Área recolectora. El área recolectora cubre la superficie del área impermeabilizada y recoge el lixiviado. Consiste de un estrato de arena de 0,30 m de espesor con una permeabilidad mínima de 10^{-2} cm/s, localizado en el fondo del relleno.
- Recolectores laterales. Se requieren para mantener la cabeza de 0,30 m, para lo cual los recolectores laterales deben ser tubos perforados, de manera que el lixiviado sea conducido a los sumideros para ser removido del relleno sanitario. La pendiente de los recolectores laterales debe ser mayor de 2 % y su espaciamiento es calculado por la siguiente ecuación:

$$h_{\max} = \frac{L\sqrt{c}}{2} \left[\frac{\tan^2\alpha}{c} + 1 - \frac{\tan\alpha}{c} \sqrt{\tan^2\alpha + c} \right] \quad (\text{F.7.10})$$

Donde:

h_{\max} = altura del residuo (mm)

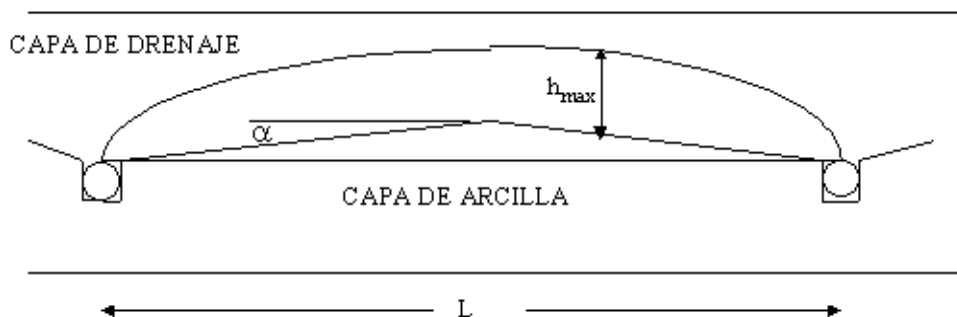
L = espaciamiento (cm)

$c = q/k$ ($\text{cm}^3/\text{s}/\text{cm}/\text{s}$)

α = pendiente del estrato de arcilla hacia los recolectores

- Sumideros. Los sumideros deben ubicarse en los puntos bajos del estrato construido para recolectar el lixiviado.

FIGURA F.7.6 Sistema de recolección de lixiviado



- El diseñador está en libertad de usar Geotextiles no Tejidos o el Geocompuesto para la retención de finos o no, sin embargo debe asegurar que éstos no se obstruyan ni se atasquen debido a las características incrustantes del lixiviado.
- En caso de que se use suelo de protección sobre la capa de arena drenante, éste suelo debe tener una conductividad hidráulica superior a la de la capa drenante que protege. Bajo ningún motivo se debe utilizar suelo de protección con características limosas o arcillosas.

3. Cálculo de la cantidad de lixiviados. Todo relleno sanitario, deberá conocer la cantidad aproximada de lixiviados que se producirán en el relleno sanitario, para lo cual deberá tener en cuenta, la producción diaria de residuos sólidos a disponer, el método de disposición final a utilizar, el peso específico de los residuos y del material de cobertura, capacidad de campo del relleno sanitario, contenido de humedad, la distribución de los materiales orgánicos (descomposición rápida y lenta), dimensiones de las celdas, relación residuos / material de cobertura intermedia, número de niveles, producción de gases, producción de agua como vapor de agua, peso específico del gas, precipitación, para lo cual deben considerar las siguientes especificaciones:

a. Descripción de los componentes del balance de agua para una celda del relleno sanitario. Se debe establecer los componentes y acciones que producen líquidos en la respectiva celda, tales como el agua proveniente de la precipitación que cae directamente sobre la celda, agua proveniente de las capas de residuo sólido superior, humedad de los residuos sólidos, humedad del materia de cobertura, humedad de lodos cuando estos se disponen en forma conjunta, el agua necesaria para la formación de gases en el vertedero, el vapor de agua saturado en el gas del vertedero y el lixiviado que finalmente sale por gravedad.

a. Agua proveniente de la precipitación – P. Se deberá calcular la cantidad de agua que entra al vertedero, la cual depende de las condiciones hidrológicas locales, del diseño de la cobertura, de su pendiente final y del tipo de vegetación utilizada finalmente en el diseño paisajístico. Cuando se use como cobertura final material impermeable como Geomembranas o GCL, la cantidad de agua que ingresa al relleno sanitario será igual a cero.

En el evento de que no se utilice este tipo de membranas, se debe calcular la filtración del agua lluvia, utilizando modelos de simulación hidráulica como el HELP (Evaluación hidráulica de rendimiento de rellenos sanitarios) o utilizando un balance hidrológico estándar con la siguiente ecuación:

$$\Delta S_{LC} = P - R - ET - PER_{SW} \quad (\text{F.7.11})$$

Donde:

ΔS_{LC} : cambio en la cantidad de agua almacenada en unidad de volumen de cobertura del vertedero(m)

P: cantidad de precipitación atmosférica por unidad de área (m, kg)

R: radio de influencia de los pozos de extracción de gas (m)

ET: cantidad de agua perdida por evapotranspiración por unidad de área (m)

PER_{SW}: cantidad de agua que filtra a través de la unidad de área de la cobertura del vertedero y que entra en los residuos sólidos (m)

b. Agua aportada por el material de cobertura - W_{MC} . Cuando se utilicen arcillas o mezclas de arcilla con arenas y limos (tipo recebo), la cantidad de agua que entra al relleno sanitario por este material, dependerá de la estación del año. La cantidad máxima de humedad que el material de cobertura puede contener se define como capacidad de campo del material, o sea, el líquido que queda en el espacio de los poros, sometido a la gravedad. Los valores para suelo varían entre el 6 % al 12 % para arena y del 31 % al 39 % para arcilla.

- c. Agua aportada por los residuos sólidos - W_M^* . La cantidad de agua que entra al vertedero por los residuos sólidos, corresponde al agua intrínseca de los residuos. Se ha estimado que el contenido de humedad de los residuos es aproximadamente del 20 %. Para rellenos sanitarios con disposición final de residuos sólidos menor o igual a quince (15) toneladas por día, se puede determinar el contenido de humedad de acuerdo con los valores presentados en la Tabla F.2.6, para rellenos sanitarios con disposición final mayor de quince (15) toneladas es necesario se realicen ensayos durante periodos húmedos y secos a fin de corroborar dichos valores, de acuerdo con la Ecuación F.1.1.
- d. Agua consumida en la formación de gas en el relleno sanitario - W_{AG} . La cantidad de agua consumida en las reacciones de descomposición se pueden estimar con base en las Ecuaciones F.7.17 y F.7.18, obteniendo la siguiente ecuación:

$$W_{AG} \text{ (Agua consumida)} = ((4a-b-2c+3d)/4)/(C_aH_bO_cN_d) \text{ (kg H}_2\text{O/kg de residuos sólidos volátiles biodegradables(RSVB))}$$

(F.7.12)

$$W_{AG} \text{ (Agua consumida)} = ((4a-b-2c+3d)/4)/(C_aH_bO_cN_d) * V_{RSVB} \text{ en kg H}_2\text{O/m}^3 \quad \text{(F.7.13)}$$

Donde:

 W_{AG} = peso del agua consumida por la formación de gas (kg)

- e. Agua perdida como vapor de agua - W_E . Para determinar el valor numérico de la masa de vapor de agua contenida por litro de gas en un relleno sanitario, se utilizarán las ecuaciones:

$$n \text{ (moles)} = (p_v * V)/(RT) \quad \text{(F.7.14)}$$

Donde:

 p_v = presión de vapor de agua a una temperatura (atm)

V = volumen (L)

R = constante universal de gases (0,082) (atm*L/K)

T = temperatura del gas en el relleno sanitario (K)

$$W_E = n \text{ (moles)} * 16 \text{ (gr/mol de H}_2\text{O)} \quad \text{(F.7.15)}$$

Donde:

 W_E : peso del agua que sale por evaporación (kg)

- f. Agua aportada por lodos dispuestos en rellenos sanitarios - W_{LO} . En el evento de que el relleno sanitario reciba para su disposición lodos de las plantas de tratamiento de aguas municipales, deberá definirse su objetivo y las condiciones de humedad sobre las cuales se deben recibir los lodos. Si el objetivo es incrementar la producción de metano es aconsejable la disposición final de los lodos con alto contenido de humedad (entre 60 % – 80 %), si es para la disposición final exclusivamente, se

deberá procurar que estos tengan la menor cantidad de humedad o definir de acuerdo con la relación residuos sólidos / lodos, el aumento de lixiviados que se presenten y por consiguiente las necesidades del aumento de la capacidad de la planta de tratamiento de lixiviados.

- g. Lixiviado. Es la cantidad de agua que finalmente sale por el fondo del relleno sanitario, el cual está determinado por la ecuación:

$$W_L = (W_M * \omega - W_{AG} + P + W_{LO} - W_E) - (W_S - W_G + W_{AG}) * CC \quad (\text{F.7.16})$$

Donde:

W_L = peso de lixiviados que salen del vertedero (kg)

W_M = peso de la mezcla (kg)

ω = contenido de humedad de los residuos sólidos (%)

W_{AG} = peso del agua consumida por la formación de gas (kg)

P = cantidad de precipitación atmosférica por unidad de área (m, kg)

W_E = peso del agua que sale por evaporación (kg)

W_{LO} = peso del agua contenido en lodos de tratamiento de aguas residuales domésticas (kg)

W_S = peso de la muestra después de secarse a 105 °C (Kg)

W_G = peso del gas formado en el relleno sanitario (kg)

W_{AG} = peso del agua consumida por la formación de gas (kg)

CC = concentración corregida (mg/m^3)

4. Gestión de lixiviados

Determinada la cantidad de lixiviados que se generarán en la operación del relleno sanitario, se deberá establecer por parte del diseñador, las actividades pertinentes a fin de dar cumplimiento a las normas de vertimiento, para lo cual se deberán tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- a. Reciclaje de lixiviados. Cuando se establezca la recuperación de gas del relleno sanitario y las condiciones de humedad de los residuos sólidos compactados son menores al 60%, el reciclaje de los lixiviados es una opción que debe ser analizada por parte del diseñador, ya que los ácidos orgánicos sencillos presentes en el lixiviado se convertirán en CH_4 y CO_2 . A su vez, el reciclaje de los lixiviados al interior del relleno sanitario permitirá la precipitación de los metales quedando retenidos en el relleno sanitario, efecto que sucede con la subida de pH dentro del relleno sanitario y la consecuente producción de CH_4 .

Los lixiviados que finalmente se presenten luego de la recirculación, contendrán menores cantidades de DBO_5 , DQO, nutrientes y metales, pudiendo ser su tratamiento económico.

- b. Evaporación de lixiviados. Para rellenos sanitarios con una disposición final menor a quince (15) toneladas por día y cuando la evaporación anual sea mayor que la precipitación anual, se podrá realizar este con el objeto que los lixiviados se sometan al proceso de evaporación.

Los lixiviados que se generen en época de lluvia podrán ser conducidos y almacenados a estanques, para luego en época de verano someterlos al proceso de evaporación y/o ser bombeados y regados sobre el relleno sanitario para que suceda el proceso de

evaporación de los mismos. En todo caso cuando se defina por el diseñador la implementación de este proceso, se deberá realizar el balance de aguas.

c. Tratamiento de lixiviados. Todo el líquido contaminante generado en el relleno sanitario debe tratarse antes de ser vertido en un cuerpo de agua, superficial o subterráneo, utilizando procesos de tratamiento de reconocida viabilidad técnica, teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- Toxicidad a microorganismos en caso de usarse procesos biológicos de tratamiento.
- Formación de precipitados en tuberías, canales, válvulas, bombas, tanques, y en general en toda la obra. Debe preverse la operación considerando que se van a formar dichas incrustaciones. Debe considerarse la posibilidad de remover los iones incrustantes.
- Formación de espumas. Se debe prever la forma de operación y el rendimiento para que aun en el caso de que su formen se garantice el cumplimiento de calidad en el efluente.
- Variabilidad de las características del lixiviado en el tiempo. Deben preverse que las características físico-químicas y biológicas del lixiviado cambian extremadamente durante la vida útil de la planta. Se debe prever la flexibilidad de operación y rendimiento para todo el período de diseño y cerramiento del relleno sanitario.
- El proceso debe cumplir con las calidades del agua al verter de tal forma que se garanticen los usos del agua, en el cuerpo receptor, que han sido asignados para éste. Las normas de calidad para el cuerpo receptor de acuerdo a los usos, serán las estipuladas por el Decreto MINSALUD 1594 de 1984 reglamentario de la Ley 9 de 1979 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos o aquel que lo modifique o sustituya.

7.8.4.3 Deflexiones en tuberías

Las deflexiones en las tuberías utilizadas por motivo de las presiones internas en el relleno, deben cumplir con los requisitos exigidos en el Título G - Aspectos Complementarios.

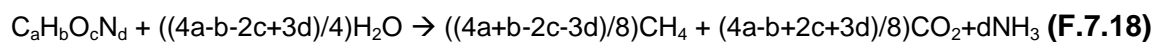
7.8.4.4 Drenaje de gases

1. Cálculo de volumen de gases generado.

En el proceso de descomposición de los residuos sólidos orgánicos se consume agua, para lo cual se establece la reacción generalizada para descomposición anaerobia de los residuos sólidos mediante la ecuación:



El volumen de gases emitidos durante la descomposición anaerobia se calcula utilizando la ecuación:



Los valores de a, b, c, d, corresponden a la composición molar y se obtienen del análisis elemental del porcentaje para carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno y azufre, así como de la

composición de los residuos sólidos, su humedad y el peso específico del CH₄ y CO₂. La masa atómica de los elementos esenciales, corresponden a los definidos en la Tabla F.7.7.

TABLA F.7.7. Masa atómica en g/mol

Elemento	Símbolo	Masa Atómica
Carbono	C	12,011
Hidrógeno	H	1,008
Oxígeno	O	15,999
Nitrógeno	N	14,007
Azufre	S	32,064

$$a = W_s * \text{porcentaje de carbono de los residuos sólidos} \quad (\text{F.7.19})$$

$$b = W_s * \text{porcentaje de hidrógeno de los residuos sólidos} \quad (\text{F.7.20})$$

$$c = W_s * \text{porcentaje de oxígeno de los residuos sólidos} \quad (\text{F.7.21})$$

$$d = W_s * \text{porcentaje de nitrógeno de los residuos sólidos} \quad (\text{F.7.22})$$

$$e = W_s * \text{porcentaje de azufre de los residuos sólidos} \quad (\text{F.7.23})$$

Donde:

W_s= peso de la muestra después de secarse a 105 °C (kg)

Los porcentajes para cada uno de los elementos se establecen en la Tabla F.2.6. Para determinar la cantidad de metano y dióxido de carbono para los residuos con rápida y lenta descomposición se podrá utilizar las siguientes ecuaciones:

Metano

$$((4a+b-2c-3d)/8) \text{ CH}_4 * W_M / (\text{CaHbOcN}) * \downarrow \text{CH}_4 \quad (\text{F.7.24})$$

Dióxido de carbono

$$((4a-b+2c+3d)/8) \text{ CO}_2 * W_M / (\text{CaHbOcN}) * \downarrow \text{CO}_2 \quad (\text{F.7.25})$$

Donde:

W_M= peso de la mezcla (kg)

∇CH₄ = peso específico del metano (kg/cm³)

∇CO₂= peso específico del dióxido de carbono (kg/cm³)

Para determinar la cantidad total de gas generado por unidad en peso seco de la materia – W_G se podrá utilizar la siguiente ecuación:

$$W_G \text{ cantidad total de gas (vol/kg)} = (\text{Metano} + \text{Dióxido de carbono}) / W_M \quad (\text{F.6.26})$$

Donde:

W_G = peso del gas formado en el relleno sanitario (kg)

W_M = peso de la mezcla (kg)

Para determinar el peso de los residuos sólidos, se deberá tener en cuenta la composición y la biodegradabilidad los cuales se distribuyen de acuerdo con la Tabla F.7.8, para lo cual se tendrá en cuenta que los residuos sólidos con una descomposición lenta se realiza entre los cinco (5) y los cincuenta (50) años y los de descomposición rápida, entre los tres (3) meses a cinco (5) años.

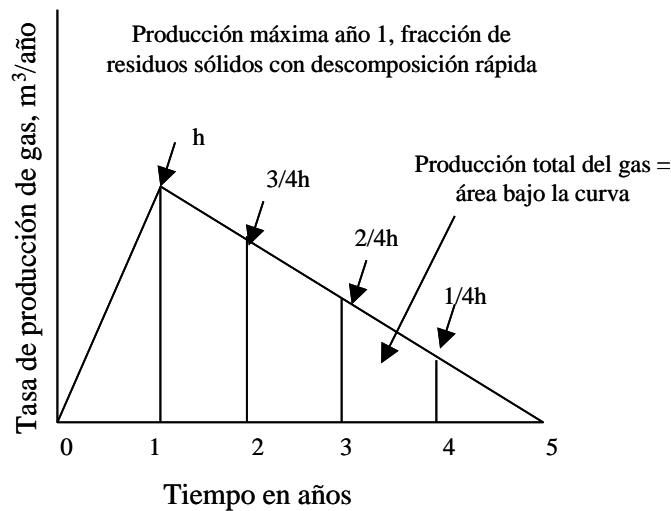
TABLA F.7.8. Constituyentes orgánicos con rápida y lenta biodegradabilidad

COMPONENTES DE RESIDUOS SÓLIDOS SEGÚN BIODEGRADABILIDAD	
RÁPIDA	LENTA
Residuos de comida	
Periódicos	
Papel de oficina	
Cartón	
	Textiles
	Goma
	Cuero
Residuos de jardín (hojas y césped)	Residuos de jardín (porciones leñosas)
	Madera
	Orgánicos misceláneos
Los plásticos se consideran generalmente como no biodegradables	

Para determinar la producción año a año de la fracción de residuos sólidos de descomposición lenta, se podrá utilizar un modelo triangular de producción de gas mediante el cual se distribuirá la producción de gas obtenida en la Ecuación F.7.26., para el periodo que se determine de biodegradabilidad tomando quince (15) años, con producción máxima en el quinto (5) año, el contenido de humedad de los residuos se encuentra entre el 60 % y 70 % y que se haya establecido para la fase de operación la destrucción previa de las bolsas y de 50 años con producción máxima en el décimo año y no se efectúa la destrucción de las bolsas que contienen los residuos sólidos.

Para la fracción de descomposición rápida, se realiza el mismo procedimiento para la fracción lenta, con la diferencia que la producción de gas obtenida para la fracción rápida de la Ecuación F.7.26, se distribuye en cinco (5) años con producción máxima en el primer (1) año y el contenido de humedad de los residuos se encuentra entre el 60 % y 70 % y que se haya establecido para la fase de operación la destrucción previa de las bolsas y de quince (15) años con producción máxima en el quinto (5) año y no se efectúa la destrucción de las bolsas que contienen los residuos sólidos (Figura F.7.7.)

FIGURA F.7.7. Modelo triangular para la determinación de la cantidad de gas producida anualmente, durante el tiempo de descomposición



Para determinar la producción total por año, se debe sumar la producción de la fracción lenta con la producción de la fracción rápida.

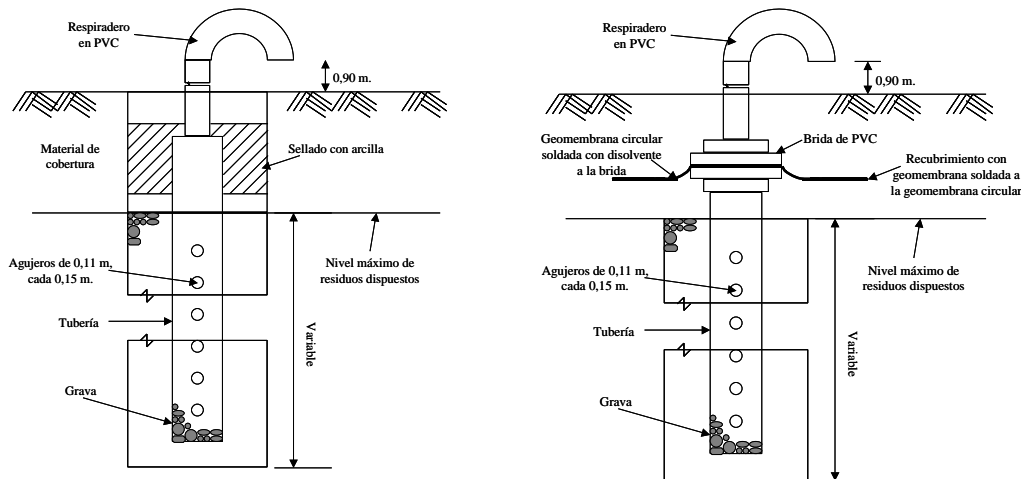
2. Drenaje de gases para los rellenos sanitarios con disposición final menor o igual a 15 toneladas por día.

El drenaje de gases debe estar constituido por un sistema de ventilación en piedra o tubería perforada de concreto revestida en piedra, que funcione como chimeneas, las cuales atraviesan en sentido vertical todo el relleno desde el fondo hasta la superficie. Las chimeneas deben estar construidas verticalmente a medida que avanza el relleno, logrando una buena compactación a su alrededor. Se recomienda instalarlas a una distancia máxima de 50 m entre ellas, con un diámetro entre 0,30 y 0,50 m cada una.

Deben interconectarse los drenes, a fin de lograr una mayor eficiencia en el drenaje de líquidos y gases en el relleno sanitario.

Cuando se tenga previsto finalizar la última celda, deben colocarse dos tubos de concreto: el primero, perforado y revestido en piedra para facilitar la captación, salida de gases y evitar la obstrucción de los orificios ya sea por los residuos sólidos o por el material de cobertura. La segunda tubería no es perforada, a fin de coleccionar el gas y quemarlo, eliminando los olores producidos por otros gases.

FIGURA F.7.7. Chimeneas de gas



3. Drenaje de gases para los rellenos sanitarios con una disposición mayor a quince (15) toneladas y menor o igual a doscientas (200) toneladas por día.

La eliminación de los gases puede realizarse mediante los siguientes procedimientos:

- a. Para permitir la libre evacuación de los gases de la masa de residuos de cada módulo, deben colocarse chimeneas, mínimo cuatro (4) por hectáreas y no menos de una (1) por módulo. Deben ubicarse en la mayor cota final del módulo relleno y cubierto. Este procedimiento debe realizarse para rellenos tipo área. Para rellenos tipo trinchera, las chimeneas deben ubicarse a una distancia que oscila en el rango de 20 m a 50 m.
 - b. Cuando sea necesario evitar que el gas se difunda lateralmente a través del terreno y pueda llegar a zonas cercanas deben interponerse barreras de venteo lateral entre la zona de relleno y aquellas que deben protegerse, estableciendo un sector de mayor permeabilidad que el terreno por donde el gas pueda evacuarse hacia la atmósfera con facilidad, mediante zanjas longitudinales de profundidad igual a la del relleno sanitario, hechas en el terreno natural y ubicadas perimetralmente al relleno. El ancho debe ser de 0,6 m; las zanjas son rellenas con grava, piedra partida o material similar y cubiertas con una capa de tierra de 0,30 m de espesor. Deben colocarse tuberías de al menos 0,15 m de diámetro con orificios laterales, que penetren 1,50 m en la masa de piedra partida y el manto de cobertura; se colocaran cada 20 m y deben sobresalir 2,0 m sobre la superficie del terreno llevando en su extremo superior una pieza en forma de T de 0,15 m de diámetro. En la superficie lateral de la zanja opuesta a la zona del relleno, cuando el coeficiente de permeabilidad es mayor que 10^{-6} cm/s, se colocará una película de polietileno (200 - 250 micrones).
4. Drenaje de gases para los rellenos sanitarios con una disposición mayor a 200 toneladas por día.

Para los proyectos en que se defina disponer una cantidad de residuos sólidos superior a 200 toneladas por día, se deberá evaluar la factibilidad técnica y financiera de realizar un control activo de gases para la recuperación del gas. Será obligatorio que las personas prestadoras

del servicio de aseo en la actividad complementaria de disposición final, incorporen la infraestructura interna necesaria en el relleno sanitario en caso de que haya viabilidad financiera, de tal forma que a un futuro se pueda realizar la extracción del gas sin sobre costos.

Para rellenos sanitarios existentes o clausurados en donde se pretenda realizar extracción de gases, se deberá realizar pruebas de extracción de gas a largo (15 años) y corto plazo (5 años).

- a. Chimeneas verticales para la extracción del gas. Se puede instalar una chimenea de extracción junto con sondas de gas a distancias regulares de las chimeneas, midiendo el vacío dentro del relleno mientras se aplica la succión a la chimenea de extracción. Se recomienda utilizar un espaciamiento uniforme de las chimeneas y controlar la zona de influencia de éstas ajustando el vacío en la cabecera de cada chimenea. En rellenos sanitarios profundos con cobertura mixta (arcilla, suelo geomembrana), la separación de las chimeneas debe estar en el rango de 50 m a 65 m.

Cuando la cobertura sea en arcilla y/o suelo, la separación de las chimeneas deberá estar entre 20 m y 40 m. La chimenea de extracción consistirá de una tubería de al menos 0.10 m a 0.16 m colocada en una perforación de 0,45 m a 0,90 m, el tercio a la mitad inferior se perfora y se coloca un relleno de grava, Figuras F.7.8 y F.7.9. El resto de la tubería no se perfora y se coloca sobre un relleno de tierra, y se sella con arcilla. Para la colocación de las chimeneas se recomienda que lleguen hasta el fondo del relleno sanitario.

FIGURA F.7.8 Chimeneas de gas con extracción forzada

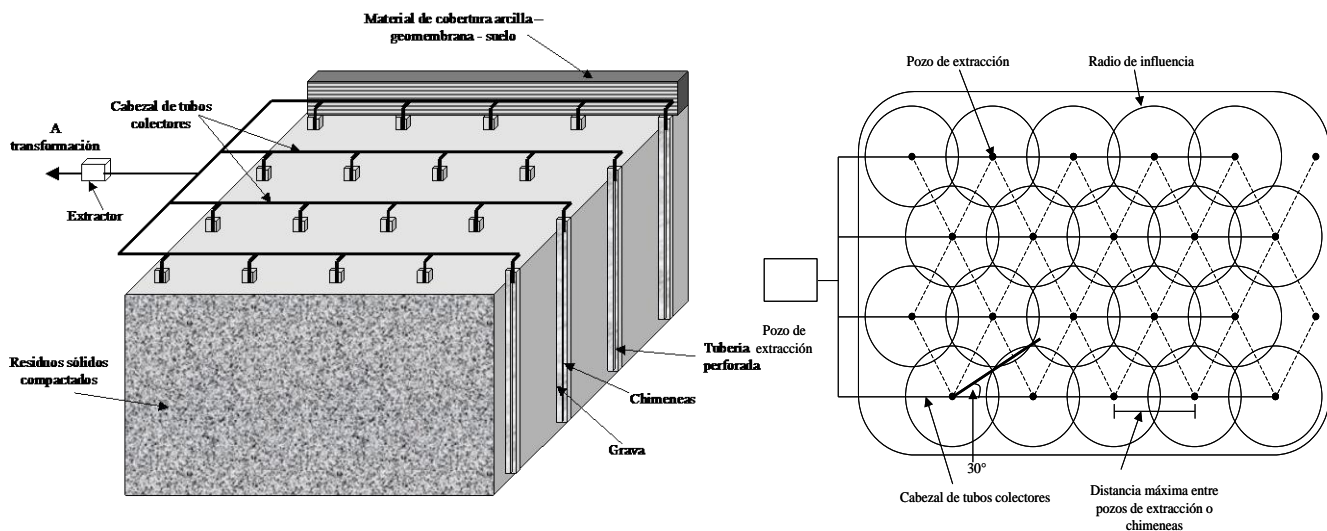
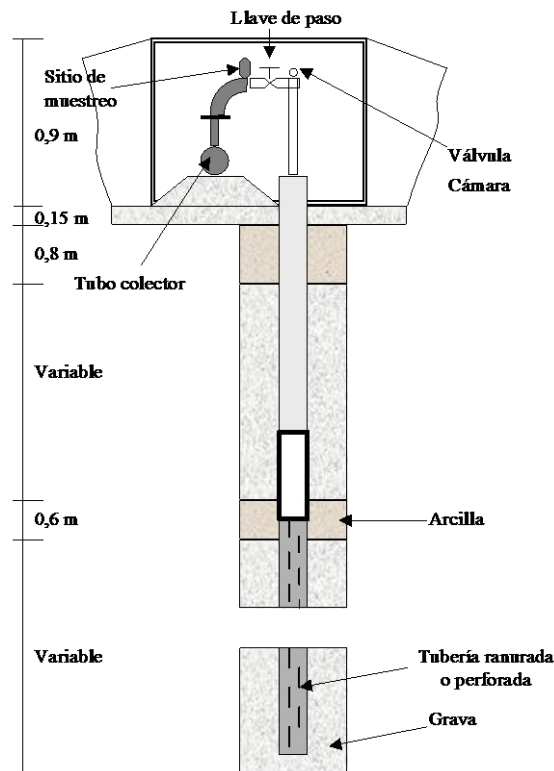


FIGURA F.7.9 Chimenea vertical para extracción de gas



- b. Chimeneas horizontales para la extracción del gas. Se podrán diseñar chimeneas horizontales, las cuales se deberán instalar a partir del segundo nivel, en donde se deberá realizar excavaciones en los residuos sólidos, conformando zanjas con base de 0,60 m y altura de 1,20 m. Las zanjas serán rellenas de grava hasta la mitad, para instalar posteriormente la tubería perforada de 0,25 m de diámetro, y sobre esta mas grava hasta llenar la zanja, para luego continuar con la disposición de residuos sólidos. Será optativo del diseñador la colocación de un Geotextil no tejido o un Geocompuesto en la zanja antes de instalar la grava y la tubería, el cual dependerá de la compactación realizada a los residuos sólidos y las características de los mismos.

Las juntas de la tubería deberán ser abiertas, que le permitirá un adecuado funcionamiento aún, cuando se presenten asentamientos, las zanjas se colocarán en intervalos verticales de 20 m y en intervalos horizontales cada 60 m.

Las tuberías ubicadas en las zanjas se conectarán a un tubo colector de gas que será instalado en el límite del relleno sanitario adyacente a las paredes del nivel del suelo existente.

- c. Chimeneas perimetrales al relleno sanitario para extracción de gas y control de olores. Este sistema es recomendado para rellenos sanitarios con profundidad mínima de 8 m. Las chimeneas verticales se localizan dentro o en el borde del relleno sanitario.

Cada chimenea se conecta a un tubo colector común que debe estar conectado a un soplador centrífugo de manera que conduzca una presión negativa en el colector y en las chimeneas individuales. La pendiente del colector es del 3 % para permitir el movimiento del condensado hasta las trampas de recolección. Debe ventilarse o quemar el gas extraído del relleno de una forma controlada, en la estación del soplador. La chimenea consistirá de una tubería de 0,10 m a 0,16 m, colocada en una perforación de 0,45 m a 0,90 m. Del tercio a la mitad inferior se perfora y se coloca en un relleno de tierra o en su defecto de residuos sólidos. Para prevenir la entrada de aire, las chimeneas deben ser equipadas con tomas para el muestreo de gas y válvulas para controlar el flujo.

- d. Zanjas perimetrales al relleno sanitario para la extracción del gas. El sistema de zanjas se recomienda en rellenos con profundidades menores de 8 m. Estas zanjas son instaladas en el suelo original adyacente al perímetro del relleno; están llenas de grava y tuberías perforadas conectadas lateralmente a un colector y compresor centrífugo de extracción. Las zanjas pueden extenderse verticalmente desde la superficie del relleno hasta la profundidad total de los residuos, sellándose en la superficie. Se pueden utilizar válvulas de control para el caudal.
- e. Chimeneas perimetrales al relleno con inyección de aire. En este sistema debe instalarse chimeneas verticales en el suelo original entre los límites del relleno y las instalaciones que deben protegerse contra la intrusión del gas. Este sistema es recomendado para rellenos sanitarios con profundidad mínima de 7 m, en zonas de suelo inalterado entre el relleno y las propiedades potencialmente afectadas.

5. Consideraciones de diseño del sistema activo

Los siguientes aspectos deben considerarse en el sistema activo de extracción de gas generado en el relleno sanitario:

- a. Los pozos de extracción deben ser profundos y espaciarse de manera que su zona de influencia se traslape. El espaciamiento está dado por la siguiente ecuación:

$$S = \left[2 - \frac{T}{100} \right] R \quad (\text{F.7.27})$$

Donde:

S = espaciamiento de los pozos de extracción (m)

T = traslape requerido (%)

R = radio de influencia de los pozos de extracción de gas (m)

- b. La zona de influencia del sistema de extracción de gas debe determinarse de un estudio de campo, instalando un pozo de extracción con piezómetros de gas a distancias regulares del pozo. El muestreo debe realizarse a largo plazo para los propósitos de recuperación. El pozo debe ser bombeado por un tiempo mínimo de 48 horas y posteriormente debe monitorearse la presión por tres días consecutivos y como mínimo dos veces al día. El radio de influencia corresponde al radio en el cual la presión negativa es cercana a cero.

- c. El gas puede ser liberado directamente a la atmósfera si cumple con la reglamentación ambiental vigente y los resultados del estudio de impacto ambiental lo permiten. En caso contrario deben tomarse las medidas para mitigar los impactos.
- d. Para conectar los pozos de extracción al soplador debe instalarse tubería plástica no perforada de 0,15 m a 0,20 m de diámetro. Deben protegerse las tuberías contra aplastamiento y asentamientos diferenciales.
- e. El soplador debe ser instalado a una altura ligeramente superior del final de la tubería plástica no perforada para facilitar la remoción del condensado.
- f. El condensado necesita removerse antes de que el gas entre al soplador. Las trampas de condensado son espaciados entre 150 m a 230 m. Si los parámetros en el condensado exceden las concentraciones permitidas, debe tratarse de acuerdo a la legislación vigente para vertimiento de aguas.
- g. Para destruir los contaminantes potencialmente peligrosos, el quemador debe tener una temperatura de operación y un tiempo de residencia de 815 °C a 900 °C y de 0,3 s a 0,5 s, respectivamente.

6. Tratamiento del gas

El gas debe ser tratado cuando es recolectado en un sistema activo. Los métodos recomendados son los siguientes:

- a. Quemado. Este método de combustión controlada se recomienda cuando hay suficiente gas metano presente en el gas. Los quemadores deben diseñarse cerrados, de manera que permitan tiempos de residencias mayores, temperaturas elevadas de combustión. En este sistema la salida del soplador debe contener instrumentos para verificar la temperatura, la presencia de la llama y un arrestallamas. Igualmente, se debe instalar un detector de llama de manera que paralice la válvula y se prevenga el escape a la atmósfera. Este método debe incluir los siguientes sistemas mínimos de seguridad: arrestallamas, pilas termoeléctricas, válvulas y sensores paralizadores.
- b. Procesamiento de gas y recuperación de energía: El gas puede ser conducido directamente a una tubería para utilizarlo como gas natural, siempre y cuando no existan otros gases malolientes o tóxicos que interfieran con su uso final, o afecte las condiciones de operación de los sistemas de gas natural.

7.8.5 Diseño de celdas

7.8.5.1 Dimensionamiento

La celda diaria corresponde al área donde se esparcen y compactan los residuos sólidos durante un día para cubrirlos al final del mismo. Por lo tanto, el diseñador con base en la producción diaria de residuos, el método de disposición final y el sistema de compactación de los residuos sólidos deberá definir la altura, ancho, profundidad, longitud y pendiente de cada celda diaria en el sitio de disposición, de tal forma que se prevea la cantidad de material de cobertura necesaria para ser cubierta al final de cada día de operación.

Para rellenos sanitarios con compactación manual, la altura de la celda diaria (incluidos residuos sólidos a disponer y cobertura diaria) no deberá ser mayor de 1,80 m y para rellenos con compactación mecánica de 3,30 m.

El talud de la celda diaria para rellenos sanitarios con compactación manual debe ser 3:1 (H:V). Para los rellenos sanitarios donde se realice compactación mecánica, la inclinación de la celda diaria requiere del análisis de estabilidad de taludes.

7.8.5.2 Colocación de los residuos

Los residuos sólidos depositados por los vehículos de recolección, deberán ser esparcidas en capas de 0,30 m para rellenos sanitarios con compactación manual y de 0,45 m para rellenos sanitarios con compactación mecánica, los cuales deben ser compactados antes de ser colocadas capas sucesivas de residuos sólidos o su correspondiente cobertura intermedia o final, según sea el caso.

7.8.5.3 Compactación

La compactación manual, solo se podrá realizar para rellenos sanitarios con una disposición diaria igual o menor a quince (15) toneladas por día empleando rodillos, las superficies laterales deberán ser compactadas por medio de pisones de mano hasta darles uniformidad. El esparcimiento y compactación debe realizarse en capas inclinadas con una pendiente 1:3 (V:H), lo cual proporcionará mayor grado de compactación, mejor drenaje superficial, menor consumo de tierra y mejor estabilidad del relleno. La superficie final debe tener una pendiente comprendida entre el 2 % y el 3 %.

Para rellenos sanitarios con una disposición final mayor de quince (15) toneladas por día, la compactación deberá realizarse con equipo pesado y en concordancia con las especificaciones definidas por el diseñador y con un número mínimo de pasadas de tres a cuatro (3 a 4) por capa hasta alcanzar densidades de mínimo 0.85 Kg/m^3 .

7.8.5.4 Material de cobertura intermedia

Luego de realizada la compactación de la celda diaria, debe cubrirse con material sintético o con una capa de material pétreo de espesor mínimo de 0.15 m, esparcida y compactada con rodillo y pisones de mano para rellenos sanitarios con compactación manual.

Para rellenos sanitarios con compactación mecánica el espesor mínimo cuando se utilice material pétreo deberá ser de 0,30 m.

La cobertura tanto para la compactación manual como mecánica, debe aplicarse como mínimo una vez por cada día de operación de manera que no quede ningún residuo sólido expuesto al final del día. La capa compactada de cobertura debe tener una pendiente comprendida entre el 2 % y el 3 %, para que una vez producido el asentamiento la misma no sea menor de 1 %.

Cuando se utilice material sintético como cobertura diaria, esta deberá ser retirada antes de proceder a la instalación de la celda superior, cuando se utilice material entre celdas, se debe evitar que dicho material sea impermeable, sin embargo, en caso de que el material a utilizar sea limoso o arcilloso deben hacerse filtros longitudinales pasantes en grava gruesa que conecten un nivel con el siguiente de tal forma que se permita el flujo de lixiviados de forma vertical entre niveles.

7.8.6 Suelo de soporte

La adecuación del terreno mejora las condiciones y facilita las operaciones de ingreso de los residuos sólidos, la construcción de las celdas y las operaciones del relleno sanitario. Por lo anterior deben realizarse las siguientes actividades:

7.8.6.1 Modificación del drenaje natural existente

Debe realizarse la modificación del sistema de drenaje natural, de tal forma que se permita la canalización de la escorrentía fuera del sitio de disposición final.

7.8.6.2 Limpieza y desmonte

Debe prepararse un área que sirva de base o suelo de soporte al relleno realizando la limpieza y el desmonte. Esta actividad debe hacerse por etapas, de acuerdo con el avance de la obra, para evitar la erosión del terreno.

7.8.6.3 Tratamiento del suelo de soporte

Las primeras capas de suelo deben removerse dependiendo de la cantidad de material de cobertura disponible. El movimiento de tierras para la nivelación del suelo de soporte y los cortes de los taludes debe realizarse por etapas; con el fin de que la lluvia no cause erosión ni se pierda material que pueda emplearse como material de cobertura. Las actividades de nivelación, apertura de zanjas, construcción de vías internas, extracción y almacenamiento de material de cobertura deben realizarse con equipo pesado para que sean eficientes y con base en las especificaciones dadas por el diseñador.

7.8.7 Estabilidad del relleno sanitario

La estabilidad de los taludes que conforman el relleno sanitario debe ser verificada teniendo en cuenta los parámetros que se enuncian a continuación:

7.8.7.1 Caracterización de los residuos

El comportamiento mecánico del residuo es caracterizado por los parámetros de fricción Φ_a y cohesión C_a , los cuales deben ser definidos en pruebas de laboratorio o de campo, asumiendo un factor de seguridad mínimo de 1,5.

1. Composición del residuo. El peso unitario del residuo debe calcularse teniendo en cuenta como mínimo los siguientes componentes: compactabilidad, contribución de la cubierta diaria y humedad de absorción del residuo.
2. Resistencia cortante del residuo. El criterio de falla modificado de Coloumb puede emplearse para caracterizar la resistencia cortante del residuo, considerando un ángulo de fricción, Φ_a , y una cohesión, C_a . La determinación de la resistencia en el laboratorio puede estar dada para un nivel de esfuerzo de 15 % a 20 %.

Deben ensayarse muestras de tamaño representativo de manera que las pruebas no varíen en un rango amplio debido al contenido de suelo. Si el residuo llega a saturarse con el tiempo en el relleno, las pruebas para estabilidad deben ser basadas en muestras saturadas. Los valores del ángulo de resistencia al corte y la cohesión deben apoyarse en pruebas de laboratorio.

7.8.7.2 Cortante a lo largo de las interfaces

La estabilidad será expresada en términos del factor de seguridad contra deslizamiento a lo largo de la interfase, de las capas y cubiertas formadas por geomembranas, geotextiles y drenaje usadas en conjunto con materiales térreos. El ángulo de fricción en la interfase, δ , depende del tipo de materiales situados en ambos lados de la interfase, tipo de resina, textura de la superficie, rigidez del geotextil o la geomembrana, y otros factores relacionados con la colocación en campo y calidad de control.

Debe ensayarse el material para evaluar el ángulo de fricción en la interfase. Si las características de fricción en la interfase no son adecuadas para asegurar la estabilidad, la cubierta de suelos puede ser reforzada con geotextiles de alta resistencia.

7.8.7.3 Métodos de análisis de estabilidad

La evaluación de la estabilidad del relleno sanitario debe definirse en términos del factor de seguridad, expresado como:

$$FS = \frac{\text{Resistencia disponible en la superficie de falla}}{\text{Fuerzas motoras en la superficie de falla}} \quad (\text{F.7.28})$$

Para evaluar el factor de seguridad puede utilizarse software para estabilidad de taludes.

El análisis de estabilidad debe involucrar la evaluación de las propiedades del residuo y las propiedades del suelo, la capacidad de campo del relleno sanitario, los niveles de lixiviado y la determinación del tipo de análisis requerido.

1. El estudio de estabilidad de taludes debe realizar un análisis a largo plazo. Los rellenos sanitarios con una capacidad de disposición final mayor de 15 toneladas por día, deben considerar las presiones generadas por el gas.
2. Consideraciones sísmicas. Debe realizarse el análisis de estabilidad de taludes teniendo en cuenta la aceleración máxima presentada en el sitio según las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismoresistente NSR-98, o aquellas que la adicionen, modifican o sustituyan.

7.8.8 Obras complementarias

1. Las siguientes son las obras complementarias que se requieren para los rellenos sanitarios con una disposición menor o igual a quince (15) toneladas por día:
 - a. Cerco perimetral. Debe construirse una cerca de alambre de púas de 1,50 m de altura, como mínimo. Se debe impedir el libre acceso del ganado al interior del relleno. Es necesaria la conformación de un cerco vivo de árboles que sirva como barrera natural. Se recomienda sembrar árboles de rápido crecimiento.
 - b. Área de aislamiento. Debe destinarse una franja perimetral donde se establecerán plantaciones arbóreas de talla y follaje suficiente para reducir la salida de polvos, ruidos y materiales ligeros durante la operación. La longitud mínima de la franja deberá ser de 10 metros. El área de aislamiento deberá ser preparada antes de iniciar la disposición final de residuos sólidos.
 - c. Caseta de vigilancia. Se requiere la construcción de una caseta con un área aproximada de 10 m² a 15 m². Esta obra se utiliza como portería, lugar para guardar las herramientas

- y la ropa de los trabajadores, instalaciones sanitarias. Una caseta prefabricada también puede ser adaptada y empleada para estas funciones.
- d. Estación de pesaje. Debe ubicarse de tal manera que permita realizar las funciones eficientemente durante toda la operación del relleno. Las dimensiones de la caseta de pesaje debe tener como mínimo 10 m². Debe tener una superficie de dimensiones suficientes y una capacidad acorde para dar servicios a la unidad recolectora o de transferencia de mayor volumen de carga. Debe preverse una zona de espera para pesaje, ubicada dentro del cerco perimetral, ante las eventuales demoras que puedan producirse en la estación de pesaje por arribos simultáneos de vehículos recolectores que deben estacionarse ordenadamente.
 - e. Instalaciones Sanitarias. Debe contarse con instalaciones mínimas que aseguren la comodidad y bienestar de los trabajadores.
 - f. Patio de maniobras. Debe prepararse una zona de aproximadamente 200 m² para que los vehículos recolectores puedan maniobrar y descargar los residuos sólidos en el frente de trabajo.
 - g. Valla publicitaria. Es necesario colocar un cartel de presentación de la obra en construcción. Debe contener una breve descripción del proyecto y una leyenda cívica.
2. Las obras complementarias para los rellenos sanitarios con una disposición mayor a quince (15) toneladas por día:
- a. Trama vial circundante. Deben realizarse las modificaciones necesarias que permitan el normal desplazamiento de los vehículos recolectores. Debe iluminarse la trama vial circundante y su señalización puede ser de tipo móvil o fijo, acorde con el uso final, de manera que puedan ser utilizadas durante el periodo de ejecución del relleno y su posterior integración al destino final que se dará al sitio.
 - b. Cerco perimetral. Debe construirse un cerco perimetral a toda la superficie donde se ejecuta la obra con el fin de controlar el acceso al relleno sanitario. Las características de construcción deben satisfacer las condiciones estéticas del entorno. Se puede utilizar alambre tejido de 1,80 m de altura y colocarse en la parte superior hilos de alambre de púas. Los portones de acceso y egreso pueden tener características de construcción similares.
 - c. Área de aislamiento. Debe destinarse una franja perimetral donde se establecerán plantaciones arbóreas de talla y follaje suficiente para reducir la salida de polvos, ruidos y materiales ligeros durante la operación. La longitud mínima de la franja deberá ser de 50 m. El área de aislamiento deberá ser preparada antes de iniciar la disposición final de residuos sólidos.
 - d. Caseta de vigilancia. A la entrada del relleno sanitario debe instalarse una caseta con un área aproximada de 10 a 15 m². Desde este puesto debe controlarse el ingreso de los vehículos y verificarse la calidad del material a descargar. Debe realizarse un registro de entradas y salidas. Las características de construcción de esta instalación deben reunir condiciones estéticas y de confort adecuados, tanto para el personal que desempeña funciones en ella como para el que debe ingresar para descargar materiales.
 - e. Estación de pesaje. Debe ubicarse de tal manera que permita realizar las funciones eficientemente durante toda la operación del relleno. Las dimensiones de la caseta de pesaje debe tener como mínimo 10 m². Debe tener una superficie de dimensiones suficientes y una capacidad acorde para dar servicios a la unidad recolectora o de transferencia de mayor volumen de carga. Debe preverse una zona de espera para pesaje, ubicada dentro del cerco perimetral, ante las eventuales demoras que puedan producirse en la estación de pesaje por arribos simultáneos de vehículos recolectores que deben

- estacionarse ordenadamente. Deben instalarse al menos dos (2) básculas que puedan funcionar simultánea o alternadamente.
- f. Almacén y oficinas. Debe construirse un almacén para guardar equipo, herramientas y materiales; su tamaño depende del equipo que se disponga. El frente debe tener un patio de maniobras lo suficientemente grande para poder recibir los vehículos que descargarán los materiales, y contar con un área adicional destinada para el mantenimiento y limpieza de los equipos. Igualmente debe disponerse de un espacio para oficinas con instalaciones sanitarias y elementos necesarios para desarrollar las actividades con eficiencia.
 - g. Patio de maniobras. Debe prepararse una zona de aproximadamente 200 m² para que los vehículos recolectores puedan maniobrar y descargar los residuos sólidos en el frente de trabajo, la zona de trabajo será provisional y se instalará en forma progresiva al avance de disposición final y las condiciones topográficas.
 - h. Área de emergencia. Esta área debe destinarse para la recepción de los residuos municipales, cuando las condiciones climatológicas no permita, la operación en el frente de trabajo. Debe contar con lonas plásticas para cubrir los residuos. Su capacidad debe ser suficiente para operar de manera ininterrumpida durante tres (3) meses. El terreno del área de emergencia debe estar impermeabilizado y en su protección debe realizarse, por lo menos, obras de drenaje pluvial temporal.
 - i. Servicios de obra. Deben resolverse las necesidades de provisión de servicios públicos, tarea que debe compatibilizarse con el uso futuro del sitio.
 - j. Valla publicitaria. Es necesario colocar un cartel de presentación de la obra en construcción. Este cartel debe contener una breve descripción del proyecto y una leyenda cívica.

7.8.9 Cierre y uso final del sitio

Los siguientes componentes deben ser considerados en el cierre del relleno sanitario o de un sector parcial:

7.8.9.1 Cobertura final

El sistema de cubierta debe ser diseñado y construido de acuerdo con los siguientes parámetros:

- a. Debe minimizar la infiltración y percolación de líquidos al relleno sanitario durante todo el periodo de postclausura.
- b. Debe aislar del medio ambiente los residuos sólidos rellenos.
- c. Debe conducir el agua de escorrentía de manera que no desarrolle cárcavas debidas a la erosión.
- d. Debe limitar la salida incontrolada de gases del relleno sanitario.
- e. Debe limitar el potencial de incendios
- f. La construcción del sistema de cubierta debe tener en cuenta el asentamiento debido a la compresión de los residuos, del suelo de soporte, y el causado por salida de gases, y debe mantener la integridad de la capa impermeable durante los periodos de clausura y postclausura.
- g. Debe proporcionar una superficie apta para la revegetación del lugar.
- h. De servir como elemento central de recuperación del lugar.
- i. Debe tener estabilidad suficiente frente a hundimientos, fisuras y deslizamientos.
- j. Debe resistir el deterioro de operaciones de vertido, tales como sobrecargas ocasionadas por el paso de maquinaria utilizada en el relleno sanitario.
- k. Debe soportar el crecimiento de la vegetación o soportar otras posibles utilidades.

7.8.9.2 Perfil de la cobertura.

El perfil mínimo de cubierta requerido debe constar de una capa de control de infiltración y de erosión para rellenos sanitarios que dispongan quince (15) toneladas por día o menos.

Para rellenos sanitarios con una disposición final mayor de quince (15) toneladas por día, el perfil de cobertura debe contener la capa de control de infiltración, la capa de control de erosión y una capa de drenaje.

Para rellenos sanitarios con una disposición final mayor de doscientas (200) toneladas por día, se debe incluir como parte del perfil de cobertura, el sistema de recolección de gases.

- a. Capa o barrera de control de infiltración. Si la impermeabilización del relleno sanitario está constituida por el suelo natural (*in situ*), la capa de control de infiltración debe consistir de un estrato de suelo compactado de un espesor mínimo de 0,45 m y una permeabilidad máxima de 1×10^{-5} cm/s en zonas de baja precipitación y de espesor mínimo de 0,60 m y permeabilidad máxima de 1×10^{-6} cm/s en zonas de alta precipitación.

Si en el diseño de la impermeabilización del relleno sanitario se utiliza un sistema de estrato compuesto, debe instalarse una geomembrana sobre el estrato de suelo compactado (de permeabilidad máxima de 1×10^{-5} cm/s). Se puede aprobar la utilización de un sistema alternativo con infiltración equivalente o menor que el sistema descrito. El material de la geomembrana usado para la cobertura final debe ser de larga duración y debe tolerar deformaciones inducidas por la subsidencia.

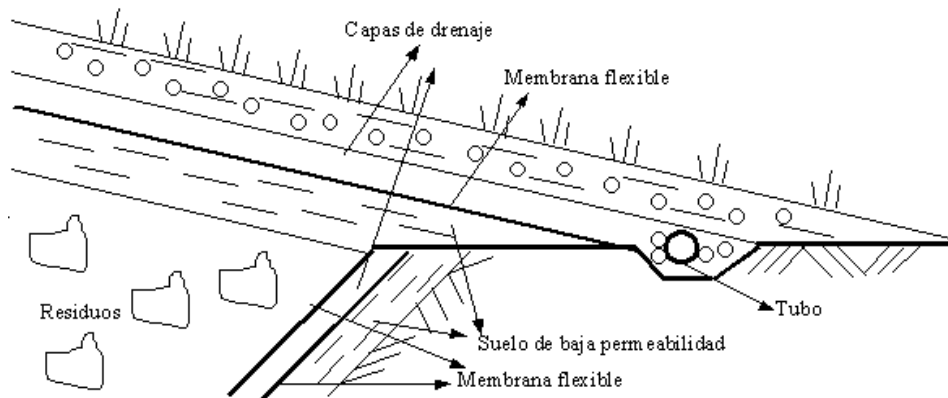
- b. Capa de control de erosión. El espesor mínimo requerido de la capa de erosión es de 0,15 m. El espesor de esta capa debe ser evaluado usando un análisis de balance hídrico y debe proporcionar la humedad disponible para las plantas durante periodos prolongados de sequía. Las pendientes requeridas serán menores que 4:1 (H:V). La erosión hídrica puede ser controlada también por endurecimiento de la superficie de la cubierta mediante colocación de material triturado empaquetado (*riprap*) o bolsas con mezcla de suelo – cemento o arena - cemento.

- c. Capa de drenaje. Debe localizarse en algunas partes del sistema de cubierta con pendientes mayores que la relación 5:1 (H:V). Esta capa debe retener la humedad que se infiltra de la capa de control de erosión y que se acumula sobre la capa de infiltración, evitando el deslizamiento de la capa de control de erosión por presiones excesivas de poros.

El material de esta capa debe ser un agregado limpio de tamaño uniforme y debe cumplir con los siguientes requisitos: $D_{85} < 4D_{15}$ y $D_2 < 0.25$ cm. Esta capa debe diseñarse y construirse de manera que la descarga del flujo vaya en dirección lateral, para minimizar la cabeza hidrostática en la capa permeable y establecer un recorrido de los líquidos infiltrados para salir del sistema de cubierta.

Los tubos de drenaje necesarios para controlar la cabeza hidrostática deben localizarse dentro de la capa de drenaje e instalarse a una distancia que asegure que la cabeza hidrostática sobre la capa impermeable no exceda el espesor de la capa de drenaje durante una tormenta de 24 horas en 25 años. Una grava gruesa debe rodear al tubo de drenaje para minimizar el movimiento de partículas de suelo dentro de la tubería.

FIGURA F.7.10 Capa de drenaje



d. Sistema de recolección de gas. En el sistema de venteo de gas pueden utilizarse pozos verticales de gravas, colchones recolectores, drenes de grava en trinchera para recolectar los gases del relleno. Los gases deben ser dirigidos a la cubierta a través de tubos de venteo. Esta capa debe localizarse directamente bajo el estrato impermeable y sobre el residuo compactado.

1. Estabilidad de la pendiente de la cubierta. La pendiente de la cubierta del relleno debe ser estable para mantener la infiltración y la escorrentía de una tormenta de 24 horas en 25 años. Para pendientes mayores de 5:1 (H:V), debe asegurarse que el estrato de drenaje constituya parte de la cobertura final, también debe asegurarse que la fricción en la interfase de los estratos adyacentes que forman la cubierta sea suficiente para prevenir la falla por deslizamiento. Deben realizarse pruebas de fricción en la interface para determinar una pendiente máxima aceptable para la cubierta del relleno, la cual corresponde a la mínima pendiente obtenida durante las pruebas.

La pendiente final mínima de la cubierta después de que hayan ocurrido los asentamientos y la subsidencia debe ser de 3%.

2. Revegetalización y paisajismo. Todo relleno sanitario, debe contemplar en sus diseños, el uso final, el cual deberá estar acorde con el entorno natural. El diseño del uso final del relleno sanitario, debe incluir la estabilización de la superficie, reducción de la erosión, determinación del uso final específico, restauración estética del entorno, aumento de la fertilidad del suelo, selección de las plantas apropiadas de acuerdo al clima y el entorno. Los suelos que se utilicen para el cultivo de plantas, deben ser de buena calidad y deberán tener una capa final de 0,60 m, recomendándose los siguientes procedimientos:

- a. Se recomienda la mezcla con enmiendas de suelo (biosólidos producto del tratamiento de aguas residuales municipales, compost producto de la transformación de la fracción orgánica de los residuos sólidos).
- b. El suelo de cobertura debería esparcirse cuando está seco, para evitar una compactación excesiva.
- c. El equipo utilizado para esparcir el suelo debe ser aquel con el cual se minimice la compactación del suelo o la mezcla.

La selección de las plantas dependerá del uso final elegido para el lugar, si el objetivo es restaurar a las condiciones iniciales, lo más aconsejable es emplear plantas autóctonas - nativas. Si el objetivo es establecer zonas para deporte (parques) las plantas deberán ser seleccionadas por profesionales expertos que determinen a su vez la adaptabilidad de dichas especies a las condiciones del suelo.

En todo caso en el proceso de selección de plantas leñosas para la revegetalización del relleno sanitario, se deberá tener en cuenta la velocidad del crecimiento, el tamaño del árbol, la profundidad de las raíces, la tolerancia a inundaciones, los hongos micorrizoides y la resistencia a enfermedades.

Los diseños del uso final debe ser plasmada en planos y serán parte integral de las actividades que se deben realizar en los procesos de construcción, operación y clausura del relleno sanitario.

7.8.9.3 Efectos de subsidencia

La subsidencia local en el relleno sanitario puede producir depresiones en la cubierta, las cuales pueden ocasionar excesivas deformaciones de tensión en los estratos de la cubierta y conducir al almacenamiento de agua. Este impacto puede ser minimizado usando una geomembrana con características de alta resistencia a deformaciones biaxiales. Debe evitarse el almacenamiento de agua para que no cause la destrucción de la vegetación ni la expansión del agua en la cubierta.

7.8.9.4 Efectos climáticos

La cubierta debe ser capaz de resistir condiciones climáticas extremas y debe permanecer en constante funcionamiento con un mínimo de mantenimiento.

7.8.9.5 Cuidados después del cierre del relleno sanitario

Después de cerrar el relleno e instalar la cubierta final, se debe realizar el monitoreo y el mantenimiento para asegurar que el relleno permanezca seguro y estable. Los cuidados de postclausura y monitoreo deben realizarse durante el tiempo en el cual se garantice la estabilidad de los residuos. Debe prepararse un plan de mantenimiento de posclausura y monitoreo, el cual debe incluir:

1. Fechas de iniciación y terminación del periodo de posclausura.
2. Descripción del plan de monitoreo.
3. Descripción del programa de mantenimiento
4. Personal del relleno en caso de emergencias.
5. Descripción del uso final del sitio.

Las actividades de mantenimiento de postclausura deben incluir las siguientes actividades:

- a. Mantenimiento de la integridad de la cobertura y control de erosión. El control de erosión incluye mantenimiento rutinario de la vegetación, reparación de los efectos de la subsidencia, control de aguas de infiltración y de escorrentía.
- b. Monitoreo de la producción de lixiviados. Deben tenerse registros semanales de medición de caudales. Disminuciones excesivas de los caudales de lixiviado con respecto a la tendencia observada deben investigarse cuidadosamente para determinar su causa. En caso de obedecer a una obstrucción del sistema de drenaje debe tomarse las acciones necesarias

para evitar la acumulación de líquidos dentro del relleno. El programa de monitoreo y control de biogás y lixiviados debe extenderse hasta un periodo en el cual se garantice que los residuos sólidos depositados en el relleno sanitario se han estabilizado, asegurando que todos los contaminantes generados en este tiempo son controlados.

- c. Inspección del sistema de venteo de gas y reparación inmediata en caso de daños.
- d. Monitoreo de aguas subterráneas. Debe constituirse en una rutina básica.

El cierre del relleno sanitario al final su vida útil, debe diseñarse tomando en cuenta su conformación final, estabilidad de taludes, mantenimiento, monitoreo y control de contaminantes, así como su uso último.

La forma final a dar a los residuos sólidos depositados en el relleno sanitario debe contemplar las restricciones relacionadas con el uso último que se dará al sitio, estabilidad de taludes, límites del predio, características de la cubierta final y drenajes superficiales.

El diseño de cierre del relleno sanitario debe incluir el uso final del sitio, es decir, el aprovechamiento del sitio una vez concluida su vida útil. Dicho diseño debe estar acorde con el uso del suelo permitido.

7.9 ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL - EIA

Toda persona prestadora del servicio de aseo en la actividad complementaria de disposición final que utilice la técnica de relleno sanitario, debe realizar como parte de los estudios y diseños el Estudio de Impacto Ambiental - EIA, el cual deberá ser entregado a la Autoridad Ambiental competente, a fin de obtener la respectiva Licencia Ambiental, la cual se constituye en requisito previo para poder operar y obtener una remuneración a través de tarifas dentro del servicio de aseo.

El Estudio de Impacto Ambiental – EIA para la construcción, operación y clausura de rellenos sanitarios deberá contener la información requerida de acuerdo con la Resolución MAVDT 1274 de 2006, por la cual se acogen los términos de referencia para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental para la construcción y operación de rellenos sanitarios y se adoptan otras determinaciones.

Los temas mínimos que deben incluirse en el documento son los siguientes:

1. Resumen ejecutivo de su contenido
2. Delimitación de las áreas de influencia directa (zonas de disposición final y área de aislamiento) e indirecta del proyecto (área comprendida entre el límite externo del área de aislamiento y tres kilómetros a la redonda).
3. Descripción del proyecto, obra o actividad, la cual se incorporará en un documento denominado manual operativo que incluirá:
 - a. **Localización:** Descripción general de la ubicación, identificando las coordenadas en un plano a escala 1:10.000, en donde se identifique además el perímetro y área del sitio de disposición final, el área de aislamiento, los predios vecinos con el nombre del propietario, sistema hídrico superficial, cotas de nivel, vías, viviendas y áreas de interés.
 - b. **Etapas:** Se deberá describir en forma detallada las etapas de construcción, operación y clausura del relleno sanitario, identificando en forma documental y gráfica las actividades

- y obras a ejecutar en forma secuencial, los procedimientos constructivos, que se realizarán en cada una de ellas.
- c. **Dimensiones:** Se definirá a nivel de factibilidad las dimensiones que tendrá el relleno sanitario, para lo cual se deberán presentar planos en planta y corte en donde se pueda identificar altura, ancho y longitud de los módulos, altura y volumen total del relleno sanitario.
 - d. **Costos estimados:** Con base en las actividades a desarrollar y las dimensiones del relleno sanitario, se cuantificará a nivel de prefactibilidad los costos y vida útil en capacidad (toneladas) del relleno sanitario.
 - e. **Cronograma de ejecución:** Se definirá con base en las etapas definidas para construcción, operación y clausura del relleno sanitario y teniendo en cuenta las especificaciones técnicas definidas en este Título.
 - f. **Residuos:** Se identificarán con base en las especificaciones técnicas y alcances definidos en el Capítulo 1 de este Título, estudios referentes a las proyecciones de población para un periodo de treinta (30) años, producción *per cápita*, generación de residuos para periodos de quince (15) y treinta (30) años.
 - g. **Lixiviados:** Con base en las especificaciones técnicas definidas en este Título, se deberá determinar la cantidad generada de lixiviados tanto para la fase de operación y un periodo adicional de 30 años luego de su cierre. Se determinará de igual forma la carga contaminante.
 - h. **Gases:** Con base en las especificaciones técnicas definidas en este Título, se deberá determinar la cantidad generada de lixiviados tanto para la fase de operación y un periodo adicional de 30 años luego de su cierre.
 - i. **Procedimientos constructivos de las obras a ejecutar:** Se deberán identificar para las obras referentes a la construcción de sistemas de drenaje de aguas lluvias, lixiviados, tratamiento de lixiviado, captación de gases, construcción de terrazas, impermeabilización, disposición final de residuos y cobertura intermedia y final, los procedimientos constructivos a realizar.
 - j. **Identificación y estimación básica de los insumos:** La identificación se deberá realizar sobre los materiales a utilizar en las etapas de construcción, operación y clausura del relleno sanitario, maquinaria y equipo requerido con sus correspondientes especificaciones, personal requerido y calidades profesionales.
 - k. **Riesgos inherentes a la tecnología a utilizar:** Definido el método a utilizar para disposición final de residuos, se deberán establecer los riesgos que se pueden ocasionar por la construcción y operación del relleno sanitario.
4. Determinación de los recursos naturales renovables que se pretenden usar, aprovechar o afectar para la construcción, operación y clausura del relleno sanitario: Se deberán realizar un análisis de los recursos a utilizar en la construcción y operación del relleno sanitario, haciendo énfasis en la cantidad y calidad de especies arbustivas a remover; material para la impermeabilización; materiales para la construcción de sistemas de drenaje de aguas lluvias, lixiviados, chimeneas y la cobertura intermedia y final del relleno sanitario, indicando los sitios de obtención del material; fuentes a utilizar para la descarga de residuos líquidos y fuentes a aprovechar para la construcción y operación del relleno sanitario, indicando la cantidad requerida.
 5. Descripción, caracterización y análisis del medio biótico, abiótico, socioeconómico y cultural en el cual se pretende desarrollar el relleno sanitario: Para el área de influencia directa, se deberá realizar estudios referentes a topografía, geotecnia, climatología, geología,

hidrogeología de acuerdo con las especificaciones definidas, así como la caracterización del medio biótico, abiótico y socioeconómico.

6. Identificación y evaluación de los impactos ambientales que puedan ocasionar el relleno sanitario, indicando cuáles pueden prevenirse, mitigarse, corregirse o compensarse: Con base en los recursos a utilizar, la cantidad de residuos a disponer, la generación de lixiviados y gases y las actividades socioeconómicas presentes en el área de influencia directa del sitio de disposición final, se deberá identificar y evaluar los impactos que se puedan producir en la construcción y operación del relleno sanitario sobre los recursos agua, suelo y aire, el sistema biótico y el sector socioeconómico.
7. Propuesta de plan de manejo ambiental para la construcción y operación del relleno sanitario que deben presentarse a nivel de diseño deben contener:
 - a. Las medidas de prevención, mitigación, corrección y compensación de los impactos ambientales negativos que pueda ocasionar el relleno sanitario en el ambiente o a las comunidades durante las fases de construcción, operación, y clausura.
 - b. Los parámetros de diseño. Los diseños definitivos para la construcción, operación, cierre y clausura de sistemas de relleno sanitario deben realizarse por parte de profesionales que cumplan con la reglamentación establecida en el Título A: Diseño, construcción e interventoría, Calidades y Requisitos de los profesionales, los cuales deberán cumplir las especificaciones técnicas definidas en este Título.
 - c. La selección del método de relleno sanitario. Se deberá describir el método a utilizar para la construcción y operación del relleno sanitario, el cual debe tener en cuenta las condiciones topográficas, geotécnicas e hidrogeológicas del sitio seleccionado para la disposición final de los residuos. Debe establecerse el perfil estratigráfico del suelo y el nivel de los acuíferos freáticos permanentes y transitorios de la zona.
Los métodos a utilizar deben corresponder a los establecidos en este Título.
 - d. La infraestructura mínima del sitio de disposición final. Se deberá presentar la infraestructura a instalar en el relleno sanitario teniendo en cuenta las especificaciones definidas en este Título.
 - e. Protección de aguas subterráneas. Para la protección de las aguas subterráneas, se deberán colocar sistemas de impermeabilización del terreno y de recolección y transporte de lixiviados, de acuerdo con las especificaciones técnicas definidas en este Título.
 - f. Protección de aguas superficiales. Las medidas de protección de las fuentes hídricas que deberán efectuarse en la construcción, operación y mantenimiento de los rellenos sanitarios deberán corresponder a los sistemas de recolección y tratamiento de lixiviados antes de efectuar el vertimiento al suelo o a una fuente hídrica, el manejo de los lodos obtenidos en el tratamiento de lixiviados, así como los sistemas de recolección y drenaje de aguas de escorrentía, que impidan su ingreso al relleno sanitario, de acuerdo con las especificaciones técnicas definidas en este Título.
 - g. Control de la calidad del aire. Se deberán presentar las medidas de control de calidad de aire que deberán ser ejecutadas por el operador del servicio en la actividad complementaria de disposición final, las cuales deberán incorporar como mínimo la recolección y manejo de gases, mantenimiento preventivo de equipo y maquinaria, plantación de barreras naturales en el área de aislamiento, cobertura diaria y final de las celdas de disposición final, de acuerdo con las especificaciones técnicas definidas en este Título.
 - h. Protección del suelo. Para la protección del recurso suelo, el prestador del servicio público del componente de disposición final de residuos sólidos deberá implementar las

medidas previstas de impermeabilización, recolección y tratamiento de lixiviados, sistemas de recolección y drenaje de aguas de escorrentía, además de realizar los diseños teniendo en cuenta la estabilidad de los taludes, cierre y clausura del relleno y un plan paisajístico acorde con el entorno, de acuerdo con las especificaciones técnicas definidas en este Título.

- i. Mitigación y compensación social. Para mitigar y compensar los posibles impactos sobre la comunidad ubicada en las zonas de influencia directa e indirecta, la persona prestadora del servicio de aseo debe realizar un análisis de los predios que serán utilizados para la construcción y operación del relleno sanitario. Se presentará el análisis catastral y sus respectivos procesos de adquisición y compensación en los procesos de reubicación de población que sean necesarios, así como de las medidas de compensación por las actividades económicas que en estos se presenten.

Las compensaciones a la población ubicada en el área de influencia directa deberán ser dirigidas hacia el mejoramiento de la infraestructura de sus servicios públicos y/o a la reducción de tarifa en la disposición de residuos sólidos generados por dicha comunidad.

8. Programa de monitoreo del relleno sanitario, con el fin de verificar el cumplimiento de los compromisos y obligaciones ambientales durante la implementación del Plan de Manejo Ambiental, y verificar el cumplimiento de los estándares de calidad ambiental establecidos en las normas vigentes, de acuerdo con lo establecido en este Título. Así mismo, evaluar mediante indicadores el desempeño ambiental previsto del relleno sanitario, la eficiencia y eficacia de las medidas de manejo ambiental adoptadas y la pertinencia de las medidas correctivas necesarias y aplicables a cada caso en particular;
9. Plan de Contingencia el cual contendrá las medidas de prevención y atención de las emergencias que se puedan ocasionar durante la vida útil del relleno sanitario y las fases de clausura y postclausura.
10. Costos proyectados del plan de manejo en relación con el costo total del relleno sanitario y cronograma de ejecución del plan de manejo, el cual debe ser concordante con lo establecido en este Título.

7.10 REGLAMENTO OPERATIVO DEL RELLENO SANITARIO

Antes de dar inicio a la operación de un relleno sanitario, el prestador del servicio debe contar con el Reglamento Operativo del mismo, el cual debe ser concordante con el estudio de impacto ambiental, cumpliendo con los siguientes requisitos:

7.10.1 Cronograma de actividades

El cronograma de las actividades debe cumplir con las especificaciones definidas en este Título.

7.10.2 Condiciones de acceso al servicio

En todo relleno sanitario, se deben establecer las condiciones de acceso al servicio para que un usuario pueda acceder al servicio de la actividad complementaria de disposición final, tal como esta definido en el Decreto 2436 de 2008 por el cual se reglamenta parcialmente el Artículo 101 de la Ley 1151 de 2007. Se deben incluir como mínimo los siguientes requisitos:

1. Por el usuario

- a. Solicitud de acceso al servicio por parte de la persona prestadora del servicio de aseo en la actividad de recolección y transporte del municipio donde presta dicho servicio.
- b. Convenio de reciprocidad de disposición final entre entidades territoriales para disponer en las áreas definidas en sus respectivos POT, PBOT, EOT según sea el caso, definidas en este Título: Procedimiento para la localización de áreas para disposición final y en el Artículo 4 del Decreto MAVDT 838 de 2005.
- c. Origen de los residuos sólidos.
- d. Caracterización y cantidad de residuos sólidos a entregar al prestador del servicio de la actividad complementaria de disposición final.
- e. Horario de entrega de los residuos

2. Por el prestador del servicio

El prestador del servicio de aseo en la actividad complementaria de disposición final deberá mantener la siguiente información.

- a. Capacidad operativa instalada. Se refiere a la capacidad máxima de equipos y mano de obra con que cuenta el operador del servicio el cual debe determinarse en toneladas por día y deberá estar reflejada en función del rendimiento de los equipos y/o mano de obra.
- b. Capacidad operativa ocupada. Se refiere a la capacidad ocupada en toneladas por día, que a la fecha de solicitud de acceso al servicio tiene el operador en el proceso de disposición final de residuos sólidos de los usuarios que tienen acceso al servicio. Se debe indicar clase y rendimiento de equipos o mano de obra.
- c. Capacidad operativa adicional. Se refiere a la capacidad en toneladas por día, que el operador del servicio está en capacidad de instalar en un tiempo no mayor a 15 días para poder dar el servicio a nuevos usuarios. Se debe indicar clase y rendimiento de equipos a instalar y/o mano de obra a contratar.
- d. La vida útil del relleno sanitario en días, de acuerdo con la cantidad en toneladas por día de residuos sólidos dispuestos al momento de solicitud de acceso al servicio.

Con base en la información de los Numerales 1 y 2, la persona prestadora del servicio en la actividad complementaria de disposición final, deberá realizar la evaluación de acceso al servicio para lo cual determinará:

- a. La vida útil del relleno sanitario en días, incluyendo la cantidad de residuos sólidos adicionales solicitados por el usuario solicitante del servicio de relleno sanitario.
- b. Capacidad de las áreas de disposición final incorporadas por las entidades territoriales al POT, PBOT o EOT respectivo, según sea el caso de los municipios a los cuales se les presta actualmente el servicio de disposición final y del solicitante.
- c. Capacidad operativa requerida para disponer tanto los residuos que se vienen disponiendo y los potenciales que solicita acceso del servicio.

Para que exista aceptación de acceso al servicio se debe cumplir que la relación de los literales (i)/(j) sea menor a 0,7, que la capacidad en años resultante de la suma de los literales (j) + (k) sea igual o mayor a la capacidad establecida por el municipio de acuerdo con el Artículo 5 Numeral 1 del Decreto 838 de 2005, y que la capacidad operativa requerida (l) sea mayor o igual a la capacidad operativa instalada (f) mas la capacidad operativa adicional (h), que el solicitante haya incorporado áreas de disposición final en su POT, PBOT o EOT según sea el caso y se cuente con el convenio de reciprocidad.

7.10.3 Frente de trabajo y restricciones e identificación de residuos

1. Frente de trabajo

El ingreso al relleno sanitario debe estar indicado y enunciado con carteles diagramados, las barreras y casillas de control de ingreso y vigilancia.

La operatividad del frente de trabajo debe ser continua en cualquier época del año. En los casos de operación nocturna el frente debe estar iluminado en su totalidad.

2. Restricciones e identificación de residuos

a. Exclusión de residuos peligrosos y líquidos

Los residuos peligrosos deben ser excluidos del relleno sanitario de residuos sólidos municipales para proteger las aguas subterráneas de la contaminación, incompatibilidad con otros materiales del relleno y por constituir un impacto negativo a la tratabilidad del lixiviado. La gestión y el manejo de dichos residuos deben hacerse de acuerdo a lo especificado en el capítulo F.8 del presente título. Los siguientes métodos pueden ser empleados para excluir los residuos peligrosos del relleno sanitario:

a. Inspecciones aleatorias. Puede realizarse una inspección simple en la que el operador lleva a cabo una inspección visual de los residuos contenidos en el vehículo recolector. Si alguno de los materiales no son aceptados, por ser residuos peligrosos o por ser un residuo no conocido que constituye un nivel de riesgo, deben ser rechazados y manejados con las técnicas apropiadas.

b. Control en la fuente. Si se realiza las inspecciones en la fuente, los residuos recibidos provendrán sólo de las fuentes permitidas; de esta manera pueden identificarse las características de los residuos antes de ser dispuestos en el sitio. Este método se recomienda para rellenos sanitarios con una disposición diaria mayor a 15 toneladas por día.

b. Separación de residuos peligrosos

Si se considera que algún residuo no debe aceptarse, el operador puede rechazarlo hasta que se determine que es apto para su disposición en el relleno sanitario; de lo contrario, el operador es responsable si se realiza la disposición. El almacenamiento temporal de los residuos no aceptados puede hacerse hasta por 90 días y deben ser marcados como residuos peligrosos, restringiendo el área en que se hallan sólo para personal autorizado.

c. Notificación y observación del registro

Si se encuentran residuos que son rechazados, ya sea en el sitio o durante las inspecciones, el operador debe registrar toda la información y notificarla a la entidad encargada. Este registro debe incluir fecha y hora en que el registro fue recibido, nombre y firma del conductor, fuente del residuo y observaciones y resultados de la inspección.

7.10.4 Compactación de los residuos

1. Rellenos sanitarios con disposición diaria menor o igual a quince (15) toneladas por día

Los residuos sólidos deben ser descargados en el frente de trabajo, y deben esparcirlos sobre el talud de las celdas ya terminadas en capas sucesivas empleando herramienta menor. La

superficie superior debe nivelarse y compactarse con rodillo. Las superficies laterales deben compactarse con pisones de mano.

2. Rellenos sanitarios con disposición diaria mayor a quince (15) toneladas por día

Para lograr una mejor compactación se recomienda descargar los residuos sólidos en la celda y comenzar la compactación en forma uniforme para evitar la construcción de rampas para el desplazamiento de la maquinaria. Igualmente, trabajar en pendiente con el fin de lograr una compactación adecuada. La compactación debe efectuarse con capas máximas de 30 cm de espesor y con un número mínimo de pasadas de tres a cuatro (3 a 4) por capa. La pendiente debe ser 3:1 (H:V) para máquina de cadenas y 4:1 (H:V) para equipo compactador.

7.10.5 Material de cubierta diaria

Este material debe colocarse diariamente sobre los residuos para controlar vectores, pájaros y olores; evitar el contacto del agua lluvia con los residuos, el efecto visual de los residuos descubiertos, la dispersión por efecto del viento de los elementos livianos y crear una barrera cortafuego que evite que se extienda por todo el relleno. Este material se coloca después de la compactación de los residuos y debe cumplir con los requisitos enunciados en el diseño de celdas.

7.10.6 Control del agua de infiltración y de escorrentía

7.10.6.1 Control del agua de infiltración

Debe prevenirse el flujo de agua que corre hacia el relleno y evitarse los problemas de erosión que puedan presentarse. Para cumplir con este requisito se requiere un sistema de control, del cual se debe determinar el tamaño de las cunetas y alcantarillas.

7.10.6.2 Control del agua de escorrentía

Debe prevenirse el escape de contaminantes y evitar la erosión del sistema de cubierta, mediante canales perimetrales, bermas o canales de sedimentación.

- a) Canales perimetrales. Deben ubicarse gradiente arriba del relleno sanitario para evitar que el agua de escorrentía entre a la unidad, y gradiente abajo para recoger el agua de escorrentía de las partes cubiertas del relleno.
- b) Bermas. Pueden utilizarse bermas temporales dentro del relleno para controlar el agua de escorrentía. Las bermas pueden estar construidas en tierra con alturas de 0,30 m o 0,60 m
- c) Cuencas de sedimentación. Esta área debe almacenar el agua permitir la sedimentación. La cuenca debe dragarse periódicamente para remover sedimentos y evitar el crecimiento de plantas acuáticas.

7.10.7 Recolección y tratamiento de lixiviados

7.10.7.1 Recolección de lixiviados

En el reglamento operativo del relleno sanitario, debe establecerse el procedimiento de localización, especificaciones técnicas del material utilizado y métodos constructivos del sistema de drenaje de lixiviados, estableciendo de igual forma de acuerdo con el avance del relleno sanitario, la cantidad de lixiviados previstos y los sitios de monitoreo. Se debe determinar las

fechas tentativas de instalación del sistema de drenaje de lixiviados, los cuales se deberán plasmar en un plano.

Se incorporarán los métodos de control y seguimiento, que permitan identificar anomalías y procedimientos de corrección.

7.10.7.2 Tratamiento de lixiviados

Se deberá incluir en el reglamento técnico operativo el sistema de tratamiento de lixiviados a utilizar, indicando calidades de material utilizado para su construcción, procesos de tratamiento, cantidad de lixiviado a tratar, porcentaje de remoción esperada, calidad del vertimiento. Se deberá incluir las fechas de realización de las caracterizaciones de acuerdo con lo establecido en este Título, así como los métodos de control y seguimiento, procedimientos de corrección en caso de anomalías.

7.10.8 Recolección, concentración y venteo de gases

7.10.8.1 Recolección de gases

Se debe establecerse el procedimiento de localización, especificaciones técnicas del material utilizado y métodos constructivos del sistema de drenaje de gases, estableciendo de igual forma de acuerdo con el avance del relleno sanitario, la cantidad de gases previstos y los sitios de monitoreo. Se debe determinar las fechas tentativas de instalación del sistema de drenaje de gases, los cuales se deberán plasmar en planos.

Se incorporarán los métodos de control y seguimiento, que permitan identificar anomalías y procedimientos de corrección.

7.10.8.2 Concentración y venteo de gases

Cuando se utilicen sistemas de concentración de gases, el operador debe incluir en el reglamento técnico, la técnica utilizada, estableciendo los procedimientos constructivos, calidades de material a utilizar, sistema de medición y caracterización de gases de acuerdo con los parámetros y frecuencias establecidas en este Título. Se incluirá un cronograma estableciendo las fechas de entrada en operación de los sistemas de venteo.

7.10.9 Actividades y acciones de manejo y control para la estabilidad de taludes

Se deberán describir cada una de las actividades previstas para la estabilidad de taludes, indicando los procedimientos y periodicidad para obtener con ayuda del laboratorio la resistencia al corte y la cohesión de los residuos luego de su compactación, así como la ubicación y manejo de la instrumentación instalada para determinar posibles movimientos.

Se indicarán de igual forma los procedimientos de posibles soluciones en caso de falla de alguno de los taludes.

7.10.10 Equipos e instalaciones de instrumentación

La persona prestadora del servicio de aseo en la actividad complementaria de disposición final, debe indicar en el reglamento operativo los equipos con los cuales realizará el proceso de instrumentación

Los rellenos sanitarios con una disposición mayor a quince (15) toneladas por día, deben ser instrumentados con piezómetros, inclinómetros y construcción de una malla topográfica, para

medir presiones de poros y deformaciones. Su número y localización debe ser determinado por el diseñador y monitoreados por la Interventoría.

7.10.11 Procedimientos constructivos, calidad y cantidad de materiales a utilizar

Todo relleno sanitario deberá incorporar en el reglamento operativo, los procedimientos constructivos a utilizar en la ejecución de la infraestructura a instalar, indicando las especificaciones técnicas de construcción y de los materiales a utilizar, estableciendo la calidad y cantidad de los mismos.

7.10.12 Procesos operativos desde la entrada de los residuos hasta su disposición final

Se deberá indicar en forma clara y secuencial cada uno de los procesos que deben realizar en la disposición final de residuos, detallando los distintos elementos que la componen, materiales, equipos a ser empleados y forma de construcción. Si se utilizan materiales provenientes del interior del terreno que va a rellenarse debe indicarse la metodología de extracción, acopio y transporte.

Como mínimo se deben incluir especificaciones con respecto a:

- Horarios para el recibo de residuos sólidos
- Recepción e ingreso
- Pesaje
- Registro
- Plan de descarga de residuos sólidos, indicando las celdas diarias a ocupar en forma secuencial
- Procesos de descarga, acumulación y compactación de residuos (se deberá indicar los tipos de maquinaria a utilizar, para el compactador previsto se debe describir el número de pasadas mínimas).
- Procesos de cobertura diaria y/o final de cada celda (se deberá indicar material utilizado, procedencia, sitios de acopio, espesor cuando sea material natural y/o calibre cuando sea material sintético y clase de equipos y maquinaria a utilizar).
- Archivo de los residuos dispuestos.
- Inspección de carga para residuos peligrosos cuando existan celdas de seguridad, indicando procedimiento de separación, estabilización, solidificación y disposición final a emplear.
- Inspección y almacenamiento de carga para de residuos peligrosos cuando no existan celdas de seguridad, identificando protocolos para su envío a los sitios de tratamiento especiales.

7.10.13 Planos y esquemas de los procesos e instalaciones en el relleno

Se deberán presentar planos y esquemas de cada uno de los procesos e instalación en el relleno sanitario, de acuerdo con las especificaciones definidas en el literal A.6.

7.10.14 Equipo y maquinaria requerida

Se debe establecer el listado de los equipos y maquinaria requerida en las fases de construcción y operación del relleno sanitario, indicando clase, rendimiento, capacidad y periodo de vida.

7.10.15 Personal requerido y calidades profesionales

Se identificará la cantidad de mano de obra requerida y las especificaciones de calidad de los profesionales que se encargarán de los procesos constructivos y operativos del relleno sanitario, así como de supervisión en los distintos horarios en que se habilitará el centro de disposición.

7.10.16 Programa de seguridad industrial a aplicar en la construcción y operación del relleno sanitario.

Se deberá establecer un programa de seguridad industrial y seguridad ocupacional, en cumplimiento de la legislación laboral vigente, con el fin de garantizar la ausencia de accidentes y/o incidentes durante la ejecución de la obra y problemas de salubridad de los trabajadores, el programa deberá incluir:

- La forma de difusión a los trabajadores del panorama de los factores de riesgo por cada actividad y del conjunto del proyecto
- Inducción para el uso adecuado de los elementos de protección personal, acordes con el panorama de los factores de riesgo.
- Información y capacitación sobre la aplicación de los planes de emergencia y de evacuación de los sitios de trabajo.
- Difusión de las políticas de control de alcohol, tabaquismo y drogadicción entre los trabajadores del proyecto.
- Capacitación en aspectos relacionados con primeros auxilios y control de incendios.
- Soporte de entrenamiento y capacitación de una ARP

7.10.17 Criterios operacionales

La persona prestadora del servicio de aseo en la actividad complementaria de disposición final, deberá establecer en el reglamento operativo del relleno sanitario, criterios operacionales garantizando por lo menos los definidos en el literal F.6.2.8.

7.11 CRONOGRAMAS DE ACTIVIDADES Y PLAN DE TRABAJO

7.11.1 Cronograma de actividades

Debe elaborarse un programa de ejecución de la obra que contenga disgregadas todas las actividades, para permitir una rápida y permanente actualización durante la construcción.

Deben establecerse con toda precisión las precedencias inmediatas para cada una de las actividades que se enuncian y el comienzo y la terminación de cada una de ellas en concordancia con lo definido en el Plan de Trabajo y debe limitarse por acontecimientos perfectamente identificables en obra, para permitir la adecuación de los distintos tiempos de la programación durante el desarrollo de la obra.

Es conveniente dividir la obra según la secuencia de relleno y determinar su secuencia de construcción. Para cada unidad establecida debe fijarse el orden de trabajo en cada una de las celdas, las necesidades de avance de la infraestructura operativa, la preparación de las superficies portantes, los periodos de relleno, la construcción de los mantos de cobertura definitiva y la evolución del sistema de drenajes.

Debe existir un periodo de avance en la preparación de los módulos para prevenir contingencias y asegurar la continuidad del servicio de disposición final. Se recomienda mantener módulos preparados para recepcionar materiales equivalentes a seis (6) meses de operación.

7.11.1.1 Plan de trabajo

Se deberá cumplir con las indicaciones establecidas en este Título, por lo cual deberá especificar los tipos de material utilizados, equipos a emplear en cada uno de los frentes de trabajo, especificar cada una de las tareas ejecutas y el personal responsable de cada una de ellas.

El plan debe actualizarse diariamente conforme el avance que se registre en obra y atendiendo las prioridades que hacen a la continuidad del servicio de disposición final de residuos. El plan de trabajo debe complementarse con informes diarios que detallen los resultados reales obtenidos, el equipo utilizado y las condiciones climáticas registradas, de manera que puedan evaluarse los trabajos que se ejecutan y verificar el rendimiento de la maquinaria.

7.11.1.2 Control de gestión

Debe realizarse un seguimiento de todas las actividades por parte de la entidad encargada, con el fin de que la ejecución de la obra satisfaga un servicio y salvaguarde la salud pública.

CAPÍTULO F.8

8 PROCESOS TERMICOS DE TRATAMIENTO Y ELIMINACIÓN

8.1 ALCANCE

El capítulo sobre procesos térmicos de tratamiento y eliminación establece los principios generales y operacionales mínimos bajo las cuales deben realizarse estos procesos, con el fin de reducir la peligrosidad y el volumen de los mismos, potencializar la obtención de energía y subproductos, minimizar la potencial contaminación producida por la emisión y los subproductos del proceso (cenizas, escorias, aguas residuales y residuos sólidos), así como los riesgos sobre la salud pública, la seguridad del personal y el ambiente.

El propietario de la instalación puede implementar otras alternativas diferentes, demostrando ante las autoridades ambientales que los sistemas alternativos cumplen con las condiciones establecidas en la normativa específica.

Los procesos térmicos de tratamiento y eliminación de residuos sólidos del servicio público domiciliario de aseo pueden usarse siempre y cuando se demuestre la autosostenibilidad técnica, económica y financiera así como ambiental del proyecto a partir de la comercialización de subproductos, energía y varios, y la aplicación del esquema tarifario aprobado para el(los) municipio(s) que hacen parte del proyecto y correlacionado con las eficiencias en el recaudo y gestión de la cartera.

Se constituye igualmente en una opción para poblaciones que por su localización se hace inviable la construcción y operación de un sistema de disposición final de residuos sólidos mediante la técnica de relleno sanitario. El proceso se implementa para reducir el volumen de los residuos sólidos y finalmente disponer las cenizas producto del proceso en celdas especialmente conceptualizadas para ello.

8.2 REQUISITOS OBLIGATORIOS DEL SISTEMA

8.2.1 Límites de emisión contaminantes generales

Las instalaciones de tratamiento y eliminación térmica de residuos sólidos deberán cumplir con los requerimientos definidos por la normativa de acuerdo con el proceso específico: Incineración, gasificación, pirolisis – termólisis, hidrogenación y coprocesamiento.

Para el caso específico de incineración, se aplica lo siguiente:

8.2.1.1 Estándares de emisión admisibles de contaminantes al aire para instalaciones donde se realice tratamiento térmico mediante incineración de residuos no peligrosos

- **Temperaturas de operación.** La temperatura de la cámara de combustión en las instalaciones de incineración de residuos no peligrosos debe ser superior a 800 °C y la temperatura de la cámara de postcombustión debe ser superior a 1200 °C.
- **Tiempo de Retención en la cámara de post-combustión.** El tiempo de retención en la cámara de post-combustión para las instalaciones de incineración de residuos no peligrosos debe ser igual o superior a dos (2) segundos.
- **Estándares de emisión admisibles de contaminantes para instalaciones de incineración de residuos no peligrosos.** En la Tabla F.8.1 se establecen los estándares de emisión admisibles de contaminantes para instalaciones de incineración de residuos no peligrosos a condiciones de referencia con oxígeno de referencia del 11%.

Tabla F.8.1. Estándares de emisión admisibles de contaminantes al aire para instalaciones de incineración de residuos no peligrosos a condiciones de referencia (25 °C, 760 mm Hg) con oxígeno de referencia del 11 %.

Instalaciones de incineración de residuos no peligrosos	Promedio	Estándares de emisión admisibles (mg/m ³)							
		MP	SO ₂	NO _x	CO	HCl	HF	Hg	HCT
Instalaciones de incineración con capacidad igual o mayor a 500 kg/hora	Promedio diario	10	50	200	50	10	1	0,03	10
	Promedio horario	20	200	400	100	40	4	0,05	20
Instalaciones de incineración con capacidad menor a 500 kg/hora	Promedio diario	15	50	200	50	15	1	0,05	10
	Promedio horario	30	200	400	100	60	4	0,1	20

El estándar de emisión admisible para dioxinas y furanos es de 0,5 (ng - TEQ/m³) a condiciones de referencia (25 °C, 760 mm Hg) con oxígeno de referencia del 11% y su cumplimiento se debe verificar de acuerdo con lo establecido en la Normativa.

- **Estándares de emisión admisibles de metales pesados en instalaciones de incineración de residuos no peligrosos.** Las instalaciones de incineración de residuos no peligrosos deben cumplir un estándar de emisión admisible para la sumatoria de Cadmio (Cd), Talio (Tl) y sus compuestos de 0,05 mg/m³ y para la sumatoria de metales de 0,5 mg/m³, a condiciones de referencia (25 °C, 760 mm Hg).

Para la determinación de metales se debe contemplar la sumatoria de los siguientes metales y sus compuestos: Arsénico (As), Plomo (Pb), Cromo (Cr), Cobalto (Co), Níquel (Ni), Vanadio (V), Cobre (Cu), Manganeso (Mn), Antimonio (Sb), Estaño (Sn).

- **Temperatura de los gases de salida en la cámara de post combustión.** Todas las instalaciones de incineración de residuos no peligrosos deben contar con un sistema que

registre de forma automática la temperatura de los gases de salida en la cámara de post combustión, esta temperatura debe ser inferior a 250 °C. Si el registro de dicha temperatura está por encima de este valor se debe instalar un sistema de enfriamiento que reduzca la temperatura como máximo hasta 250 °C.

8.2.1.2 Estándares de emisión admisibles para instalaciones que traten y eliminen residuos no peligrosos con deficiencia de oxígeno (pirólisis o termólisis).

Las instalaciones que incineren residuos no peligrosos con deficiencia de oxígeno (pirólisis o termólisis) deben realizar la corrección de oxígeno posterior a la medición al 3% de oxígeno y deben cumplir con los estándares de emisión admisibles establecidos en la Tabla F.8.1

Para el cálculo se utiliza la siguiente ecuación:

$$C (3\%) = (18 \% / 10 \%) * C (11 \%) \quad \text{(F.8.1)}$$

Donde:

C (3%): Límite de concentración del contaminante a emitir basado en la nueva concentración de oxígeno de referencia al 3% en la salida de los gases.

C (11%): Límite de concentración del contaminante de referencia al 11% de la Tabla F.8.1.

8.2.1.3 Tratamiento térmico de residuos no peligrosos en hornos cementeros.

Se permitirá el tratamiento y eliminación térmica de residuos no peligrosos en hornos cementeros que realicen coprocesamiento, siempre y cuando cumplan con los estándares de emisión establecidos en la Tabla F.8.1.

8.2.2 Características técnicas generales de las plantas de tratamiento y eliminación

Todas las plantas de tratamiento y eliminación deben cumplir con las siguientes características de diseño para su operación:

- Mínimo dos (2) cámaras de procesamiento y reacción (óxido reducción).
- Garantizar condiciones de tiempo de residencia, turbulencia y temperatura de reacción de los gases en la cámara de poscombustión
- Cada una de las cámaras de procesamiento debe operar con su propio e independiente sistema de suministro de energía (calor) y poseer control automático de temperatura.
- La planta debe tener registros automáticos de la temperatura de operación en ambas cámaras.
- El suministro de los reactantes debe hacerse de forma gradual y programada, considerando la composición, caracterización y poder calorífico de los residuos a ser procesados.
- La planta debe poseer sistemas de carga y alimentación semiautomático o automático, con sistemas de compuertas que permitan mantener las condiciones internas de reacción y su aislamiento del entorno, reduciendo el contacto entre el operario y la cámara de reacción. Igualmente, debe poseer un sistema de extracción semiautomática o automática de las escorias y cenizas.
- Los residuos solamente pueden alimentarse al interior del sistema de reacción si las condiciones operativas son las requeridas. Si durante la operación la temperatura disminuye, la alimentación debe ser suspendida hasta alcanzar nuevamente las temperaturas indicadas. Para verificar en forma permanente esta condición, deberá dotarse de un sistema de control

y registro automático de temperatura. La planta debe poseer un control automático que impida la alimentación o cargue de los residuos a la cámara de combustión, en caso que las temperaturas desciendan por debajo de las requeridas.

- La planta debe poseer sistemas redundantes en el control y de respaldo en la operación.
- Los combustibles a usarse pueden ser gas natural, gas propano, LPG, Fuel Oil, carbón o cualquier otro material aceptado por la normativa ambiental.
- La planta debe poseer sistemas de control de emisiones fugitivas.
- La planta debe dar cumplimiento a los estándares establecidos de emisión en la normativa, implementando para ello diferentes sistemas de prevención, reducción, control y tratamiento de emisiones.
- La planta debe tener implementado de forma específica, controles y tratamientos para las emisiones de gases y vapores ácidos, material particulado, óxidos de azufre, óxidos de nitrógeno, dioxinas y furanos y compuestos orgánicos volátiles (VOC).

8.2.3 Manual de operación y mantenimiento

Toda planta deberá poseer un manual de operación y mantenimiento. Este debe incluir y desarrollar los requisitos de operación que se estipulan en este Capítulo, las medidas de contingencia a tomar en el caso de fallas tanto de la Planta como de cualquiera de los equipos del sistema de tratamiento de emisiones, vertimientos y residuos sólidos. Igualmente debe incluir los equipos y medidas a tomar en caso de contingencias en la totalidad de la planta. Debe incluir los esquemas y planos específicos y relacionados con las áreas y sistemas existentes en la planta.

8.2.4 Requisitos para la operación y mantenimiento

Todas las plantas deben contar con las siguientes características para su operación y mantenimiento:

- No deben presentar salidas de gases o llamas por las puertas de cargue, ni por la puerta de extracción de cenizas.
- No debe presentar salida de llamas por la chimenea. Por ninguna razón operará sistema de escape de gases alternos diferentes a la chimenea del sistema
- Las paredes metálicas exteriores no deben llegar a 100 °C aún en trabajo continuo.
- Para el mantenimiento de la planta o cualquiera de sus equipos de control, a fin de proteger la salud de los trabajadores que lo realizarán, estos deberán ser equipados de tal forma que durante la operación y el mantenimiento de los equipos se garantice la seguridad industrial y la salud ocupacional, de acuerdo a lo establecido por el Ministerio de la Protección Social.
- El polvo seco encontrado en el sitio donde se hará el mantenimiento debe ser removido con aspiradoras tipo G.
- El área contaminada y la de descontaminación deben ser de uso restringido. Es decir, solo para personal autorizado.
- En caso de emergencia por fuego en el área contaminada y de descontaminación, apagar el fuego con CO₂, para lo cual las áreas deben estar provistas con extintores de este tipo.
- Las plantas en las cuales se presenten problemas de olores ofensivos, deberán de acuerdo a su diseño, implementar los mecanismos y/o sistemas necesarios para su control.

8.2.5 Evaluación de la calidad y características de las plantas

Todos los fabricantes de plantas deberán certificar las condiciones de las mismas ante los entes certificadores debidamente aprobados para el país y obtener una Certificación de Producto. El

ente certificador debe ser reconocido por la Superintendencia de Industria y Comercio, de acuerdo con los procedimientos definidos en el Decreto 2269 de 1993, por el cual se organiza el sistema nacional de normalización, certificación y Metrología, y demás disposiciones legales pertinentes, que establezca esta Superintendencia.

Teniendo en cuenta que para que los entes certificadores puedan entregar los certificados requeridos debe surtirse un trabajo técnico y administrativo ante la Superintendencia de Industria y Comercio, que en todo caso, cualquier fabricante de planta deberá entregar como parte de la garantía contractual a su cliente una certificación en la cual se estipule el cumplimiento de cada una de las características de los equipos aquí requeridos, acompañada de los sustentos (incluidos planos, características, garantías, manuales, cálculos, etc.) para cada uno de los elementos que lo soportan, de tal forma que puedan ser posteriormente verificadas y obtenidos los respectivos certificados por parte del usuario de los equipos.

8.2.6 Control de cenizas, escorias y material particulado de los sistemas de control y tratamiento de emisiones

Para el control del proceso de reacción, se realizará sobre las cenizas resultantes de la óxido reducción de los residuos, la prueba de Pérdida por Ignición (pérdida de material volátil de las cenizas), cuyo valor deberá ser siempre menor al ocho por ciento (8 %).

Este ensayo deberá realizarse como máximo cada quince (15) días. Valores mayores al estipulado muestran una combustión incompleta y son señal de una inadecuada operación de la planta relacionada con la alimentación o sobrecarga del equipo.

Las cenizas provenientes de la cámara de reacción, del mantenimiento de las cámaras y el material particulado removido por el sistema de tratamiento de gases y los lodos secos provenientes del tratamiento de aguas residuales (si existen procesos húmedos), al igual que los productos de reacción, deben ser neutralizados y encapsulados herméticamente y dispuestas en celdas dispuestas para tal fin.

Antes de efectuar la disposición final de las mismas, cuando sea necesario el encapsulamiento, deberá efectuar un análisis de TCLP, para comprobar que el encapsulamiento efectuado no lixivie.

En el informe de seguimiento enviado a la Autoridad Ambiental, se deberá entregar una relación de la cantidad de cenizas, lodos o productos dispuestos (en forma separada), el sitio de disposición y el convenio o contrato mediante el cual se hace la recolección y disposición, con los comprobantes de entrega y recibo de los mismos, así como los análisis realizados por pérdida por ignición. El transporte de las cenizas, mientras no se haya realizado el encapsulamiento se someterá a lo establecido en el Decreto MINTRANSPORTE 1609 de 2002 o la norma que lo modifique, complemente o sustituya.

No obstante, si mediante monitoreos y análisis establecidos por la Autoridad Ambiental competente, y realizados por el operador, se demuestra que los inquemados y/o cenizas volantes no tienen característica de residuo peligroso, estos podrán ser reutilizados, aprovechados, transportados y dispuestos directamente en rellenos sanitarios.”

8.2.7 Ubicación de plantas

Todas las plantas de tratamiento y eliminación térmica de residuos deben ubicarse de acuerdo al Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio.

8.2.8 Prohibición

Se prohíbe la implementación de plantas de tratamiento y eliminación térmica cuando las emisiones a generar afecten la calidad del aire existente, de tal forma que se superen los niveles límites de inmisión de dicha área.

8.3 GENERALIDADES

8.3.1 Definición

El tratamiento térmico de los residuos sólidos se efectúa mediante la óxido reducción de los reactantes, mediante el empleo de diversos insumos. Los productos finales pueden incluir de acuerdo al proceso específico: residuos sólidos como escorias, cenizas y material particulado, gas de síntesis, compuestos en fase gas como óxidos de nitrógeno (NO_x), dióxido de carbono (CO_2), monóxido de carbono (CO), compuestos orgánicos volátiles, gases ácidos, metales volátiles, vapor de agua y materiales combustibles gaseosos, líquidos y gaseosos.

Las operaciones básicas implicadas en el proceso son las siguientes:

- Pesaje de los residuos
- Descarga de los residuos sólidos desde vehículos de recogida en un foso de almacenamiento
- Cálculo de las tasas de alimentación de residuos al sistema
- Cargue de los residuos por lotes en el conducto de alimentación que dirige los residuos al reactor.
- Introducción de los residuos sólidos al reactor, donde son sometidos a reacción.
- Introducción de agentes oxidantes, reductores y ayudantes de proceso, los cuales permiten controlar la velocidad de óxido reducción y la temperatura del sistema.
- Transformación de los gases emitidos desde el reactor como resultado de la inestabilidad térmica de los residuos.
- Recuperación y utilización del calor generado por el proceso.
- Control y tratamiento de emisiones.
- Tratamiento de las escorias, cenizas y material particulado, vertimientos y residuos sólidos generados durante el proceso.

8.3.2 Localización de la planta de tratamiento y eliminación

Entre los criterios de localización que deben tenerse en cuenta están:

- Cumplimiento del POT.
- La planta debe ubicarse en una zona donde se disponga de la infraestructura vial necesaria para facilitar el acceso permanente a la misma.
- Es necesario localizar las plantas en lugares donde se puedan mantener zonas adecuadas de seguridad alrededor de la instalación. Para tal fin se recomienda la localización de las plantas en zonas o áreas de uso industrial, o en los alrededores de las ciudades.

- Las condiciones climatológicas, los factores ambientales y los factores socioeconómicos deben tenerse en cuenta como criterios importantes de localización para determinar las direcciones de dispersión de los contaminantes, los impactos que se van a generar sobre el ambiente y la salud de las personas y finalmente ver la factibilidad económica o no de localizar la planta en un determinado lugar. Se pueden utilizar los modelos de dispersión aprobados por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de América (US EPA *Appendix W, 40 CFR, Part 51*).

La localización de la planta en zona rural o urbana debe regirse por lo establecido en la Normativa específica.

8.3.3 Selección de los residuos a tratar y eliminar

De acuerdo con el esquema de clasificación de los residuos sólidos, los residuos que pueden ser aptos para tratamiento y eliminación térmica son:

- Residuos de comida y de jardín, sometidos de forma previa a procesos de estabilización.
- Productos celulósicos siempre y cuando no hayan sufrido un tratamiento previo en el cual se haya utilizado o incorporado algún tipo de sustancia tóxica.
- Residuos poliméricos, siempre que en su estructura no incorporen materiales halógenos.
- Residuos urbanos mezclados.

Los parámetros prioritarios que deben analizarse a los residuos son:

- Contenido de energía (poder calorífico de los residuos)
- Análisis de material volátil, carbón fijo, cenizas y punto de fusión de las cenizas
- Determinación de carbono, hidrógeno, nitrógeno, oxígeno, azufre y cenizas
- Contenido de humedad

8.3.4 Reducción de la cantidad de residuos

Como resultado del proceso, debe lograrse como mínimo una reducción en volumen de los residuos de mínimo el 90%.

8.3.5 Generación de calor

Debe realizarse un estudio técnico económico previo para ver la factibilidad de establecer un sistema de recuperación del calor producido por el proceso. Los parámetros técnicos importantes que deben tenerse en cuenta al realizar este tipo de estudios son fundamentalmente el contenido de humedad y el contenido de energía (poder calorífico).

8.3.6 Emisiones de los contaminantes del proceso

La altura mínima de la chimenea de la planta debe estar de acuerdo con lo establecido en la normativa.

Debe realizarse un análisis de riesgo para determinar los niveles máximos permisibles de emisión de contaminantes. Para la estimación de las emisiones se recomienda utilizar los factores de emisión de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de América (US EPA *Ap-42*).

Los valores de concentración de los diversos parámetros no deberán sobrepasar los establecidos en la Tabla F.8.1.

El cálculo de la concentración corregida a un contenido de 11% de Oxígeno en volumen, debe hacerse mediante la siguiente ecuación:

$$CC = CM * \frac{10\%}{21\% - Y} \quad (\text{F.8.2})$$

Donde:

CC: = concentración corregida, (mg/m³)

CM: = concentración media, (mg/m³)

Y: = concentración del oxígeno en la chimenea, (%)

Una vez definidos los niveles máximos permisibles, es obligatorio implementar, por parte del propietario de la planta, sistemas de remoción de material particulado, gases y vapores, si las concentraciones de las emisiones de la planta son mayores que los niveles máximos establecidos.

8.3.7 Residuos de la Planta

Las cenizas residuales, el material particulado del sistema de remoción y los gases residuales del sistema de remoción en forma de líquidos o sólidos deben ser eliminados, reutilizados o reciclados por el propietario de la planta mediante métodos avalados por la Autoridad Ambiental, de tal forma que no afecten al ambiente, los recursos naturales renovables ni la salud de las personas.

8.4 PLANTA DE TRATAMIENTO Y ELIMINACIÓN TÉRMICA

8.4.1 Parámetros de Operación

Los principales parámetros que deben tenerse en cuenta en el funcionamiento de la planta son:

8.4.1.1 Temperatura de los gases de reacción al interior del reactor

La temperatura de los gases de combustión debe ser como mínimo 850 °C, y como máximo el punto de fusión de las cenizas.

8.4.1.2 Tiempo de residencia de los gases de reacción

Para asegurar la transformación completa de los residuos, la planta debe trabajar con un tiempo como mínimo de residencia en la cámara de reacción, que para el caso de incineración es de al menos dos (2) segundos.

8.4.1.3 Combustible auxiliar

Toda planta debe equiparse con un sistema de suministro de combustible auxiliar (combustibles limpios como el gas natural o el gas propano sin azufre) para utilizarse en los siguientes casos:

- a) Cuando la temperatura de los gases de reacción sea inferior a la temperatura mínima requerida para lograr la transformación completa de los residuos.
- b) Durante la iniciación del proceso con el fin de alcanzar en el menor tiempo posible la temperatura mínima de reacción.
- c) Durante la finalización del proceso para asegurar que no quede ningún residuo sin transformación en la cámara de reacción.

8.4.2 Parámetros de diseño

Los principales parámetros que deben tenerse en cuenta en el diseño de la planta son:

8.4.2.1 Sistema de descarga y almacenamiento de los residuos

En el diseño y funcionamiento de este sistema deben tenerse en cuenta los siguientes aspectos:

- El volumen del tanque o foso de almacenamiento debe ser como mínimo, equivalente al volumen de residuos que la planta maneja en diez (10) días con el fin de darle un factor de seguridad a la planta para subsanar problemas de averías o detenciones de la misma.
- El foso o tanque de almacenamiento debe protegerse con un sistema impermeable para evitar el paso de lixiviados de los residuos al suelo o al subsuelo. De igual forma debe construirse una trampa de líquidos alrededor del foso, así como un sistema de recolección de lixiviados de los residuos almacenados.
- Es necesario que el foso o tanque de almacenamiento sea cerrado para evitar la mezcla del agua lluvia con los residuos y para evitar la fuga de olores y polvos provenientes de los residuos.
- Debe contarse con una buena red de agua y drenaje para limpieza de la fosa de almacenamiento y la plataforma de descargue de los residuos.
- El propietario de la planta debe diseñar un plan de contingencia para evitar los incendios y las explosiones ocasionales que puedan ocurrir en el tanque de almacenamiento.
- El área dispuesta para el foso de almacenamiento debe estar claramente demarcada y señalizada.

8.4.2.2 Sistema de entrada de los residuos

En el funcionamiento de este sistema se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Se recomienda utilizar un puente grúa o una cadena transportadora para cargar los residuos en el conducto de alimentación.
- Es necesario refrigerar el conducto de alimentación de residuos en su parte inferior para evitar que el calor irradiado por el horno destruya el material con el que está construido y para evitar que los residuos se sequen prematuramente y entren en ignición.

En el caso de utilizar un sistema de parrillas para la entrada de los residuos al reactor deben tenerse en cuenta los siguientes factores en la operación y selección de las mismas:

- a. El área que ocuparán las parrillas en la planta debe calcularse como la relación entre la masa por unidad de tiempo de residuos procesados dividido entre la masa por unidad de área y de tiempo de capacidad de las parrillas (kg/h de residuos quemados / $\text{kg/m}^2/\text{h}$ de capacidad de las parrillas). Para este último parámetro se recomienda utilizar un rango entre 240 y 340 $\text{kg/m}^2/\text{h}$ como el rango medio de capacidad de los diferentes tipos de parrillas.

- b. Aptitud de la capa de combustible incandescente para recibir y transformar una masa importante y variable de residuos.
- c. Aptitud de las parrillas para absorber el calor transmitido por radiación.
- d. Caudal, temperatura del aire y exceso del aire controlables.
- e. Tiempo de estancia controlable, según la naturaleza del combustible.
- f. Altura de la capa de residuos ajustable.
- g. Suministro controlable del combustible auxiliar.
- h. Refrigeración controlable de las cenizas.
- i. Temperatura ajustable de los humos a la entrada de las superficies de calentamiento, que trabajan por radiación.
- j. Aptitud de la cámara de reacción para funcionar sin perturbaciones.

Se recomienda el uso de alguno de los siguientes tipos de parrillas para un proceso efectivo:

- Parrillas de alimentación a impulsos horizontales (tipo Alberti)
- Parrillas retro (tipo Martín)
- Parrillas a tambores (tipo Durr)
- Parrillas a sectores basculantes (tipo Flinn)
- Parrilla Babcock & Wilcox
- Parrilla Combustion Engineering
- Parrillas Circulares

8.4.2.3 Sistema de entrada del aire al reactor

En el caso de utilizar un sistema de parrillas y que el sistema funciones con suministro de aire, se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Es necesario utilizar entre el 2 % y el 30 % del área ocupada por las parrillas en el reactor como el área de entrada de aire al reactor.
- Se requiere introducir aire desde la parte superior de las parrillas para proveer el sistema con la turbulencia necesaria y completar la reacción de gases volátiles.
- Se requiere introducir un rango entre el 25 % y el 100 % del aire total requerido para la reacción, desde la parte inferior de las parrillas para controlar el proceso de combustión, mantener las parrillas refrigeradas y evitar que haya una gran cantidad de material particulado en los gases que se emiten.

8.4.2.4 Cámara de reacción

En el funcionamiento de esta parte del sistema debe tenerse en cuenta los siguientes aspectos:

1. Debe controlarse la calidad de los ladrillos refractarios y aislantes empleados en la construcción de la cámara de reacción.
2. Los parámetros o propiedades de los ladrillos refractarios que deben tenerse en cuenta en la selección de los mismos para el buen funcionamiento de la cámara de reacción son:
 - a) Resistencia química
 - b) Dureza
 - c) Fuerza o resistencia física
 - d) Conductividad térmica
 - e) Porosidad
 - f) Características de expansión térmica

3. En la cámara de reacción es obligatorio controlar los siguientes aspectos, ya que pueden causar la destrucción de los ladrillos refractarios:
- Altas temperaturas
 - Choques térmicos
 - Abrasión
 - Excoriación
 - Astillamientos
 - Choques de los refractarios contra la llama

Se recomienda el uso de los tipos de ladrillos refractarios señalados en la Tabla F.8.2.

TABLA F.8.2. Tipos de Ladrillos Refractarios

TIPO DE LADRILLO REFRACTARIO	DENSIDAD (kg/m ³)	MÓDULO DE RUPTURA (kg/cm ²)
Plástico pegado con un 85 % de fosfato de aluminio	276	94
Plástico pegado con un 90 % de fosfato de aluminio	285	107
Ladrillos de arcillas inflamables super elaborados ⁷ (incinerados)	237	70

TIPO DE LADRILLO REFRACTARIO	DENSIDAD (kg/m ³)	MÓDULO DE RUPTURA (kg/cm ²)
Ladrillos pegados con un 75 % de fosfato de aluminio (incinerados)	280	98
Ladrillos pegados con un 85 % de fosfato de aluminio (incinerados)	295	246

8.4.2.5 Sistema de recuperación de calor

Si el estudio técnico económico que debe realizarse para ver la factibilidad de implementar un sistema de recuperación de calor muestra resultados positivos, es obligatoria la implementación del mismo.

En el funcionamiento e implementación de este sistema deben tenerse en cuenta los siguientes aspectos:

- La energía calorífica recuperada podrá ser utilizada en las instalaciones de la planta o cedida a terceros.
- En el caso que la energía térmica producida no sea utilizada en las propias instalaciones, o no sea cedida a terceros y tenga la capacidad de producir 0,5 MW, se debe utilizar para generación de energía eléctrica.
- Si se genera energía a partir del calor recuperado, debe medirse la eficiencia global de la conversión en términos de la tasa de calor, mediante la siguiente expresión:

$$\text{Tasa de calor (kJ/kWh)} = \frac{\text{Calor suministrado por los residuos (kJ)}}{\text{Energía generada (kWh)}} \quad \text{(F.8.3)}$$

⁷ Trabajo realizado con maquinaria industrial sofisticada.

4. El calor recuperado en forma de agua caliente puede ser utilizado para aplicaciones industriales o para calefacción.
5. El calor recuperado en forma de vapor se recomienda para calefacción y generación de energía.
6. Se recomienda la utilización de los siguientes sistemas para la recuperación del calor:
 - a) Cámara de reacción con pantalla de agua. Si se utiliza este sistema deben monitorearse, controlarse y tenerse en cuenta los siguientes aspectos:
 - Material de las paredes de la cámara de combustión
 - Temperaturas excesivas
 - Abrasión mecánica
 - b) Caldera de calor residual. Si se utiliza este sistema deben monitorearse, controlarse y tenerse en cuenta los siguientes aspectos:
 - Material de las paredes de la caldera
 - Cantidad de calor recuperado
 - Cantidad de vapor producido por cantidad de residuos incinerados
 - c) Utilización del calor residual. Si se utiliza el calor recuperado para generación de energía, se recomienda el empleo de alguno de los siguientes sistemas para tal fin:
 - Sistemas con turbina de vapor
 - Sistemas de generador con turbina de gas
 - Sistemas con motor de combustión interna
 - Sistemas de cogeneración

8.4.2.6 Sistema de remoción de partículas

En el funcionamiento, control e implementación de este sistema deben tenerse en cuenta los siguientes aspectos:

1. La eficiencia de remoción del sistema debe medirse mediante la siguiente expresión:

$$E = \frac{W_{\text{ENTRADA}} - W_{\text{SALIDA}}}{W_{\text{ENTRADA}}} * 100\% \quad (\text{F.8.4})$$

W_{ENTRADA} : peso a la entrada del contaminante

E: eficiencia de la remoción (%)

W_{SALIDA} : peso a la salida del contaminante

2. La eficiencia de remoción debe ser tal que cumpla la norma permisible de emisión de partículas establecida.
3. Las partículas finas menores de 10 micrones se pueden controlar utilizando alguno de los siguientes sistemas:
 - b) Precipitadores electrostáticos. En la utilización de este sistema deben tenerse en cuenta los siguientes aspectos:

- La eficiencia del sistema depende de las características de los gases de reacción (temperatura y humedad) y de la resistencia eléctrica de las partículas.
- Para un funcionamiento eficiente del sistema las partículas deben tener una resistividad entre 1×10^4 y 2×10^{10} ohm/cm.

c) Filtro de mangas. En la utilización de este sistema deben tenerse en cuenta parámetros de diseño como:

- El área
- El material
- Método de limpieza del filtro

Para utilizar con éxito este sistema es necesario utilizar filtros de materiales compatibles con el gas y las partículas.

d) Depuradores húmedos. En el uso de este sistema se requiere tratar el agua utilizada por el sistema para que cumpla con los requerimientos establecidos por las Autoridades Ambientales. Por otro lado, para el uso de este sistema es necesario contar con un sistema de suministro continuo de agua que cubra las cantidades que el equipo requiere.

4. Las partículas mayores de 10 micrones pueden controlarse utilizando alguno de los siguientes sistemas:

b) Separadores ciclónicos. Se recomienda el uso de este sistema para lograr una remoción a un bajo costo. Por otro lado, debe vaciarse la tolva sobre la cual caen las partículas removidas permanentemente.

c) Cámaras de sedimentación. Deben utilizarse áreas de terreno grandes para asegurar la remoción de las partículas más pequeñas.

8.4.2.7 Sistema de remoción de gases

En el funcionamiento, control e implementación de este sistema deben tenerse en cuenta los siguientes aspectos:

1. La eficiencia de remoción del sistema debe ser tal que cumpla con las normas de emisión establecidas antes para los gases. Dicha eficiencia debe medirse mediante la siguiente expresión:

$$E = \frac{C_{ENTRADA} - C_{SALIDA}}{C_{ENTRADA}} * 100\% \quad (\text{F.8.5})$$

$C_{ENTRADA}$: concentración a la entrada del contaminante (mg/m^3)

C_{SALIDA} : concentración a la salida del contaminante (mg/m^3)

E: eficiencia de la remoción (%)

2. Si se requiere controlar óxidos de nitrógeno debe hacerse mediante controles en la combustión y tratamiento de los gases de combustión. Los controles de combustión que deben utilizarse son:

- Recirculación del gas de combustión.
- Debe trabajarse con bajas cantidades de aire en exceso e incineración por etapas.

Las tecnologías que deben utilizarse para tratar los gases de combustión son:

- a) Reducción catalítica selectiva. En el funcionamiento adecuado de esta tecnología, es necesario tener en cuenta los siguientes aspectos:
 - Se inyecta amoníaco en los gases de chimenea, a una temperatura que debe estar entre 280 °C y 340 °C, para que se produzca la reacción catalítica.
 - Se pueden emplear como catalizadores metales como cobre, hierro, cromo, níquel, molibdeno, cobalto y vanadio en diversas formas (granulares, cilíndricas, mallas etc.)
 - Si los residuos a tratar y eliminar tienen un alto contenido de plomo y una alta producción de partículas, no se debe utilizar este sistema.
- b) Reducción no catalítica selectiva. Para el buen funcionamiento de la tecnología es necesario tener en cuenta los siguientes aspectos:
 - Se inyecta amoníaco al reactor a una temperatura entre 700 °C y 1.200 °C.
 - Se necesita inyectar hidrógeno gaseoso a una temperatura mínima del reactor de 870 °C.
 - Se debe controlar que la temperatura del reactor no supere los 1.200 °C para evitar la producción adicional de óxido nitroso.
 - Se recomienda la instalación de inyectores múltiples de pared en el reactor para el control de la temperatura.
3. Si se requiere controlar gases ácidos y óxidos de azufre, es necesario utilizar alguno de los siguientes métodos:
 - a) Separación en el origen. En la utilización de esta metodología deben tenerse en cuenta los siguientes aspectos:
 - Se puede utilizar para controlar las emisiones de ácido clorhídrico (HCl), dióxido de azufre (SO₂).
 - Deben separarse los residuos que contienen grandes cantidades de cloro y azufre.
 - b) Depuración húmeda. Es necesario tener en cuenta los siguientes aspectos para el uso de la metodología:
 - Se puede utilizar para controlar las emisiones de ácido clorhídrico (HCl), dióxido de azufre (SO₂) y ácido fluorhídrico (HF).
 - Debe controlarse el funcionamiento del intercambiador de calor ya que de este depende la eficacia de la operación de depuración.
 - c) Depuración seca. En el funcionamiento de la metodología deben tenerse en cuenta los siguientes aspectos:

- Se puede utilizar para controlar las emisiones de ácido clorhídrico (HCl), dióxido de azufre (SO₂) y ácido fluorhídrico (HF).
 - Se puede utilizar alguna de las dos (2) técnicas existentes de depuración seca que son:
 - El secado de rocío teniendo en cuenta que se debe controlar el bombeo de las disoluciones de cal y carbonato de sodio (Na₂CO₃) y utilizar el sistema en conjunto con un filtro de mangas para separar las partículas sólidas, así como las cenizas volantes,
 - Inyección en seco teniendo en cuenta que: Debe controlarse el rocío de la solución de cal en la cámara de reacción; es pertinente adicionar un agente aglomerante para ayudar a la coagulación de las partículas muy finas; se debe utilizar el sistema en conjunto con un filtro de mangas para separar las partículas sólidas, así como las cenizas volantes.
4. Si se requiere controlar hidrocarburos y monóxido de carbono, es necesario tener en cuenta los siguientes aspectos:
- a) Verificar continuamente que no haya sobrecarga de residuos en el reactor que generen un proceso incompleto de los mismos y, por lo tanto, la producción de contaminantes productos de reacciones parciales y secundarias.
 - b) Debe controlarse que el contenido de humedad en los residuos no sea demasiado alto, de modo que cause una disminución en la temperatura de reacción de los residuos y por tanto un proceso incompleto de los mismos.

El equilibrio de estos factores se recomienda llevarlo a cabo mediante la supervisión continua de las emisiones de los constituyentes del gas de reacción (CO, CO₂, NO_x, HC y O₂). Las lecturas de monóxido de carbono y oxígeno deben utilizarse para equilibrar las condiciones operativas y se pueden utilizar las lecturas de temperatura en el reactor para ayudar en el control.

5. Si se requiere controlar dioxinas, furanos y metales debe utilizarse alguna de las siguientes metodologías:
- a) Separación en origen. Es conveniente la separación de los residuos que tengan alto contenido de cloro y metales.
 - b) Controles de combustión. Para controlar las emisiones de dioxinas y furanos se recomienda trabajar con especificaciones adecuadas de temperatura y tiempo de residencia, siguiendo los lineamientos establecidos en la normativa. Otro aspecto que debe tenerse en cuenta en el uso de esta metodología es la utilización de los controles de reacción para el monóxido de carbono, presentados anteriormente como una herramienta de control de dioxinas y furanos.
 - c) Remoción. Debe usarse la(s) metodología(s) utilizada(s) para el control del dióxido de azufre.

8.4.2.8 Sistema de descarga y almacenamiento de cenizas residuales

En el diseño y funcionamiento de este sistema deben tenerse en cuenta los siguientes aspectos:

1. Debe diseñarse un foso de almacenamiento para recoger las cenizas residuales descargadas del proceso de tratamiento y eliminación cuyo volumen sea como mínimo equivalente al volumen de cenizas residuales producidas en una semana en la planta.
2. El foso de almacenamiento de las cenizas residuales debe ser cubierto para evitar la fuga de las cenizas residuales a la atmósfera, que puedan ser perjudiciales para los trabajadores de la planta y el ambiente circundante.
3. El foso diseñado debe protegerse con una membrana impermeable para evitar la entrada de agua (lluvia o subterránea) u otros líquidos al foso, o para evitar la salida de lixiviados, ya que bajo ciertas condiciones las cenizas se convierten en lixiviados. De igual forma debe construirse una trampa para recolectar líquidos alrededor del foso.
4. La zona de descarga y almacenamiento de cenizas residuales debe estar claramente demarcada y señalizada.

8.4.2.9 Chimenea

Para el adecuado funcionamiento y diseño de la chimenea deben tenerse en cuenta los siguientes aspectos:

1. La altura mínima de la chimenea de la planta debe estar acorde con lo establecido en la normativa.
2. Es obligatorio la instalación de plataformas o puntos de muestreo en la chimenea, los cuales deben ser suficientemente amplios, fáciles de transitar y haber sido acondicionados y elegidos de modo que garanticen mediciones representativas y confiables.
3. Debe verificarse y controlarse que la chimenea esté construida de láminas de acero no alineado, de láminas de acero alineado refractario o de materiales completamente refractarios. De igual forma es obligatorio que la chimenea tenga una doble pared para resistir los problemas de corrosión, resultado del proceso de condensación.
4. De acuerdo con la altura y el diámetro de la chimenea se puede calcular su tiro natural para permitir el movimiento de los gases a través de la cámara de reacción, según la siguiente relación:

$$D_T = 3.4 * 10^{-2} * P_b * H_S * \left(\frac{1}{T_0} - \frac{1}{T_S} \right) \quad (\text{F.7.6})$$

Donde:

D_T :	Tiro teórico (atm)
H_S	Altura de la chimenea (m)
P_b	Presión barométrica (atm)
T_0	Temperatura ambiente (K)
T_s	Temperatura media a la entrada de la chimenea (K)

8.4.3 Parámetros de control

Adicional al control que deben realizar los propietarios de las plantas establecidos en este Capítulo, deben tener en cuenta las siguientes consideraciones y el control a los siguientes parámetros o elementos para una adecuada operación:

1. Cantidad de los residuos. Debe controlarse el peso total y el volumen (la capacidad de los camiones que descarguen puede ser utilizada para este propósito) de los residuos recibidos durante cada turno, día o jornada de trabajo de la planta, incluido el número de cargas recibidas y la fuente y naturaleza de los residuos recibidos.

2. Calidad de los residuos. Debe controlarse la calidad de los residuos.
3. Temperatura de los gases de combustión. Es obligatorio controlar que este parámetro este dentro de los rangos establecidos con el fin de lograr la reacción completa de los residuos y evitar fallas en los equipos utilizados, que causen una detención en el funcionamiento de la planta.
4. Cantidad de aire utilizado en la combustión para el caso de la incineración. Es obligatorio controlar que la planta siempre trabaje bajo condiciones de aire en exceso con el fin de lograr la combustión completa de los residuos y evitar la producción de gases y sustancias indeseadas tales como monóxido de carbono (CO) e hidrocarburos (HC).
5. Presión dentro de la cámara de reacción. Es de vital importancia controlar este parámetro con el fin de evitar problemas operacionales (explosiones principalmente).
6. Cantidad de cenizas residuales. Debe registrarse la cantidad de cenizas producidas por la planta en intervalos de tiempo que no afecten las condiciones normales de operación de la planta. El registro debe incluir el porcentaje estimado de residuos no transformados en las cenizas.
7. Cantidad de agua utilizada. Debe registrarse la cantidad de agua utilizada por la planta en cada turno, día o jornada de trabajo para las labores de enfriamiento de las cenizas o para los procesos de depuración cuando estos se efectúen. Deben recogerse y analizarse muestras representativas de las aguas procesadas.
8. Energía generada y utilizada. Si la planta cuenta con un sistema de recuperación de calor debe registrarse y controlarse el calor generado y el utilizado en cada turno, día o jornada de trabajo. Si la planta produce vapor debe registrarse la cantidad producida, la calidad y las tasas de consumo del mismo, si se utiliza.
9. Combustible auxiliar. Deben registrarse y controlarse las cantidades de combustible utilizadas y el tipo de combustible auxiliar utilizado.
10. Funcionamiento del sistema de recuperación de calor. Debe controlarse que el uso de este sistema cumpla con los aspectos considerados en este Capítulo. El propietario de la planta debe controlar periódicamente el funcionamiento del sistema. Se recomienda realizar controles al sistema por lo menos una vez por trimestre en conjunto con los otros sistemas de la planta.
11. Funcionamiento del sistema de remoción de partículas. Debe controlarse que el uso de este sistema cumpla con los aspectos mostrados en este Capítulo. Debe controlarse periódicamente el funcionamiento del sistema, preferiblemente de forma trimestral, en conjunto con los otros sistemas de la planta.
12. Funcionamiento del sistema de remoción de gases. Debe controlarse que el uso de este sistema cumpla con los aspectos mostrados en este Capítulo. Se recomienda realizar controles en conjunto con los otros sistemas de la planta preferiblemente de forma trimestral.

8.5 MANEJO DE LOS RESIDUOS DEL TRATAMIENTO Y ELIMINACIÓN TÉRMICA

En el manejo de los residuos del proceso deben tenerse en cuenta las cenizas residuales (cenizas de fondo o escorias), las partículas residuales (cenizas volantes), los productos de tratamiento de emisiones y los vertimientos de aguas residuales.

8.5.1 Cenizas residuales (cenizas de fondo o escorias)

Las buenas prácticas de ingeniería que debe seguirse para el manejo de las cenizas residuales procedentes de los procesos se pueden resumir de la siguiente forma:

8.5.1.1 Análisis

Deben determinarse las características de las cenizas residuales, ya sea mediante la implementación en la planta de un laboratorio de análisis o análisis realizados en laboratorios acreditados. Así mismo, debe analizarse la cantidad de materia orgánica no quemada, que es una medida del rendimiento de la planta, mediante el índice de quemado de cenizas.

$$ABI = \left[1 - \frac{(A - B)}{A} \right] * 100\% \quad \text{(F.7.7)}$$

Donde:

ABI: Índice de quemado de las cenizas

A: Peso original de las muestras de ceniza (g)

B: Peso de las muestras de cenizas después de quemarlas en un horno mufla (g)

8.5.1.2 Manipulación

Deben manipularse correctamente las cenizas para que no se produzcan emisiones fugitivas de polvo.

8.5.1.3 Transporte

Los contenedores de los vehículos en que se transporten las cenizas deben estar cubiertos y ser a prueba de fugas.

8.5.1.4 Disposición

En la disposición deben tenerse en cuenta los siguientes aspectos:

1. Pueden disponerse las cenizas residuales en rellenos de seguridad o mediante su reutilización en procesos tales como el mantenimiento de diques, la construcción de capas base en las carreteras o en la fabricación de bloques de construcción.
2. Pueden recuperarse los metales y otros materiales a partir de las cenizas residuales mediante separación electromagnética, equipos que operen con corrientes electromagnéticas o cribado.
3. Debe valorarse el potencial de lixiviado en las cenizas, ya que bajo ciertas condiciones, al verter las cenizas a los rellenos, estas pueden lixiviarse a las aguas subterráneas y si contienen trazas de metales pesados y orgánicos pueden convertirse en un riesgo de contaminación y de impacto ambiental negativo.

8.5.2 Partículas residuales (cenizas volantes)

Para el manejo de las partículas residuales o cenizas volantes, deben tenerse en cuenta los siguientes aspectos:

8.5.2.1 Análisis

Deben determinarse las características de las partículas residuales o cenizas volantes, ya sea mediante la implementación en la planta de un laboratorio de análisis o análisis realizados en laboratorios certificados por las autoridades ambientales.

8.5.2.2 Manipulación

Como las cenizas volantes están compuestas por partículas micrónicas y submicrónicas deben manejarse con mucho cuidado para evitar emisiones fugitivas de polvo. Para tal fin deben separarse de los dispositivos de control de la contaminación atmosférica mediante bandas transportadoras automáticas.

8.5.2.3 Transporte

Los contenedores de los vehículos en que se transporten las cenizas deben estar cubiertos y ser a prueba de fugas.

8.5.2.4 Disposición

En la disposición deben utilizarse algunas de las siguientes metodologías:

1. Disposición de las cenizas volantes en rellenos de seguridad previamente encapsuladas o su reutilización en procesos como la fabricación de bloques de construcción al mezclar cenizas volantes con cenizas de fondo, cal hidratada y cemento Portland. Para este caso es necesario demostrar ante las Autoridades Ambientales que se tiene el mercado para estos materiales y que no se generan impactos negativos por su utilización.
2. Disposición en rellenos de seguridad cuando han sido previamente humedecidas, combinadas con cenizas residuales y encapsuladas.

8.5.3 Productos de depuración

El manejo de los lodos producidos en el proceso de depuración húmeda debe incluir la deshidratación para reducir el volumen de los mismos y la evacuación subsiguiente de los lodos en forma de un residuo sólido (se puede aplicar la misma metodología que para una ceniza residual) y del sobrenadante como un agua residual.

8.5.4 Vertimientos de aguas residuales

Los vertimientos de aguas residuales resultantes del proceso tienen varios orígenes y por lo tanto cada uno de estos debe manejarse de forma diferente.

8.5.4.1 Aguas residuales de la separación de cenizas

Deben analizarse con el fin de ver si cumplen con las normas de vertimiento a fuentes de agua o al alcantarillado. De lo contrario deben pre-tratarse antes de ser vertidas.

8.5.4.2 Efluente de la depuración húmeda

Los tratamientos que pueden hacerse a las aguas residuales de depuración húmeda son:

1. Neutralización
2. Precipitación
3. Sedimentación

8.5.4.3 Aguas residuales de sellado y mantenimiento en general

El agua utilizada para sellar y enfriar bombas y otros equipos, así como la utilizada para la limpieza de las zonas de descarga, debe sedimentarse antes de ser vertida a las alcantarillas o a

las fuentes de agua. Esto con el fin de eliminar el contenido de grasas, aceites y compuestos orgánicos presentes en éstas.

8.5.4.4 Aguas residuales de aguas de alimentación

El sistema típico de tratamiento de las aguas residuales resultantes de las aguas utilizadas en los sistemas de turbina de vapor, puede ser una combinación de las siguientes unidades:

1. Unidades de ablandamiento
2. Unidades de intercambio iónico
3. Unidades de precipitación
4. Unidades de ósmosis inversa

8.5.4.5 Purgas de torres enfriadoras

Si se utiliza un sistema de producción de energía con turbinas de vapor, el agua residual de las torres de enfriamiento (purga) debe pre-tratarse antes de ser vertida al sistema de alcantarillado o a una fuente hídrica, para reducir el alto contenido de sólidos disueltos, biocidas y sales de cromo típicos de estas aguas.

8.6 SEGURIDAD INDUSTRIAL Y SALUD OCUPACIONAL

Las plantas deben diseñarse, operarse y mantenerse de modo que protejan la salud y la seguridad del personal asociado a la operación de la planta.

8.6.1 Procedimientos de diseño y operación

Los procedimientos que deben aplicarse para el diseño y operación de la planta bajo unas condiciones adecuadas de seguridad industrial y salud ocupacional son:

1. La planta debe poseer un sistema completo de control de incendios.
2. Debe prestarse atención a la salud de los operadores de la planta y los vehículos a través de la provisión de mecanismos y dispositivos de seguridad.
3. La planta debe disponer de métodos y/o equipos para la movilización de personal herido.
4. Procedimientos detallados deben desarrollarse por parte de la gerencia de la planta para la atención de situaciones de emergencia, tales como fallas de energía, fallas en el suministro de agua y aire, daños, incendios y explosiones en los equipos, etc. Estos procedimientos deben darse a conocer a todo el personal, y fijarse en lugares visibles para que los empleen en el caso que se necesiten. Estos procedimientos deben actualizarse y revisarse periódicamente.
5. Las vías y áreas internas de la planta deben ser pavimentadas para evitar la producción de polvo.
6. Respiradores apropiados o aparatos de autocontención de la respiración deben localizarse en lugares visibles para los trabajadores en toda la planta. El personal de la planta debe verificar periódicamente que estos funcionen. De igual forma debe capacitarse a los empleados en el funcionamiento de este tipo de equipos y deben elaborarse sus respectivos manuales de funcionamiento.
7. Los propietarios de la planta deben entrenar al personal en prácticas de primeros auxilios y en procedimientos de emergencia.
8. El personal que labora en la planta debe dotarse con equipos de seguridad tales como botas de seguridad (con puntera reforzada), guantes, gafas de seguridad y casco.

9. El personal de la planta debe someterse a exámenes periódicos de control con el fin de evitar enfermedades infectocontagiosas o transmisibles así como ocupacionales.
10. Los propietarios de la planta deben identificar y controlar los riesgos físicos, químicos, biológicos, mecánicos, eléctricos, etc., relacionados con las actividades de la planta.
11. Es obligatorio establecer por parte de los propietarios de la planta regulaciones técnicas y administrativas destinadas a proteger, conservar y mejorar la salud de los trabajadores.
12. Debe elaborarse un manual de operación para la planta, donde se describan las tareas desarrolladas, los procedimientos de operación y las precauciones de seguridad para las diversas áreas de la planta. El manual debe estar a disposición del personal y debe escribirse de modo que sea entendible para cualquier nivel.
13. Deben establecerse señales audibles con el fin de alertar al personal de operación en una situación de emergencia.
14. Deben controlarse desviaciones peligrosas en las variables del proceso mediante la implementación de sistemas adecuados de instrumentación y control, además de buenas prácticas de operación y manejo.

8.7 MANTENIMIENTO

Las actividades de mantenimiento que se ejecuten en la planta para controlar y prevenir daños, o para corregir estos cuando se hayan producido, deben dividirse en actividades de mantenimiento predictivo, mantenimiento preventivo y mantenimiento correctivo.

El equipo humano o el personal encargado de realizar las actividades de mantenimiento deben estar conformados por personal responsable, con probada capacidad técnica, experiencia y conocimientos para cumplir con la labor de mantenimiento que permita que la planta tenga una mayor eficiencia y que los costos se vean reducidos.

Para el desarrollo de las actividades de mantenimiento deben tenerse en cuenta los siguientes aspectos:

1. Debe desarrollarse un manual de operación y mantenimiento, en lo posible para todas las partes, unidades, sistemas y equipos de la planta. El manual debe incluir los planos, las partes y el sistema de funcionamiento.
2. Deben asegurarse los recursos financieros necesarios para realizar las actividades de mantenimiento dentro del presupuesto de funcionamiento de la planta.
3. Debe establecerse un cronograma de mantenimiento preventivo anual para la planta de modo que se vea afectada lo menos posible la operación de la planta. Dicho cronograma debe establecer actividades de:
 - a. Limpieza de los sistemas de almacenamiento de residuos y cenizas de la planta, de la cámara de reacción, del sistema de entrada de los residuos al reactor, del sistema de remoción de partículas, del sistema de remoción de gases y del sistema de recuperación de calor.
 - b. Verificación del funcionamiento y control de los sistemas de almacenamiento de residuos y cenizas de la planta, de la cámara de reacción (principalmente el estado del material refractario), del sistema de entrada de los residuos al reactor, del sistema de remoción de partículas, del sistema de remoción de gases y del sistema de recuperación de calor. Dentro de las actividades de verificación y control que deben desarrollarse en cada uno de los sistemas están:

- Control de vibraciones y ruidos
 - Revisión de conexiones entre equipos
 - Actividades de lubricación y limpieza
 - Revisión de motores, compresores, etc.
 - Control y revisión de partes eléctricas
 - Control de fugas
 - Control de corrosión mediante aplicación de pinturas anticorrosivas o mediante la utilización de ánodos de sacrificio o corriente impresa
 - Revisión de instrumentos y controladores
 - Pruebas de aislamientos en motores, medidores, etc.
4. Debe capacitarse permanentemente al personal de mantenimiento de la planta por medio de personal de la misma planta o personal contratado para tal fin.
5. Deben establecerse procedimientos de operación alternos en la medida de lo posible, para cuando que haya necesidad de realizar mantenimiento, tanto preventivo como correctivo, se vea afectada lo menos posible la actividad de la planta.
6. Debe llevarse un registro de las actividades de mantenimiento realizadas, tanto preventivas como correctivas, que permitan hacer más eficiente la labor desarrollada. El registro de mantenimiento debe contener como mínimo los siguientes parámetros:
- Actividad desarrollada (mantenimiento preventivo o correctivo).
 - Unidad, equipo o sistema analizado.
 - Problemas encontrados. (Si los hay o no).
 - Acciones desarrolladas. (Arreglos, cambios de partes, etc.)
 - Tiempo empleado.
 - Conclusiones y recomendaciones si las hay.
7. Debe contarse con una cantidad suficiente de materiales en bodega, herramientas, etc. para poder llevar a cabo las operaciones de mantenimiento dentro de la planta. Para tal fin, se exigirá:
- Tener un inventario detallado de las existencias de equipos, herramientas, materiales y todos los elementos que se encuentren en la bodega de almacenamiento.
 - Una señalización adecuada en la bodega que permita ubicar fácilmente lo que se necesite usar.
 - Personal responsable a cargo de estos elementos.
 - Tener un control de entradas y salidas de los elementos utilizados día a día.
 - Mantener al día las solicitudes de elementos a medida que estos se vayan utilizando.

¥