



**ANTEPROYECTO Y EVALUACION MEDIOAMBIENTAL  
DE LA  
SOLUCION INTEGRAL  
DE LOS  
RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES  
DE LA  
CIUDAD DEL CARMEN  
(MEXICO)**

**CONSULTOR  
BENITO FERNANDEZ GONZALEZ  
INGENIERO DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS**



**FILE COPY**  
V31.6.

**E34**

**DIRECCION**

**BENITO FERNÁNDEZ GONZÁLEZ**  
*Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos*

**TECNICOS**

**ADOLFO PÉREZ LUIÑA**  
*Doctor en Ciencias Químicas*

**CARMENA NIETO OLANO**  
*Doctora en Ciencias Biológicas*

**JOSÉ ANGEL GONZÁLEZ PARGA**  
*Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos*

**DISEÑO GRAFICO**

**ANTONIO MARTÍNEZ NEIRA**  
*Graduado en Artes Aplicadas*

**DELINEACION**

**ANGEL PAZ MEDIAVILLA**

**SECRETARIA**

**PILAR FERNÁNDEZ PIÑEIRO**

**FOTOCOMPOSICIÓN**

**EDIPRIX**

**EDICIÓN**

**COPY-ESTUDIO S.L.**

Santiago de Compostela

Galicia

España

Junio 1993



**ANTEPROYECTO Y EVALUACION MEDIOAMBIENTAL**  
**DE LA**  
**SOLUCION INTEGRAL**  
**DE LOS**  
**RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES**  
**DE LA**  
**CIUDAD DEL CARMEN**  
**(MEXICO)**

**CONSULTOR**  
**BENITO FERNANDEZ GONZALEZ**  
**INGENIERO DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS**



## **INDICE**

### **SINTESIS DE LAS CARACTERISTICAS DEL ANTEPROYECTO**

#### **I- M E M O R I A**

##### **CAPITULO 0.- INTRODUCCION**

- 0.1. ANTECEDENTES
- 0.2. BASES Y CONTENIDOS DEL ESTUDIO
- 0.3. NORMATIVA DE APLICACION

##### **CAPITULO 1.- INFORMACION GENERAL**

- 1.1. LOCALIZACION
- 1.2. CLIMA
- 1.3. TOPOGRAFIA, EDAFOLOGIA, HIDROLOGIA
- 1.4. POBLACION ACTUAL Y TENDENCIAS DE CRECIMIENTO

##### **CAPITULO 2.- INFORMACION Y GESTION ACTUAL DE LOS R.S. MUNICIPALES**

- 2.1. INFORMACION PREVIA
- 2.2. ALMACENAMIENTO DE LOS R.S. PARA SU RECOLECCION
- 2.3. RECOLECCION Y TRANSPORTE
- 2.4. DISPOSICION FINAL
- 2.5. CONCLUSIONES
- 2.6. ENCUESTA Y REPORTAJE FOTOGRAFICO

**CAPITULO 3.- PROPUESTA PARA UNA SOLUCION INTEGRAL Y MEJORA DEL SISTEMA ACTUAL DE GESTION**

- 3.1. HIPOTESIS DE PARTIDA
  - 3.1.1. Principios considerados.
  - 3.1.2. Aspectos sanitarios.
  - 3.1.3. Objetivos del proyecto.
  - 3.1.4. Estimación de la generación de residuos para el año horizonte.
- 3.2. SISTEMA DE ALMACENAMIENTO (Contenedores)
- 3.3. RECOLECCION Y TRANSPORTE
- 3.4. ELECCION DEL TRATAMIENTO Y DISPOSICION FINAL DE LOS R.S.M.
  - 3.4.1. Análisis de las alternativas de la disposición final.
  - 3.4.2. Pepena.
  - 3.4.3. Solución propuesta.
    - 3.4.3.1. Ubicación
    - 3.4.3.2. Capacidad
    - 3.4.3.3. Acondicionamiento del lugar
    - 3.4.3.4. Operación del relleno
    - 3.4.3.5. Labores complementarias y controles.
    - 3.4.3.6. Medios materiales y humanos.
- 3.5. CLAUSURA DEL TIRADERO ACTUAL
- 3.6. RESIDUOS ESPECIALES
  - 3.6.1. Hospitalarios
  - 3.6.2. Otros residuos
- 3.7. CAMPAÑA DE CONCIENTIZACION CIUDADANA

**CAPITULO 4.- COSTOS DE LA INVERSION DE LA SOLUCION INTEGRAL**

- 4.1. OBRA CIVIL.
- 4.2. OPCION PEPENA
- 4.3. OPERACION, RELLENO SANITARIO PACAS ALTA DENSIDAD
- 4.4. OPCION RELLENO SANITARIO MEDIA DENSIDAD

**CAPITULO 5.- MANIFESTACION DE IMPACTO AMBIENTAL**

**II.- PLANOS**

- 1.- LOCALIZACION
- 2.- SITUACION
- 3.- UBICACION
- 4.- PLAN MUNICIPAL DE DESARROLLO URBANO. USOS DEL SUELO.
- 5.- DISEÑO DEL TRATAMIENTO Y LA DISPOSICION FINAL DE LOS RESIDUOS
  - 5.1.- Planta General.
  - 5.2.- Planta zona de servicio.
  - 5.3.- Secciones.

### **III.- ANEXOS**

- 1.- MANIFESTACION DE IMPACTO AMBIENTAL.**
- 2.- SISTEMA DE ALMACENAMIENTO (CONTENEDORES)**
- 3.- RECOLECCION Y TRANSPORTE.**
- 4.- RECOLECCIONES ESPECIALES.**
- 5.- ANALISIS DE ALTERNATIVAS DEL TRATAMIENTO Y DISPOSICION FINAL DE LOS R.S.M.**
- 6.- RELLENO SANITARIO.**
- 6 bis. RELLENO SANITARIO DE PACAS DE ALTA DENSIDAD.**
- 7.- ELIMINACION DE RESIDUOS HOSPITALARIOS.**
- 8.- CAMPAÑA DE CONCIENTIZACION CIUDADANA.**

SINTESIS DE LAS CARACTERISTICAS  
DEL ANTEPROYECTO

## **SINTESIS DE LAS CARACTERISTICAS DEL ANTEPROYECTO**

- **DATOS GENERALES**
- **DATOS OPERACIONALES**
- **EVALUACION AMBIENTAL**
- **Solución Integral, Cuadro I.**
- **Resumen impactos - Medidas atenuantes, Cuadro II.**

# SINTESIS DE LAS CARACTERISTICAS DEL ANTEPROYECTO

## DATOS GENERALES:

### I.- POBLACION:

ACTUAL	190.000
TASA DE CRECIMIENTO ANUAL:	3,31 %
AÑO HORIZONTE (2013)	315.780

### II.- GENERACION DE RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES:

Kgr/hab./día	Tn/día	Tn/año
0,7	133	48.545

Tasa de crecimiento anual 1,5 %

## DATOS OPERACIONALES:

### I.- ALMACENAMIENTO:

Sistema actual: ..... Tambos de 200 l

Sistema propuesto: ..... Contenerización

Medios materiales:

Actuales	Propuestos
Tambos	1.463 contenedores de 1.000 l. 1 vehículo lavacontenedores de 7.000+7.000 l. 2 vehículos de mantenimiento.

Medios humanos propuestos: - 1 vigilante.  
- 3 choferes.  
- 3 operarios.

### II.- RECOLECCION Y TRANSPORTE

Sistema actual: ..... "puerta a puerta".

Sistema propuesto: ..... recolección vehículos compactadores con elevacontenedores.

Medios Materiales:

Actual	Estado	Propuesto	Origen
7 camiones compactadores de 7,5 m <sup>3</sup> .	Bien	7 compactadoras de 7,5 m <sup>3</sup> .	Existentes
4 camiones de volteo de 4 m <sup>3</sup> .	Malo	5 compactadores de 16 m <sup>3</sup> .	Nuevos
6 camiones retilos de 14 yd <sup>3</sup> .	Regular	2 compactadores de 4 m <sup>3</sup> .	Nuevos

Medios Humanos propuestos: 14 choferes  
28 peones

### III.- DISPOSICION FINAL

Sistema actual: ..... Apertura de zanjas y relleno

Asentamientos poblaciones próximos: ..... No

Popenadores: ..... 200

Sistema propuesto: Relleno sanitario con pacas de alta densidad

Superficie disponible: ..... 15 Ha.

Superficie necesaria 20 años: ..... 15 Ha.

Medios Materiales propuestos: ..... 1 Dumper de 12 m<sup>3</sup>.  
1 Retroexcavadora de más de 120 C.V.  
1 Tolva de descarga, cintas y tromel  
1 Planta empacadora  
3 Carretillas  
3 Plataformas remolque

Medios Humanos propuestos: ..... 1 jefe de relleno  
4 operarios de máquina  
2 operarios mecánicos - maquinistas  
2 vigilantes basculeros  
1 velador.  
4 ayudantes mecánicos

**IV.- ALMACENAMIENTO, RECOLECCION Y ELIMINACION DE RESIDUOS HOSPITALARIOS:**

ACTUAL: En los R.S.M. sin manejo y operación especial

- . Nº de camas: ..... 180
- . Tn generadas grupo III ..... 45 Tn/año

PROPUESTO:

- . Almacenamiento y recolección: ..... Contenedores y vehículos especiales.
- . Eliminación: ..... Celda especial en relleno sanitario.

**V.- RESUMEN MEDIOS HUMANOS:**

	ACTUAL	PROPUESTO
Almacenamiento	Sin datos	7
Recolección y transporte	Sin datos	42
Disposición final	Sin datos	14
Dirección y Administración	Sin datos	15
<b>TOTAL</b>	<b>155</b>	<b>6678</b>

**VI.- RESUMEN DE COSTOS en \$N : SOLUCION PROPUESTA**

**A) INVERSION**

- Estudios ..... 741.000
- Obra Civil disposición final ..... 15.314.750
- Equipos
  - . Contenerización: ..... 1.779.825
  - . Camiones recolectores ..... 2.140.000
  - . Disposición final relleno pacas alta densidad: 5.120.000
- TOTAL** ..... 25.095.575
- Incremento con pepena
  - . Equipos: ..... 580.000

**TOTAL INVERSION CON PEPENA ..... 25.675.575**

**B.- OPERACIÓN (\$N/AÑO)**

**B.1.- Global**

- . Contenerización ..... 362.241
- . Camiones recolectores ..... 1.293.925
- . Disposición final rellenos pacasalta densidad ..... 459.600

**B.2.- Por Tn.**

- . Contenerización: ..... 7,47
- . Camiones recolectores ..... 26,65
- . Disposición final Relleno media densidad: ..... 9,47

**TOTAL** ..... 43,59

Incremento con pepena: ..... 2,06

**TOTAL OPERACION CON PEPENA ..... 45,65**

**EVALUACIÓN AMBIENTAL: SOLUCIÓN PROPUESTA. CUADRO I**

ACTIVIDAD	SITUACIÓN ACTUAL	PROPUESTA SOLUCIÓN INTEGRAL
<p>ALMACENAJE</p>	<p>Depósitos abiertos Insuficiente Distribución anárquica</p>	<p>Contenerización Recipientes homogéneos Cerrados Bien ubicados</p>
<p>RECOLECCIÓN</p>	<p>Camiones caja abierta Insuficiente Irregular - Descontrolada</p>	<p>Ordenada Limpia Automatizada Vaciado y lavado de contenedores Carga trasera en el camión</p>
<p>TRANSPORTE</p>	<p>Insuficiente Pérdida de material Desordenado</p>	<p>Camión compactador Transporte directo Control hora de carga Control horas de descarga</p>
<p>DISPOSICIÓN FINAL</p>	<p>Pepena "in situ" Tiradero Descontrolado</p>	<p>Impermeabilización Cierre perimetral Zona de descarga - Cinta transportadora Pepena y recuperación de subproductos Relleno sanitario</p>
<p>RESTAURACIÓN</p>	<p>Ninguna Abandono</p>	<p>Ocultamiento total en operación Restitución de paisaje Restauración Uso posterior</p>

IMPACTOS NEGATIVOS DIRECTOS		C. DEL CARMEN					MEDIDAS ATENUANTES	
		Almacenaje	Recolección	Transporte	Deposición final	Restauración		
BASURA ABANDONADA EN CALLES Y OBSTRUCCIÓN DE DRENAJES		●					SERVICIO COMPLETO DE ALMACENAMIENTO EN CONTENEDOR	
DEGRADACIÓN ESTÉTICA Y FALTA DE ASIO URBANO		●					CONTENEDORES HOMOGÉNEOS CERRADOS	
MALOS OLORES Y RECIPIENTES ABIERTOS		●					CONT. HOMOGÉNEOS CERRADOS + LAVADO DE CONTENEDORES	
PROLIFERACIÓN DE VECTORES: INSECTOS, RATAS...		●					CONT. HOMOGÉNEOS CERRADOS: DISP. FINAL RILLENOS SANITARIOS	
MALA UBICACIÓN DE RECIPIENTES		●					DISTRIBUCIÓN ORDENADA ACORDIA A LA GENERACIÓN	
FALTA DE COOPERACIÓN DE LOS RESIDENTES		●					CAMPAÑA DE CONCIENTIZACIÓN AMBIENTAL. ESTUDIAR EL COMPORTAMIENTO SOCIOCULTURAL.	
BASURA ESPARCIDA		●	●	●			EDUCAR A LOS RESIDENTES A MITER LA BASURA EN BOLSAS	
LEVANTAMIENTO DE POLVO EN LA DESCARGA		●	●	●			RECOLECCIÓN AUTOMÁTICA, VACIADO INTERNA DESCARGA	
ACCIDENTES LABORALES Y LESIONES AL LLEVANTAR CONTENEDORES PISAJOS		●	●	●			CARGA TRASERA AUTOMÁTICA Y CONTENEDORES CON RUEDAS	
BASURAS ESPARCIDAS EN CAMINOS		●	●	●			CAMIONES DE CAJA CERRADA	
PROBLEMAS DE TRÁFICO		●	●	●			ACCESO DIRECTO	
RIESGOS OCUPACIONALES SI LOS R.M. NO SE MANTIENEN DEBIDAMENTE		●	●	●			CONTENEDORES ESPECIALES CERRADOS HERMÉTICO	
OBSTACULIZACIÓN DE RECUPERACIÓN DE SUBPRODUCTOS PEPEÑEO		●	●	●			ZONA DE RECUPERACIÓN DE SUBPRODUCTOS DESDE UNA BANDA TRANSPORTADORA	
CONTAMINACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS		●	●	●			IMPERMEABILIZACIÓN, REDIRECCIÓN Y TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS	
CONTAMINACIÓN DE AGUAS DE ESCORRENTÍA Y SUPERFICIALES		●	●	●			CANALES PERIMETRALES Y FOSAS DE DECANFACIÓN	
EXPLOSIONES E INCENDIOS		●	●	●			CUBIERTAS DE GASES COMBUSTIBLES Y ANTORCHAS CONTROLABLES	
PÉRDIDA DE FAUNA Y FLORA		●	●	●			REVEGETACIÓN Y RECUPERACIÓN DE HÁBITATS	
CONTAMINACIÓN Y PÉRDIDA DE SUELOS		●	●	●			CUBRICIÓN CON TIERRA VEGETAL	
CONTAMINACIÓN DEL AIRE: HUMOS, MALOS OLORES		●	●	●			CUBRICIÓN, COMPACTACIÓN DE BASURA, CONTROL DE SALIDA DE GASES	
DETERIORO DEL PAISAJE		●	●	●			RESTAURACIÓN Y ASIGNACIÓN DE USO FINAL	
IMPACTOS NEGATIVOS INDIRECTOS		C. DEL CARMEN					MEDIDAS ATENUANTES	
		Almacenaje	Recolección	Transporte	Deposición final	Restauración		
DISMINUCIÓN DE ORGULLO CÍVICO POR DETERIORO AMBIENTAL		●	●	●	●	●	CAMPAÑA DE EDUCACIÓN AMBIENTAL	
PÉRDIDA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DEL TURISMO		●	●	●	●	●	PROPORCIONAR SERVICIOS ADECUADOS	
DISPERDICIO DE RENTAS MUNICIPALES		●	●	●	●	●	CONTROLAR EL SISTEMA OPERACIONAL	
OPOSICIÓN PÚBLICA A LAS INSTALACIONES PROPUESTAS		●	●	●	●	●	ASEGURAR LA OPERACIÓN ADECUADA A LAS INSTALACIONES	
AUMENTO DE DESPUEBRO COMERCIAL PARA TRATAR LOS RESIDUOS INDUSTRIALES Y AUMENTO DEL CONSUMO ENERGÉTICO		●	●	●	●	●	FACILITAR LA SEGREGACIÓN DE SUBPRODUCTOS	

I - MEMORIA

I - MEMORIA

CAPITULO - 0  
INTRODUCCION

## **CAPITULO 0.- INTRODUCCION**

### **0.1. ANTECEDENTES**

El PROGRAMA DE 100 CIUDADES, elaborado por SEDESOL, en septiembre de 1.992, plantea entre otros el OBJETIVO de mejorar e incrementar el manejo, (recolección, almacenamiento y transporte) tratamiento y disposición final de los residuos sólidos municipales.

Para ello, incluye el PROGRAMA DE ASPECTOS AMBIENTALES, uno de cuyos tres componentes, es el específico de MANEJO DE RESIDUOS SOLIDOS.

Este Programa, marca una estrategia basada entre otros, en los siguientes lineamientos de acción:

- Instalar sistemas eficaces de recuperación de materiales reciclables y de tratamiento de basura.
- Localizar sitios aptos para disposición final, de preferencia rellenos sanitarios, que garanticen condiciones ambientales adecuadas.

La toma de conciencia del problema por parte del Gobierno de México, es la decisión de elaborar los Anteproyectos y Evaluación Medioambiental de la Solución Integral de los residuos sólidos municipales de determinadas ciudades incluídas en el Segundo Proyecto de Residuos Sólidos y en el Plan Integral Ambiental Fronterizo, sirviendo de base a una posible financiación del Banco Mundial. Los Consultores de este trabajo han recibido el encargo del citado Banco, de elaborar estos Anteproyectos para siete de las ciudades, del programa de las 100, que son las siguientes:

- Ciudad del Carmen.
- Matamoros.
- Monclova.
- Queretano.
- Reynosa.
- Tijuana.
- Torreón.

Estos Anteproyectos están encaminados a promover una solución integral y definitiva al problema de Recolección, Transporte y Disposición final de los Residuos sólidos Municipales, con el objeto de proporcionar una solución apropiada y eficiente a la recolección, conseguir un transporte económico y efectivo, y definir una eliminación ecológicamente segura, técnicamente viable y de bajo costo.

## 0.2.BASES Y CONTENIDO DEL ESTUDIO

El objetivo fundamental de estos Anteproyectos es la de prevenir, controlar y resolver la contaminación ambiental que puede producirse en la recolección, almacenamiento, transporte, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos municipales, para lo cual deberán:

- 1.- Definir la recolección y almacenamiento indicando cual es el sistema más apropiado y efectivo, teniendo en cuenta las características geográficas, urbanísticas y sociales de la ciudad.
- 2.- Conseguir un transporte económico y efectivo hasta el punto de disposición final, indicando, cuales serían los medios más adecuados para el mismo.

- 3.- Estudiar y definir el sistema de tratamiento y disposición final mejor, teniendo presente que la solución sea ecológicamente segura, técnicamente viable y económicamente aceptable para los ciudadanos.

Todo ello, siguiendo los criterios y objetivos establecidos en el Manual de Operación de SEDESOL, para el PROGRAMA DE MANEJO DE RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES, de los que destacamos los siguientes lineamientos de acción:

- Promover la implantación de tecnología apropiadas para el tratamiento de los residuos sólidos.
- Impulsar la reutilización de los subproductos de la basura, mediante el reciclaje, reduciendo los volúmenes a disponer en los rellenos sanitarios, incrementando así la vida útil de éstos.

Específicamente además, se tendrán en cuenta las bases emanadas de los acuerdos tomados entre SEDESOL, EL BANCO MUNDIAL y los CONSULTORES, que se señalan a continuación:

- 1.- Los Anteproyectos deberán contener un Estudio de Impacto Ambiental, el cual debe de estar acorde con los lineamientos de la SEDESOL y del Banco Mundial. Este servirá para el Proyecto Ejecutivo, siempre y cuando no haya cambios sustanciales al Anteproyecto.
- 2.- En los Estudios y Anteproyectos se tomarán como emplazamientos de la disposición final los fijados en los planos de desarrollo municipal, cuando existan.

- 3.- Los sistemas de disposición final mediante relleno sanitario se diseñarán, para una vida útil de 10 años, pero los terrenos previstos deberán permitir su ampliación a 20.
- 4.- Los consultores remitirán a SEDESOL las estimaciones de los costos de inversión y operación y mantenimiento del sistema para la preparación del plan financiero y de la estimación de la estructura de tarifas.
- 5.- Los estudios y Anteproyectos contemplarán la Infraestructura y forma General de Operación destinada a permitir el trabajo de la pepena en una forma aceptable, siempre y cuando sea factible; no así la parte Legal y Administrativa.
- 6.- Los anteproyectos incluirán un Análisis de Alternativas, en el que se deberán identificar las opciones disponibles. Los posibles impactos ambientales de estas alternativas deberán ser incorporados en el análisis.
- 7.- Los Estudios del Relleno Sanitario estarán basados en la cartografía existente, principalmente en el INEGI. Para la estimación de la profundidad del manto freático se utilizará información de CNA.
- 8.- Los anteproyectos incluirán una estimación de la infraestructura y costo requerida para la recolección y eliminación de los Residuos Hospitalarios, mediante las alternativas de incineración, y/o esterilización si procede, o de disposición en celdas especiales dentro del relleno sanitario.
- 9.- El análisis y anteproyecto de la Recolección y Transporte incluirá las zonas marginales.
- 10.- En todos los estudios se deberá incluir el cierre (clausura) de los tiraderos actuales y de los rellenos sanitarios en los que sea esto necesario por razones de capacidad o medioambientales.
- 11.- En todos los casos de la disposición final se incluirá el tratamiento y el monitoreo de los lixiviados, tanto desde el punto de vista constructivo, como de operación.
- 12.- El costo de las adquisiciones de equipo que se incluyan en los anteproyectos se evaluará sobre la base de material nuevo, nunca de segunda mano, aunque en el análisis de las inversiones se deberá evaluar la posibilidad y conveniencia de proceder a la utilización y/o rehabilitación de instalaciones y equipos existentes. Los equipos de almacenamiento y recolección se diseñarán para la población actual.
- 13.- El presupuesto incluirá además:
  - a) Preevisión importe adquisición terrenos.
  - b) Costo de estudios: almacenamiento y recolección, topografía, hidrología, geología, geotécnia, etc.
  - c) Honorarios de redacción de los proyectos ejecutivos de las obras del relleno sanitario y de supervisión de las mismas.
  - d) Instalación de oficinas y talleres para mantenimiento.
  - e) Caminos de acceso.
  - f) Medidas atenuantes del Impacto Ambiental.
- 14.- El nivel freático de las zonas disponibles para la situación del relleno sanitario en Ciudad del Carmen se encuentra cerca de la superficie. Por esta razón, la disposición final se situará sobre el actual relleno, que se sellará mediante lámina

de polietileno de alta densidad. La opción seleccionada para la disposición final se basará en la compactación de los residuos, mediante prensas, en pacas antes de su apilado.

El contenido del Anteproyecto a título meramente enunciativo será el siguiente:

- a) Información General.
- b) Análisis de la Operación actual de los R.S. Municipales.
- c) Análisis de alternativas posibles.
- d) Solución propuesta para el almacenamiento, la recolección, transporte, tratamiento y disposición final.
- e) Costos de Inversión de la Solución Integral.
- f) Manifestación de Impacto Ambiental.
- g) Planos.
- h) Anexos.

### 0.3. NORMATIVA DE APLICACION

#### a) De carácter general

La base normativa está constituida por los reformados artículos 27 y 73 fracción XXIX-G de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos y por la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, que ha sido desarrollada por algunos Estados y, en última instancia, por los municipios en sus reglamentos de limpieza.

La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (art. 115) otorga al municipio la potestad para crear, transformar y prestar servicios. Este artículo 115, en su fracción III, establece como responsabilidad exclusiva de los municipios, entre otros, el servicio de limpia pública. Conforme al artículo 166, es

facultad de los Estados de la Federación el celebrar convenios con sus municipios, para que asuman la prestación de los servicios públicos cuando el desarrollo económico y social lo haga necesario.

Estos principios constitucionales, han sido desarrollados, por la "Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección del Medio Ambiente", que en su artículo 137, establece la competencia de los estados o municipios para autorizar el funcionamiento de los sistemas de recolección, almacenamiento, transporte, alojamiento, reuso, incineración, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos municipales, ajustándose a las Normas técnicas ecológicas que para tal efecto expide la SEDESOL.

El Art. 138, faculta a la Secretaría para promover la celebración de acuerdos de coordinación y asesoría para implantar y mejorar sistemas de recolección, tratamiento y disposición final de residuos sólidos municipales e identificar las alternativas de reutilización y disposición final.

En la actualidad SEDESOL, de acuerdo con lo establecido en los Artículos 160 y 161, está preparando las normas técnicas ecológicas correspondientes, para llenar el actual vacío normativo.

Además se deberá tener en cuenta la normatividad establecida por la Ley General de Obras Públicas vigente.

#### b) De carácter particular

Se trata de Normas técnicas a nivel de Instrucción o Circular redactadas por la extinta SEDUE, hoy SEDESOL.

Para este anteproyecto, sólo se ha tenido en cuenta la NTE-CRM-001/90, referente a las condiciones que debe reunir el sitio destinado a relleno sanitario, con las aclaraciones de las reuniones SEDESOL - BANCO MUNDIAL - CONSULTORES.

Para la redacción del proyecto constructivo, es obvio que deberán tenerse en cuenta todas las Normas técnicas de SEDESOL, entre las que destacamos:

NTRS-1.- Diagnóstico Sólidos-Terminología.

NTRS-2.- Diagnóstico de generación de basura.

NTRS-3.- Muestreo - Método aleatorio de cuarteo.

NTRS-4.- Determinación de peso volumétrico "in situ".

NTRS-5.- Selección y cuantificación de subproducto.

CAPITULO - 1  
INFORMACION GENERAL

## **CAPITULO 1.- INFORMACION GENERAL**

### **1.1. LOCALIZACION**

La Ciudad del Carmen se encuentra en la Isla del Carmen, situada en la parte Oeste de la misma y pertenece al Estado de Campeche.

La Ciudad del Carmen está ubicada a 91°50' de longitud Oeste y 18°39' de latitud Norte y se encuentra al nivel del mar.

### **1.2. CLIMA**

La Ciudad del Carmen tiene una precipitación media anual de unos 300 mm. Las medias máximas rondan los 400 mm. y las medias mínimas los 200 mm. aproximadamente.

Las temperaturas medias oscilan entre los 29°C y los 17°C.

### **1.3. TOPOGRAFIA, EDAFOLOGIA, HIDROLOGIA**

La Ciudad del Carmen, está ubicada en un terreno llano; el nivel freático se encuentra poco profundo, entre 0,5 y 1,5 m., por lo cual aflora el agua con gran facilidad.

El tipo de suelo es Regosol calcárico.

#### 1.4. POBLACION ACTUAL Y TENDENCIAS DE CRECIMIENTO

La población actual de la Ciudad del Carmen es de 190.000 habitantes.

Entre 1.990 y 1.993 el promedio anual de la tasa de crecimiento ha sido de 4,42%.

Teniendo en cuenta las características industriales y socioeconómicas de la Ciudad, podemos estimar una tasa de crecimiento promedio anual hasta el año horizonte del 3,31%.

CAPITULO - 2  
INFORMACION Y GESTION ACTUAL  
DE LOS R. S. MUNICIPALES

## **2. INFORMACION Y GESTION ACTUAL DE LOS RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES**

### **2.1.- INFORMACION PREVIA**

En los apartados o capítulos siguientes, se suministra una información general sobre la gestión actual de los Residuos Sólidos Municipales (R.S.M.) en la ciudad del Carmen en todo lo referente a generación, recolección, transporte y disposición final. Esta información se obtuvo a partir de observaciones directas, visuales y fotográficas y, sobre todo, a través de entrevistas con las siguientes autoridades municipales:

Director de Obras Públicas: Ing. Jorge González Castañón.

Subdirector de O. Públicas: Ing. Víctor Manuel Reyes Acosta.

Encargado de los servicios Municipales: D. Víctor Manuel Reyes.

Encargado Departamento de limpieza: D. Roberto Notario Luna.

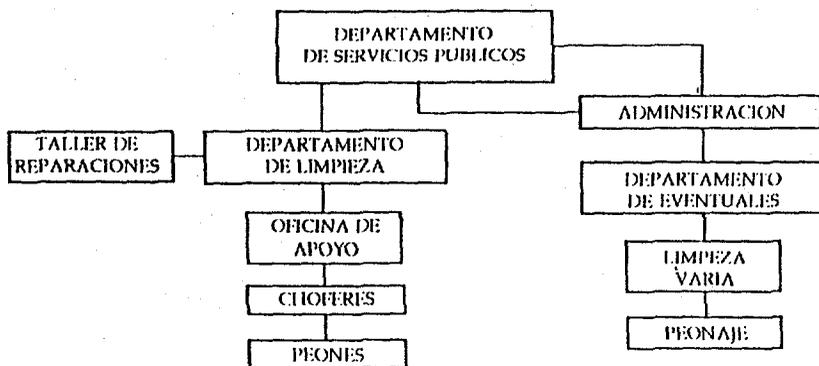
también colaboraron, facilitando información, las siguientes Autoridades pertenecientes a la Delegación de SEDESOL en el estado de Campeche:

Subdirector de Desarrollo Urbano: Lc. Jorge Luis Manos Tarriba.

Jefe de Unidad de Des. Urbano: Ing. Miguel Alpuche Martínez.

La mayor parte de esta información se recoge en el cuestionario que se adjunta al final de este capítulo.

La gestión de los R.S.M. la realiza el Ayuntamiento, por medio del Departamento de Sevicios Municipales, para lo cual cuenta con 155 personas incluidas en nómina, según el organigrama siguiente:



Las principales funciones que tiene a su cargo el Departamento de Servicios Públicos, son las siguientes:

- Recolección de los residuos sólidos domiciliados.
- Recolección de residuos comerciales.
- Recolección de residuos en general.
- La limpieza viaria (barrido y limpieza de calles y lugares públicos).
- Transporte de los residuos recolectados a la disposición final (tiradero).
- Operación del tiradero actual.

La actual población de la ciudad es de 190.000 habitantes, y la tasa de crecimiento promedio anual, en la década de los 80 fue del 2,15%. A partir ya del año 1.987 se redujo, debido principalmente a que la actividad de PEMEX se encuentra en un proceso de estabilidad sin crecimiento y la pesquera deprimida.

Esta situación se ha traducido en la insuficiente generación de empleos permanentes, en la permanencia de la marginalidad, en incertidumbres respecto a las perspectivas económicas y, como consecuencia, en la reducción de la capacidad financiera del municipio para atender las demandas sociales básicas en materia de suelo, infraestruc-

tura, servicios y protección del medio ambiente, agravándose el deterioro urbano y ecológico.

## 2.2. ALMACENAMIENTO DE LOS RESIDUOS PARA SU RECOLECCION.

Para el almacenamiento temporal de la basura, o sea, recipientes para que el usuario pueda depositar la basura domiciliaria cuando lo desee o le convenga, no existe ningún tipo de recipiente normalizado. Sólo existen 200 tambos (bidones de hierro de 200 l. usados y sin tapa) distribuidos en: parques, jardines, áreas comerciales, escuelas, tianguis (mercadillos) y algún otro lugar.

Los residuos domiciliarios son sacados, en bolsas de plástico, a la calle, y depositados sobre la acera, de media hora a una hora antes de la recolección; o incluso durante el momento de la recolección (el vehículo recolector avisa de su paso mediante una campana).

Aunque se ha observado que la gente es bastante disciplinada, en cumplir con lo establecido por el Ayuntamiento en cuanto a la recolección, y no se suele ver, frecuentemente, grupos o montones de bolsas de basura en la calle, este tipo de actuación no es aconsejable, debido a que presente dos inconvenientes: uno de tipo ecológico-sanitario (acceso a las bolsas de animales: perros, gatos, ratas, etc.) y otro de servicio al usuario. Es decir, si el usuario ha y debe de abonar una tarifa por el servicio, se le debe dar un servicio cómodo y eficaz, y esto se consigue poniendo a su disposición, sobre la acera y a distancias convenientes, recipientes, con tapa de buen aspecto estético, homogéneos en toda la ciudad o, por lo menos, por zonas, fácilmente manejables por el servicio de recolección, de fácil mantenimiento (reparación y lavado) lo que se traduce en que el ama de casa saca, y deposita en su interior, la basura en el momento que le es más conveniente o necesario (cuando sale de su casa para otros menesteres,

o cuando se le acumula en casa produciendo malos olores, etc.) no forzosamente a la hora de la recolección.

### 2.3. RECOLECCION Y TRANSPORTE.

La recolección cubre, aproximadamente, el 70% de la población, hallándose dividida la ciudad en 16 sectores o rutas operativas, más una ruta especial que se encarga, exclusivamente, de la recolección en mercados, hospitales y parques. Cada zona o ruta se halla, a su vez, subdividida en tres partes: una donde se recolecta diariamente, otra en días alternos y la tercera sólo dos días por semana.

La recolección se realiza mediante parada en las aceras, donde han sido depositados con anterioridad las bolsas, o recibéndola en el momento de paso (el vehículo recolector hace sonar una campana) de los propios usuarios, bien en bolsas o por bolcado directo, de los recipientes, en los camiones recolectores.

Existen varios lugares críticos de atención en lotes baldíos y, especialmente, en la calle 53 de la colonia de San Nicolás y en el fraccionamiento Arcila, Colonia 5 de Mayo, donde se localiza gran concentración de residuos. Igualmente en la periferia y zonas marginales existen tiraderos clandestinos, totalmente incontrolados, debido, fundamentalmente, a que no se les da servicio de recolección. El Ayuntamiento, de vez en cuando, y según las disposiciones de personal y equipo, limpia o acondiciona, en lo posible, dichos tiraderos.

El equipo usado en la recolección está compuesto por:

- 6 Camiones de redilas, de 15 m<sup>3</sup> de capacidad, de descarga por volteo, marca Dina, modelo 1986, que se hallan en estado regular. Cada uno de ellos, hace de 2 a 3 viajes por día, y en total recolectan, aproximadamente, 70 Tm/día de basura.

- 4 Camiones tipo volquete, con caja abierta de 7,5 m<sup>3</sup>, marca Dina, modelo 1986, estado regular. Cada uno de ellos hace tres viajes por día, recolectando en total, aproximadamente, 30 Tm/día.
- 8 Camiones compactadores, con caja de 7,5 m<sup>3</sup>, compactación de delante hacia atrás, carga lateral y descarga trasera. Marca Dodge, dos modelo 1990 y seis modelo 1992. Están en buen estado; pero su compactación es muy deficiente. Requieren, además, tres peones, para la operación de carga: dos en la calle y un tercero subido a la caja o dentro de ella. Consideramos que la eficacia de este vehículo recolector es aún inferior a los de volteo y volquete, por lo engorrosa que resulta la operación de carga y su baja relación de compactación. Cada uno de ellos hace tres viajes por día, recolectando en total, aproximadamente, 35 Tm/día.

Existen dos turnos de recolección, uno de 8 a 15 horas, en el que trabajan los 18 vehículos anteriormente descritos, con una dotación de personal de 18 chóferes y 54 peones, y otro nocturno de las 20 horas a las 3 horas del día siguiente, atendido por 3 de los 18 vehículos, con 3 chóferes y 9 peones. No existe pepena durante la recolección.

El equipo citado, aún en el caso que todo él estuviera en buen estado, es insuficiente para la recolección de las zonas a las que actualmente se da servicio y, por consiguiente, aún más si diera un servicio integral a toda la ciudad, inclusive las zonas marginales. Los costos de recolección, que se desconocen por estar englobados, sin desglosar, en el gasto total del Departamento de Servicios Públicos, tienen que ser elevados por las siguientes razones:

Excesivo personal por vehículo recolector.

Baja compactación de los vehículos.

Lentitud de recogida, casa por casa.

Largos recorridos por vehículo (la densidad de población es baja, dado que las viviendas son individuales, de una planta, o dos, bastante común a todas las ciudades mexicanas. En los casos que en la primera exista algún tipo de negocio comercial, se ubica, entonces, la vivienda en la planta superior.

#### 2.4. DISPOSICION FINAL

La basura es llevada a un tiradero, totalmente incontrolado (ver fotografías), situado a 6 km. de la mancha urbana, próximo a una cárcel. Tiene unas dimensiones, aproximadas, de 500x300., calculándose por defecto, es decir 150.000 m2. Esta superficie actualmente ocupada por la basura; pero existe una área, por uno de los lados laterales de 300 m., por donde se accede al tiradero, de, aproximadamente, 100x300 m. que forma parte del mismo predio y es propiedad del Ayuntamiento.

Este tiradero, desde el punto de vista ecológico, sólo tiene una cosa buena: tanto el propio tiradero, como el vial de acceso, están rodeados de una gran cortina de árboles, que le esconden y evitan que sea visto desde la proximidades.

Por lo demás, es un tiradero sin control de ninguna clase; no está cercado, su acceso no está controlado, su impacto ambiental sobre el suelo y las aguas subterráneas es muy fuerte (en todo el término municipal de Ciudad del Carmen, la capa freática está situada entre 1,5 y 0,5 m.) igualmente sobre el aire, parte de la basura se amontona sin ningún tipo de control, otra se extiende por los propios pepenadores para recuperar productos, o con un tractor de oruga, Caterpillar, modelo D-4, que está en muy malas condiciones. Sobre el mismo proliferan los perros, aves carroñeras, ratas, etc.

En el tiradero existe reciclaje de subproductos, realizado por más de 20 familias de pepenadores, estando al frente de ellos un líder, con influencia sindicalista.

El Programa Director Urbano señala para 1993 la construcción de una planta de tratamiento de basura en el mismo lugar del actual relleno.

Por controles no periódicos, del número de vehículos que accede al tiradero, realizados por el Departamento de Servicios Públicos, se estima que el mismo recibe, aproximadamente, 135 Tm/día de basura, a saber:

- 105 Tm. procedentes de la recolección realizada por el Ayuntamiento.
- 30 Tm. procedentes de las empresas: PEMEX, INFRASUR, S.A., centros comerciales, industrias pesqueras, empresas varias y particulares, dado que cualquiera puede depositar libremente residuos sobre el tiradero.

Por otra parte, a principios de la década de los ochenta, con el boom petrolero que se inicia en el año 1978, dando paso a la explotación petrolera a gran escala y al surgimiento de industrias de construcción, mantenimiento y servicios a PEMEX, se genera una cantidad importante de puestos de trabajo, que trae consigo la llegada de gran cantidad de familias emigrantes, que ante la falta de suelo urbano para asentarse, dio lugar a asentamientos irregulares, relleno con basura, fundamentalmente, y escombros, zonas de marismas y manglares. Esta práctica, aún sigue existiendo en la actualidad, se compra basura en empresas, centros comerciales, bares, restaurantes, etc., para ir relleno zonas como las citadas.

Por consiguiente, la práctica anterior, unida a la obstrucción y contaminación de los esteros, originada por la carencia de alcantarillado sanitario, alteran y rompen el equilibrio ecológico en detrimento de los recursos renovables.

## 2.5 CONCLUSIONES

Si bien es de destacar los esfuerzos que realiza el Departamento de Servicios Públicos del Ayuntamiento, por mantener la ciudad limpia y prestar un servicio bastante más eficiente de lo que sería de esperar, dado los escasos medios de que dispone, y a la buena colaboración del vecindario, es necesario introducir medidas correctoras, antes de que se produzca una degradación ambiental irreversible, planteándose la adopción de una serie de medidas de ordenación de la actividad de gestión de los R.S.M., las cuales se detallan en el capítulo 3 siguiente, en el que teniendo en cuenta, tanto las características climáticas, topográficas, edafológicas e hidrológicas, como la problemática medioambiental de la ciudad y de los espacios a conservar, se propone una solución integral que pretende evitar de forma genérica la degradación del medio físico, minimizando el impacto ambiental de los residuos, mediante una planificación económica y temporal, que permita optimizar las inversiones y dar un servicio a la ciudad y sus habitantes digno y eficaz.

**2.6.- ENCUESTA Y REPORTAJE FOTOGRAFICO**

**CUESTIONARIO SOBRE RESIDUOS SOLIDOS**

CIUDAD, ENCUESTADA: CIUDAD DEL CARMEN	
ESTADO: CAMPECHE	
PERTENECE AL MUNICIPIO DE: CARMEN	
NOMBRE DEL ENTREVISTADO: ROBERTO NOTARIO	FECHA: 18/06/93
CARGO: Jefe del Departamento de Limpieza	TELÉFONOS y FAX: 2.28.02
DIRECCIÓN: Calle, 57, s/nº - Col. Electricista	

**I. DATOS GENERALES**

- 1.1. POBLACION DEL MUNICIPIO EN 1990: .....  
 POBLACION DE LA LOCALIDAD: ..... 190.000 h. (tasa de crecimiento anual: 2.15%)
- 1.2. NOMBRE DEL PDTE. MUNICIPAL ..... Lic. José Javier Rafful  
 PERIODO DE GESTION MUNICIPAL ..... 1992 - 94
- 1.3. DEPENDENCIA ENCARGADA DEL SERVICIO DE LIMPIA .....  
 Dirección de Servicios Públicos Municipales
- 1.4. RESPONSABLE DEL SERVICIO DE ASEO URBANO ..... Victor Manuel Reyes Ramírez
- 1.5. TELEFONO: ..... 2.63.85

**II. GENERACION Y ORIGEN DE LOS RESIDUOS SOLIDOS**

- 2.1. ¿CUANTOS KILOGRAMOS PRODUCE UN HABITANTE POR DIA? .....
- 2.2. ¿CUANTAS TONELADAS SE GENERAN EN LA POBLACION POR DIA DE RESIDUOS SOLIDOS? ..... 180 - 190 Tn.
- 2.3. ¿SE HA REALIZADO MUESTREO PARA CONOCER LA COMPOSICION DE RESIDUOS SOLIDOS DOMICILIARIOS? SI ( ) NO ( ) FECHA .....
- ¿CUALES SON LOS PORCENTAJES DE LOS SIGUIENTES RESIDUOS?
- |                                 |   |
|---------------------------------|---|
| PAPEL Y CARTON .....            | % |
| DESPERDICIOS DE ALIMENTOS ..... | % |
| VIDRIO .....                    | % |
| METAL .....                     | % |
| RESIDUOS DE JARDINERIA .....    | % |
| PLASTICO .....                  | % |
| OTROS .....                     | % |
- 2.4. ¿QUE CANTIDAD DE RESIDUOS SOLIDOS SON GENERADOS EN LAS SIGUIENTES FUENTES? Nº DE USUARIOS
- |                            |           |
|----------------------------|-----------|
| DOMESTICOS .....           | Tons./Día |
| COMERCIALES .....          | Tons./Día |
| INDUSTRIALES .....         | Tons./Día |
| MERCADOS Y TIANGUIS .....  | Tons./Día |
| OFICINAS DE GOBIERNO ..... | Tons./Día |
| VIAS PUBLICAS .....        | Tons./Día |
| HOSPITALARIOS .....        | Tons./Día |
| OTROS .....                | Tons./Día |
- 2.5. ¿POR QUE MEDIOS SE LLEGO A ESTABLECER LAS CIFRAS DE ESTE CAPITULO?  
 .....

**III.- RECOLECCION DE RESIDUOS SOLIDOS**

3.1 ¿QUE CANTIDAD DE RESIDUOS SOLIDOS SE RECOLECTAN POR DIA? ..... 180 Tn.

3.2 ¿QUE COBERTURA DE LA POBLACION SE TIENE EN EL SERVICIO DE LIMPIA? ..... 70%

LONGITUD DE CALLES ..... Kms.

PAVIMENTADOS ..... (103 calles están pavimentadas) %

3.3 ¿PARA LA RECOLECCION DE RESIDUOS SOLIDOS LA LOCALIDAD SE ENCUENTRA DIVIDIDA POR SECTORES OPERATIVOS?

SI (X) NO ( ) ¿EN CUANTOS? .....16

OBTENGA PLANO:

Con identificación de sectores, identificando densidad de población y estrato económico

3.4 ¿CUANTAS RUTAS DE RECOLECCION EXISTEN? .....17

(Una ruta se encarga exclusivamente de recolectar en mercados, hospitales y parques).

3.5 ¿LAS RUTAS FUERON DISEÑADAS MEDIANTE ALGUN METODO TECNICO DE MACRO - RUTAS?

SI (X) NO ( )

¿QUE METODO SIGUE?

PARADA FIJA ( ) ACERA (X) OTRO.....

¿SON BUENAS? ..... Regular. ¿PORQUE? ..... Es necesario implementar acciones de

condensación a la población

¿SON SUFICIENTES? .....

¿CON QUE PERIODICIDAD SE ACTUALIZAN? ..... Se implementaron al inicio del

Tienio Municipal

OBTENGA PLANOS Y CROQUIS DE RUTAS MARCANDO INICIO Y FINAL.

3.6 FRECUENCIA DE RECOLECCION:

Nº.Zonas Viajes por Camión

DIARIA: X Avenidas y Parques

TRES VECES POR SEMANA:

DOS VECES POR SEMANA:

UNA VEZ POR SEMANA:

OTRAS:

3.7 Nº. de VIAJES PROMEDIO POR DIA Y POR CAMION .....

3.8 LA CUADRILLA SE COMPONE DE: ..... 4 Elementos

..... 1 Chofer y 3 peones

3.9 IDENTIFIQUE EN UN PLANO LAS ZONAS EN DONDE NO SE DA EL SERVICIO Y RELACIONE LAS POR COLONIA, BARRIO O CALLES. ASIMISMO MENCIONE LA RAZON POR LA QUE NO SE PRESTA EL SERVICIO.

COLONIA

RAZON

Por falta de equipo y de personal

3.10 IDENTIFIQUE EN UN PLANO LA EXISTENCIA DE LUGARES CRITICOS DE ATENCION COMO PUEDEN SER LOTES BALDIOS, O AREAS DENTRO DE LA MANCIIA URBANA, EN DONDE SE LOCALICE GRAN CONCENTRACION DE RESIDUOS SOLIDOS Y RELACIONES LOS MAS IMPORTANTES.

TIPO DE LUGAR

CALLE Y COLONIA

Prolongación de Calle 53, Col. S.Nicolás

A un costado del Fraccionamiento Asella Col. 5 de Mayo

**3.11** DETALLE EL EQUIPO CON QUE CUENTA LA DEPENDENCIA OFICIAL DEL SERVICIO DE LIMPIA PARA LA RECOLECCION DE RESIDUOS SOLIDOS.

CANTIDAD		DESCRIPCION	MODELO
TOTAL	EN USO		
8	6	DINA de 15 m <sup>3</sup> . Tipo Volteo	1987 (4) 1986 (4)
4	4	DINA de 7,5 m <sup>3</sup> . Volquete	1986
9	8	DOIXE de 7,5 m <sup>3</sup> . Compactador	1990,(3)
21	18		
2	2	DOIXE-Datsun (3Tn) Camioneta PICK 3 y 4 Tns.	1986

CONDICIONES OPERATIVAS

TIPO DE CAJA	CAPACIDAD	BUENO	REGULAR	MALO
Volteo	15 m <sup>3</sup>		X	
Volquete	7,5 m <sup>3</sup>		X	
Compactador	7,5 m <sup>3</sup>	X		

¿ES SUFICIENTE? SI ( ) NO (X)

¿QUE OTRO EQUIPO SE REQUIERE? ..... 5 a 6 compactador de 20 y/o 23 m<sup>3</sup>.

**3.12** DETALLE LAS UNIDADES DE TRANSFERENCIA UTILIZADAS PARA EL TRANSPORTE FINAL DE RESIDUOS SOLIDOS, ASI COMO SU UBICACION EN PLANO.

No hay

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

**3.13** ¿PARA LA RECOLECCION SE CUENTA CON CONTENEDORES? ..... SI ( ) NO (X)  
¿CUANTOS EXISTEN? .....

NUM ..... CAPACIDAD (M3) .....

CON QUE EQUIPO SE RECOLECTA O SE TRANSPORTA. DESCRIBALO:

**3.14** ¿QUE OTRO TIPO DE DEPOSITOS EXISTEN PARA ALMACENAR TEMPORALMENTE LA BASURA EN ZONAS PEATONALES, PARQUES, JARDINES Y ACERAS COMERCIALES?

NUM.	TIPO	LUGAR
Distribuidor en la ciudad	Botes 200 lt.	Parques, jardines, Area Comercio, Tanguis, Lugar Público, Escuelas

**3.15** ¿EXISTE EQUIPO ARRENDADO? ..... Se tuvo de Nov-92 a la fecha SI ( ) NO ( )

RELACIONE EQUIPO INDICADO EN QUE PROCESO SE UTILIZA Y COSTO DEL ARRENDAMIENTO?

EQUIPO	PROCESO	COSTO
Tractor D-4	Disposición final	

(Nota: Sólo se renta ocasionalmente por necesidad del acomodo de la Basura en el sitio de Disposición Final)

**3.16** ¿CUANTOS TURNOS EXISTEN Y QUE CANTIDAD DE VEHICULOS SE UTILIZAN EN LA RECOLECCION?

TURNO	CANTIDAD VEHICULOS	NUMERO DE EMPLEADOS
Matutino	18	72
Nocturno	(de los 18) 3	12

3.17 ¿EN QUE ZONA SE REALIZA EL BARRIDO MANUAL?

¿CUAL ES EL HORARIO Y QUE EQUIPO SE TIENE PARA EJECUTARLO?

ZONAS	HORARIOS	COBERTURA EN KM/LINEALES
Av. Principales (18)	78 - 14	
1º Cuadro Ciudad	18 - 22	

EQUIPO DISPONIBLE. (Detallar)

5 carros con un bote de 200 lt. c/1 persona. 10 carretillas s/1 persona

(Nota: 5 carros, 22 carretillas. Equipo requerido sumado al existente para un mejor servicio)

3.18 ¿EN QUE ZONAS SE REALIZA EL BARRIDO MECANICO. CUAL ES EL HORARIO Y QUE EQUIPO SE TIENE PARA EJECUTARLO?

ZONAS	HORARIOS	COBERTURA EN KM/LINEALES
No hay equipo actualmente		

EQUIPO DISPONIBLE. (Detallar)

No es recomendable el equipo mecánico por las condiciones del alto contenido en arena en calles

3.19 ¿SE DA EL CASO DE QUE UNA O VARIAS EMPRESAS TRANSPORTEN SUS RESIDUOS SOLIDOS A LUGARES DE DISPOSICION AUTORIZADOS POR EL MUNICIPIO? ¿DE QUE TIPO DE EMPRESA SE TRATA, INDIQUELAS?

SI LA RESPUESTA ES NEGATIVA PASA A LA PREGUNTA N° 3.21.

EMPRESA	TIPO DE RESIDUOS	COSTO POR DISPOSICION
PEMEX	General y pinturas. Desechos del vestuario: guantes, uniformes, etc.	NO
INFRA DEL SUR	De gases industriales que evapora carbónico	NO
Centros COMERCIAL, COMERCIOS	General	NO
PESQUEROS	Pescado, etc.	NO

3.20 ¿ESTAS EMPRESAS REQUIEREN UN PERMISO ESPECIAL DEL MUNICIPIO?

SI ( ) NO (X)

¿CUAL ES EL TRAMITE?.

Cualquier empresa deposita libremente en el sitio de Disposición Final

3.21 LA RECOLECCION DE RESIDUOS SOLIDOS ESTA CONCESIONADO?

SI ( ) NO (X)

¿A QUE EMPRESA? SI LA RESPUESTA ES NEGATIVA PASA A LA PREGUNTA N° 4.1.

ESTA OFICIALIZADO? ..... SI ( ) NO ( )

EN QUE DOCUMENTO .....

¿POR CUANTO TIEMPO? .....

¿SE OBTIENEN INGRESOS POR ESTOS CONCEPTOS ..... SI ( ) NO ( )

¿DE QUE MONTO MENSUAL? .....

3.22 DESCRIBA LA OPERACION DE ESTE SERVICIO CONCESIONADO INDICANDO PERSONAL, VEHICULOS, AREAS DE ATENCION, BENEFICIOS Y PROBLEMÁTICA.

**IV.- DISPOSICION FINAL**

**4.1.** ¿CUANTOS TIRADEROS OFICIALES Y RELLENOS SANITARIOS EXISTEN PARA RESIDUOS SOLIDOS?

1 (Tiradero)

DESCRIBA PARA CADA UNO:

SU LOCALIZACION ..... A 6Km. de la mancha urbana y se tienen adjunto asentamientos

humanos

SUPERFICIE EN HECTAREAS ..... 500x300m. = 150.000 m<sup>2</sup> = 1,5 Ha; 2 Ha

VIDA UTIL (PROYECTO) ..... 5 años

AÑOS EN SERVICIO ..... 5 años

TONELADAS RECIBIDAS POR DIA ..... 180

HORARIO DE TRABAJO ..... No está controlado; sin embargo 11-12 noche

¿SU ACCESO ESTA CONTROLADO? ..... SI ( ) NO (X)

¿ESTA CERCADO? ..... SI ( ) NO (X)

OPERACION:

Mala debido a que no opera como relleno sanitario

IMPACTO AMBIENTAL EN SUELO (F) AGUA (F) AIRE (F)

F = Fuerte B = Bajo M = Medio

PROBLEMATICA DEFECTADA. :

No hay control

ANEXE PLANO DE LOCALIZACIÓN

**4.2.** ¿EXISTEN TIRADEROS CLANDESTINOS? ..... SI (X) NO ( )

DESCRIBA UBICACION Y PROBLEMATICA

En la feria y provoca gran contaminación ambiental

**4.3.** RELACIONE LOS EQUIPOS DESTINADOS EN CADA UNO DE LOS TIRADEROS Y RELLENOS SANITARIOS, ASI COMO SUS CONDICIONES OPERATIVAS.

EQUIPOS	CONDICIONES OPERATIVAS
---------	------------------------

Tractor D-4 Oruga Caterpillar	Malas condiciones
-------------------------------	-------------------

**4.4.** ¿EN LOS TIRADEROS Y RELLENOS SANITARIOS EXISTEN BASCULAS PARA DETERMINAR LA CANTIDAD DE RESIDUOS EN CADA VEHICULO? ..... SI ( ) NO (X)

¿QUE ESTADISTICAS SE GENERAN?

Se toma el número de vehículos del Departamento de Limpia que accesan al sitio de Disposición Final.

**4.5.** INDIQUE EN QUE LUGARES SE REALIZA EL RECICLAJE DE RESIDUOS SOLIDOS.

¿POR EMPLEADOS DE LIMPIA? ..... SI ( ) NO (X)

¿EXISTE PEPEÑA EN LOS TIRADEROS? ..... SI (X) NO ( )

*Separando latas de aluminio, vidrio, cobre, alambre*

CUANTOS PEPEÑADORES HAY EN EL TIRADERO: ..... 200 (20 familias)

QUIEN ESTA AL FRENTE DE ESTOS TRABAJADORES?

SI, existe una persona

**4.6.** DESCRIBA CUANTOS CENTROS DE ACOPIO EXISTEN Y SU LOCALIZACION.

4 - 6

INDIQUE LOS MATERIALES QUE SE RECICLAN Y CUANTIFIQUELOS.

MATERIALES	DIA	SEMANA	MES
------------	-----	--------	-----

Vidrio

Aluminio (lata)

Cobre

No hay cuantificación

4.7. DESCRIBA SI EXISTE OTRO TIPO DE TRATAMIENTO. .... No hay

4.8. ¿LA DISPOSICION FINAL Y EL RECICLAJE DE LOS RESIDUOS SOLIDOS  
ESTA CONCESIONADO? ..... SI ( ) NO (X)

¿A QUE EMPRESA?  
.....  
.....  
.....

¿ESTA OFICIALIZADO? ..... SI ( ) NO ( )

¿EN QUE DOCUMENTO? .....

¿POR CUANTO TIEMPO? .....

¿SE OBTIENEN INGRESOS POR ESTOS CONCEPTOS? ..... SI ( ) NO ( )

¿DE QUE MONTO MENSUAL? .....

## V.- MANTENIMIENTO DE VEHICULOS

5.1. ¿EXISTE TALLER DE MANTENIMIENTO DE VEHICULOS? ..... SI (X) NO ( )

¿LAS REPARACIONES DE LOS VEHICULOS SE REALIZAN EN TALLERES

ESPECIALIZADOS? ..... SI (X) NO ( )

*Fallas menores se dan en estos talleres*

5.2. ¿SE TIENE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO

PREVENTIVO DE VEHICULOS? ..... SI ( ) NO (X)

¿NORMALMENTE ES CORRECTIVO? ..... SI (X) NO ( )

¿SE TIENE PARTIDA PRESUPUESTAL? ..... SI ( ) NO (X)

MONTO ANUAL ..... \$

TIEMPO PROMEDIO EN EL TALLER POR VEHICULO ..... 1 Días

PROMEDIO DE REPARACIONES DE VEHICULOS ..... 2 al día, 6 días a la semana = 48 Mes  
Depende del tipo de falla y del recurso económico disponible

5.3. DESCRIBA LA OPERACION Y PROBLEMÁTICA DEL TALLER DE VEHICULOS.

Atiende fallas menores. El gran problema es del tipo económico

En cuanto a personal es suficiente, no así las herramientas y refacciones que son escasas por la falta de dinero.

**VI.- PROYECTOS Y NECESIDADES**

6.1. ¿EXISTE ALGUN PROYECTO PARA INCREMENTAR LA EFICIENCIA DEL SERVICIO DE LIMPIEZA? ..... SI ( ) NO (X)

ANEXE COPIA

6.2. DESCRIBA LAS NECESIDADES DE EQUIPAMIENTO QUE SE REQUIEREN PARA INCREMENTAR LA EFICIENCIA OPERACIONAL DEL SERVICIO DE LIMPIA:

1 Trascavo (Retro) Clark 45 (Disposición Final)

1 Tractor D-7 (Disposición Final)

Actualmente no se requiere compactador porque el sitio no es Relleno Sanitario.

**VII.- ASPECTOS LEGALES**

7.1. ¿EXISTE ALGUN REGLAMENTO PARA EL SERVICIO DE LIMPIEZA? ..... SI (X) NO ( )  
¿EN QUE FECHA FUE PUBLICADO EN EL PERIODICO OFICIAL? .....1982

ANEXE COPIA DEL REGLAMENTO

7.2. ¿EXISTE OTRO DOCUMENTO QUE NORME EL SERVICIO DE LIMPIA?..... SI (X) NO ( )  
¿COMO SE DENOMINA? ..... Reglamento de Aseo y Limpieza (1982)

ANEXE COPIA DEL DOCUMENTO

7.3. ¿EXISTE ALGUN PROYECTO PARA FORMULAR O ACTUALIZAR EL REGLAMENTO DEL SERVICIO DE LIMPIA? ..... SI ( ) NO ( )

ANEXE RESUMEN EJECUTIVO

7.4. ¿EXISTE ALGUN PROYECTO PARA CONCESIONAR LA ADMINISTRACION DE LA RECOLECCION Y DISPOSICION DE RESIDUOS SOLIDOS?..... SI ( ) NO (X)

ANEXE RESUMEN EJECUTIVO

7.5. ¿EXISTE REGLAMENTACION PARA LA CONCESION DE SERVICIOS? ..... SI ( ) NO (X)  
¿EN QUE DOCUMENTO ESTA ASENTADO? .....

ANEXE DOCUMENTO

**VIII.- ASPECTOS ADMINISTRATIVOS**

**8.1.** ¿PARA REALIZAR LA FUNCION DE RECOLECCION Y DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SOLIDOS SE CUENTA CON UNA ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL? ..... (Departamentos) SI (X) NO ( )

CON MANUAL DE ORGANIZACION? ..... Tipo de folleto no de manera oficial SI (X) NO ( )

CON MANUAL DE PROCEDIMIENTOS? ..... SI (X) NO ( )

ANEXE ORGANIGRAMA Y HAGA UNA RELACION DEL PERSONAL QUE INTEGRÁ CADA UNIDAD ESPECIFICANDO FUNCION Y HORARIO DE TRABAJO

**8.2.** INDIQUE LA CANTIDAD DE PERSONAL EMPLEADO EN EL SERVICIO DE LIMPIA, RECOLECCION, TRANSPORTE, TRANSFERENCIA Y DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SOLIDOS, ASI COMO EL PERSONAL QUE NO ESTA EN NOMINA PERO QUE REALIZA ACTIVIDADES EN ESTE SERVICIO. OBTENGA COPIA DE NOMINA, PARA CONOCER EL TOTAL DEL PERSONAL, PUESTO Y SUELDO.

**8.2.1. PERSONAL DE NOMINA**

NOMBRE DEL PUESTO	UBICACION	CANTIDAD
Jefe del Departamento	Dpto. Aseo y Limpia	03
Operador vehículo	Dpto. Aseo y Limpia	28
Mecánicos	Dpto. Aseo y Limpia	20
Peones	Dpto. Aseo y Limpia	103
Secretaria	Dpto. Aseo y Limpia	1
TOTAL.....		155

**8.2.2. PERSONAL NO INCLUIDO EN NOMINA**

NOMBRE DEL PUESTO	UBICACION	CANTIDAD
.....	.....	.....
.....	.....	.....

**8.2.3. PERSONAL DE BASE 155 PERSONAL EVENTUAL ..... TOTAL DE PERSONAL 155**

**8.2.4.** ¿ESTA SINDICALIZADO EL PERSONAL? ..... SI (X) NO ( )

NOMBRE DEL SINDICATO: ..... Sindicato Unico de los Poderes Municipales

¿COMO SON LAS RELACIONES LABORALES? ..... Buenas

TOTAL DE PERSONAL SINDICALIZADO ..... 152

TOTAL DE PERSONAL DE CONFIANZA ..... 3

**8.2.5.** ¿SE HAN REALIZADO CURSOS DE CAPACITACION DIRIGIDOS A

LOS TRABAJADORES DEL SERVICIO DE LIMPIA? ..... SI ( ) NO (X)

¿CON QUE FRECUENCIA? .....

¿SE CUENTA CON UNA UNIDAD DE CAPACITACION ..... SI ( ) NO (X)

**8.2.6.** ¿SE HAN UTILIZADO LOS MEDIOS DE COMUNICACION MASIVA, PARA REALIZAR CAMPAÑAS DE CONCIERTIZACION A LA POBLACION PARA EL BUEN MANEJO DE LOS RESIDUOS SOLIDOS? ..... SI ( ) NO (X)

¿QUE OTRO TIPO DE CAMPAÑA SE HA REALIZADO? .....

.....

**IX- ASPECTOS FINANCIEROS**

9.1. OBTENGA LOS SIGUIENTES DATOS DE INGRESOS Y EGRESOS POR EL EJERCICIO DE 1991 Y PRESUPUESTOS PARA EL AÑO DE 1992.

	<u>AÑO 1991</u>	<u>AÑO 1992</u>
INGRESOS POR COBRANZA		
GASTOS DE OPERACION		
NOMINA PROMEDIO		
MENSUAL		
INVERSIONES		
CREDITOS		

OBTENGA RELACION DE INGRESOS, EGRESOS E INVERSIONES DE LAS PARTIDAS EJERCIDAS POR LA DEPENDENCIA DE LIMPIA, EL ORIGEN DE LAS MISMAS, INDICANDO SI ESTAS SON POR PARTICIPACIONES, APORTACIONES O RECURSOS PROPIOS.

9.2. ¿QUE TARIFAS ESTAN ESTABLECIDAS PARA EL SERVICIO DE LIMPIA Y COMO ESTAN CLASIFICADAS?  
No hay

TARIFA DE:	RECOLECCION	DISPOSICION
DOMICILIARIAS	\$ _____	\$ _____
COMERCIALES	\$ _____	\$ _____
INDUSTRIALES	\$ _____	\$ _____
HOSPITALARIAS	\$ _____	\$ _____
OTRAS	\$ _____	\$ _____

OBTENGA DOCUMENTO AUTORIZADO DE TARIFAS

9.3. LA TARIFA ES:..... ANUAL ( ) MENSUAL ( ) BIMESTRAL ( ) OTRA ( )  
¿CUAL ES EL IMPORTE PROMEDIO MENSUAL DE INGRESOS POR CONCEPTO DE COBRO DE TARIFAS? ..... \$

9.4. ¿EL MUNICIPIO CONOCE LAS LINEAS DE CREDITO, PARA REALIZAR PROYECTOS, ADQUISICION DE EQUIPOS Y REALIZACION DE OBRAS? SI (X) NO ( )  
¿CUALES CONOCE?

Via Banobras para adquirir equipo de recolección principalmente

9.5. ¿ESTARIA INTERESADO EL MUNICIPIO EN CONCERTAR UN CREDITO PARA RESIDUOS SOLIDOS? ..... SI (X) NO ( )  
¿PARA QUE PROYECTO?  
Integral, tanto de Estudios y/o Proyectos como de Obras y Equipamiento

9.6. ¿HA RECIBIDO APOYO FINANCIERO Y/O EQUIPAMIENTO POR ALGUNA DEPENDENCIA O PARTICULARES? ..... SI (X) NO ( )  
EN CASO AFIRMATIVO AÑO EN QUE SE CONCRETO ..... Aportación Estatal y Crédito Bancario  
¿ESTA VIGENTE? ..... Se concertó en Julio-92 SI (X) NO ( ) MONTO: \$

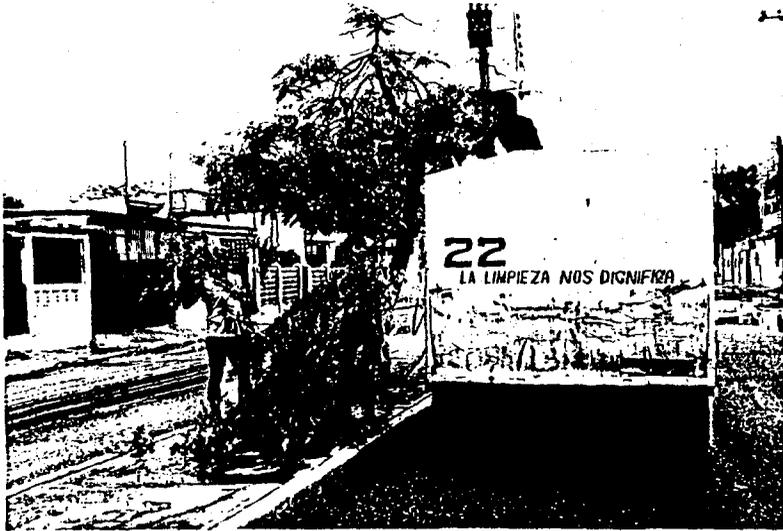
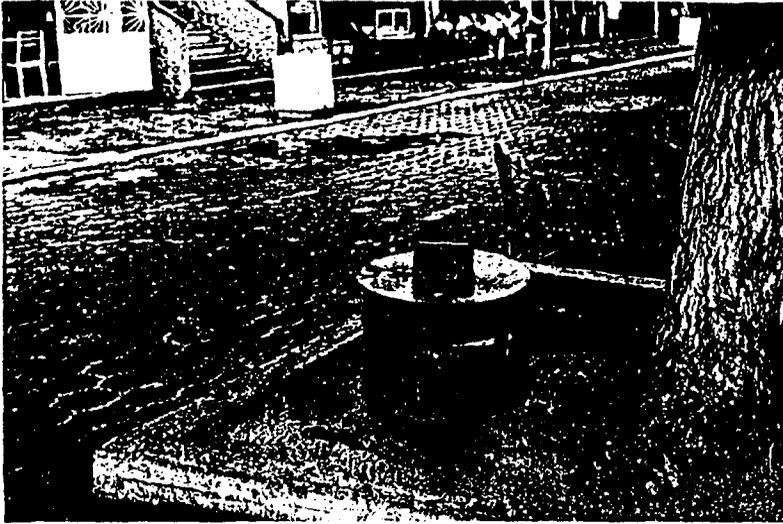
**X. ANOTE LAS OBSERVACIONES, PROBLEMATICA EN GENERAL Y PERSPECTIVAS DE DESARROLLO EN NUEVOS PROYECTOS**

Falla Equipo de Recolección.  
Estudio y/o Proyectos del tipo y selección del Método de Disposición Final.  
Requerimientos de Manuales Técnico-Administrativos que coadyuven al mejoramiento del Servicio de Limpia  
Métodos de Concientización Ciudadana

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

NOMBRE DEL ENCUESTADOR: Ing. JOSÉ LUIS ROQUE GAYOSSO







CAPITULO - 3  
PROPUESTA PARA UNA SOLUCION INTEGRAL  
Y MEJORA DEL SISTEMA ACTUAL DE GESTION

### **CAPITULO 3.-PROPUESTA PARA UNA SOLUCION INTEGRAL Y MEJORA DEL SISTEMA ACTUAL DE OPERACION**

#### **3.1.- HIPOTESIS DE PARTIDA**

El presente documento constituye un anteproyecto técnico que contempla todas las acciones a emprender para operar adecuadamente los R.S.M. que se produzcan en la Ciudad del Carmen, después de su implantación. Contempla las acciones encaminadas a recuperar todos aquellos sitios utilizados, hoy día, como tiraderos, que deben ser clausurados, sellados y ennoblecidos de acuerdo con el espíritu que impregna toda la filosofía de SEDESOL y del BANCO MUNDIAL.

##### **3.1.1. PRINCIPIOS CONSIDERADOS**

Son los especificados en el apartado 0.2 de este trabajo, de los cuales recordamos los más significativos:

- El anteproyecto incluirá la recolección y transporte de la totalidad de los R.S.M. de la ciudad, inclusive los de las zonas marginales.
- El costo de los equipos, que se incluyen en el anteproyecto, se evaluarán sobre la base de material nuevo, nunca de segunda mano, aunque, en el análisis de las inversiones, se deberá evaluar la posibilidad de rehabilitar equipos e instalaciones existentes.
- El anteproyecto contemplará infraestructuras e instalaciones que permitan la selección de subproductos, en forma aceptable, siempre que sea factible.

- En la disposición final se incluirá el tratamiento y monitoreo de los lixiviados, tanto desde el punto de vista constructivo como de explotación.
- Como en las zonas disponibles, para la ubicación de un relleno sanitario, el nivel freático se encuentra próximo a la superficie, la disposición final se situará en el tiradero actual, el cual se sellará mediante lámina de polietileno de alta densidad.
- Una opción para la disposición final se basará en la compactación de los residuos, después de separar los subproductos comercializables, mediante prensado en balas con una densidad media de 1.200 Kg/m<sup>3</sup>. Estas balas se dispondrán en un apilado estable, sobre el tiradero actual, una vez impermeabilizado con la lámina de polietileno.
- Otra opción, será la disposición final por un relleno por el sistema de "Aro" para evitar excavaciones y alejar los residuos del manto freático.

### 3.1.2. ASPECTOS SANITARIOS

El anteproyecto tiene en cuenta que:

- 1) La contaminación producida por los R.S.M. se transfiere fácilmente a la atmósfera, a los sistemas hídricos y al suelo.
- 2) Las disposiciones finales de los R.S.M. tienen importantes problemas de tipo ambiental, que requieren estudiarse y analizarse cuidadosamente.
- 3) Las condiciones especiales de las aguas subterráneas, con la capa freática a escasa profundidad del suelo, como es el caso de Ciudad del Carmen, agravan sensiblemente la peligrosidad definida anteriormente.

- 4) La tecnología dispone de procedimientos de recuperación de los subproductos comercializables con una incidencia en las personas sanitariamente mucho más satisfactoria, que los tradicionales medios incontrolados utilizados por los pepenadores.

### 3.1.3. OBJETIVOS DEL PROYECTO

Para la correcta planificación de la gestión se han tenido en cuenta los siguientes objetivos:

- 1) Evitar la degradación del medio físico, minimizando el impacto ambiental producido por los residuos, tendiendo hacia la mejora ambiental del entorno.
- 2) Eliminar de una manera segura todos los R.S.M. irrecuperables procurando la recuperación de materias primas.
- 3) Racionalizar la operación de los R.S.M., mediante una planificación técnica y temporal, acorde con las necesidades de la Ciudad del Carmen.
- 4) Optimizar las inversiones de forma que sea viable el proyecto de operación propuesto.
- 5) Objetivizar y plasmar en un documento la propuesta para que sea conocido por el Banco Mundial y las Administraciones mexicanas competentes en la materia.
- 6) Recuperar los espacios degradados por los R.S.M. manteniendo una situación compatible con una calidad de vida que todo ser humano desea.

7) Lograr que el documento sirva de base para la redacción de un proyecto ejecutivo definitivo.

### 3.1.4. ESTIMACION DE LA GENERACION DE RESIDUOS PARA EL AÑO HORIZONTE.

La Ciudad del Carmen tiene una población de 190.000 habitantes.

Se estima un crecimiento poblacional medio anual de 3.31%.

La generación de basuras en la actualidad es de 0,7 Kg/hab/día.

El crecimiento de la generación de basuras media anual se estima en el 1,5%.

En el cuadro de la página siguiente se calculan las producciones de basuras anuales y acumuladas hasta el año horizonte.

CRECIMIENTO POBLACIONAL : 3,310 %  
 CRECIMIENTO DE R. S. M. : 1,500 %

Ciudad del Carmen			RESIDUOS	SOLIDOS	MUNICIPALES
Años	Población	Kg/h/d	Kg/día	Tn/año	Acumulados Tn.
1.993	190.000	0,700	133.000	48.545	48.545
1.994	196.289	0,710	139.463	50.904	99.449
1.995	202.578	0,721	146.059	53.311	152.761
1.996	208.867	0,731	152.786	55.767	208.528
1.997	215.156	0,742	159.646	58.271	266.798
1.998	221.445	0,752	166.637	60.823	327.621
1.999	227.734	0,763	173.761	63.423	391.044
2.000	234.023	0,774	181.017	66.071	457.115
2.001	240.312	0,784	188.405	68.768	525.882
2.002	246.601	0,795	195.924	71.512	597.395
2.003	252.890	0,805	203.576	74.305	671.700
2.004	259.179	0,816	211.360	77.147	748.847
2.005	265.468	0,826	219.277	80.036	828.883
2.006	271.757	0,836	227.325	82.974	911.856
2.007	278.046	0,847	235.505	85.959	997.816
2.008	284.335	0,857	243.817	88.993	1.086.809
2.009	290.624	0,868	252.262	92.075	1.178.884
2.010	296.913	0,878	260.838	95.206	1.274.090
2.011	303.202	0,889	269.547	98.385	1.372.475
2.012	309.491	0,900	278.387	101.611	1.474.086
2.013	315.780	0,910	287.360	104.886	1.578.972

### 3.2.SISTEMA DE ALMACENAMIENTO (CONTENEDORES)

En México, el almacenamiento de los R.S.M. se efectúa, domiciliariamente, en recipientes de lo más variado: botes, o bolsas de plástico o papel, cajas de cartón o madera, cubos usados, etc.

En los anteriores envases, la basura se saca a la calle en el momento que pasan los vehículos recolectores o antes (de media a una hora) depositando el recipiente en la calle. En el caso de que existan contenedores la depositan en los mismos, cuando al usuario le convenga.

Los contenedores que se emplean, como almacenamiento callejero, son, también, de lo más variado en cuanto a capacidad, forma, material de construcción, y así, existen tambos de 200 l., cajas metálicas desde 2 hasta 25m<sup>3</sup>., recipientes de plástico recuperados de las maquiladoras, etc. En el 90% de los casos todos estos contenedores son abiertos. Hasta la capacidad de 2m<sup>3</sup> los residuos contenidos son depositados en vehículos recolectores, volcándolos manualmente, como es el caso de los tambos, o mecánicamente en los vehículos de carga frontal.

En los edificios, centros comerciales, hoteles, restaurantes, hospitales, mercados, industrias y demás centros de gran generación, en general el contenedor se sitúa en el interior de los mismos, si bien sus características, en la mayoría de los casos, son similares a las descritas anteriormente.

Como alternativa a esta situación, se propone el sistema de contenedores. En la actualidad, y después de muchos años de experiencia, han sido descartados los contenedores de tipo metálico que normalmente no responden a ninguna normativa de homologación, fabricados artesanalmente en pequeños talleres o en los talleres de los

propios ayuntamientos, aprovechando especialmente, tambos de desecho, u otros recipientes usados similares.

Los anteriores contenedores han sido sustituidos por contenedores de polietileno de alta densidad (PIID) normalizados según normas DIN 53,479 y 53,735.

Este tipo de contenedores facilita la gestión, tanto desde el punto de vista económico como de facilidad de operación, higiene e impacto ambiental.

Por otra parte, se minimiza el impacto ambiental negativo de los contenedores metálicos, puesto que los de PIID, además de su homogeneidad y buen aspecto estético, evitan la fermentación de la basura y, consiguientemente, la producción de malos olores.

Como mejoras destacadas, además de las anteriores se pueden citar:

- Racionalización del servicio de recolección, gracias a una disminución de ciertos gastos, (carburantes, personal, etc.) que entraña la reducción del número de camiones en servicio, de los servidores de los mismos y de un eventual espaciamiento de la recolección.
- Mejora de las condiciones de trabajo del personal encargado de la recolección de basuras. Con los contenedores de PIID, con tapa y la elevación mecanizada de los mismos, se elimina el esfuerzo que supone para ellos una recolección manual, y se evita el contacto con los residuos.
- Del mismo modo se benefician los propietarios de los inmuebles, personal de recolección y cualquier personal encargado de presentar la basura a la recolección, al contar con un mejor sistema de almacenamiento.
- Mejora del entorno urbano, pues la adopción de contenedores de PIID uniformes permite eliminar los depósitos incontrolados y suprimir los

conocidos inconvenientes que conlleva la recolección tradicional (bolsas rotas, cubos sin tapa, etc.). Se evita el derramamiento de los residuos y aumenta la limpieza de la ciudad.

Los contenedores de P.I.D., se pueden lavar mecánicamente, para que su aspecto estético e higiénico se mantenga a satisfacción de los usuarios. El lavado se realiza por medio de lavacontenedores móviles, instalados sobre camiones que recorrerán los mismo itinerarios que los vehículos de recolección, para poder lavar los contenedores inmediatamente después de haber sido vaciados, y provistos del mismo sistema de elevación de los contenedores que los vehículos de recolección.

El procedimiento de lavado será por agua a alta presión, a la que se incorporarán aditivos bactericidas y desengrasantes. El resultado, es de gran calidad debido a la alta presión del agua de lavado.

El sistema de contenerización para el 100% de la población, que se propone como idóneo en los anteproyectos de solución integral de los R.S.M., es obvio que deberá implantarse de manera gradual y no indiscriminada, empezando como es lógico por las zonas donde se presta actualmente el servicio.

Para el éxito de esta implantación, resulta fundamental, que exista una gestión unificada en la prestación del servicio integral de R.S.M., que será sólo a nivel de supervisión, en el caso de que alguna o todas las etapas (almacenamiento, recolección y transporte, disposición final) estén concesionadas, recomendándose en este caso que para cada etapa, no se concesione a más de una empresa, si bien una sola empresa puede ser responsable de las tres etapas.

El sistema de contenerización, elimina de entrada el método de recolección de esquina y el de acera.

Dentro de una implantación gradual y no indiscriminada del sistema, parece lógico empezar por los usos y tipologías más apropiados, proponiéndose los siguientes, sin orden de preferencia:

#### 1ª Etapa:

- Residencial,
  - habitacional densidad media alta y alta.
  - habitacional densidad baja (colonias populares y/ó interés social).
- Comercial y abasto,
  - en corredor.
  - grandes centros.
  - mercados, incluso tianguis.
- Educación y Cultura.
- Salud.
- Asistencia Social.
- Recreación y deporte.
- Servicios urbanos y Administración.
- Industria: ligera y media.

#### 2ª Etapa:

- Habitacional, densidad media y baja (colonias de extractos social medio y alto).

En este caso, antes de implantar el sistema, deberá realizarse un estudio pormenorizado, en cuanto al tamaño de contenedores, así como su ubicación en las calles de las colonias.

#### 3ª Etapa:

- Zonas marginales.

En el anexo nº2 se estudian diferentes alternativas del sistema de contenedores para los R.S.M. producidos.

Las alternativas conjugan soluciones de almacenamiento de los residuos domiciliario (95% del total) en contenedores de 800 y 1.000 l. y para las demás actividades de 120 y 240 l.

A la vista de los resultados, se adopta la opción C, a base exclusivamente de contenedores de 1.000 l., por las siguientes razones:

- Igual o menor necesidad de medios humanos y mecánicos (vehículos lavacontenedores y de mantenimiento).
- Número total de contenedores sensiblemente inferior a las otras opciones.
- En consecuencia, reducción de:
  - . Tiempo de recolección.
  - . Costes de adquisición.
  - . Costes de mantenimiento (reparaciones, sustitución, lavado, etc.)
- Utilización de un solo tipo de contenedor, que para implantar el nuevo sistema, facilita su aceptación, tanto por el personal de recolección como del usuario.
- Evita la pepena callejera, por su mayor tamaño, que dificulta su traslado, el volteo y/ó la remoción de la basura.
- . Puede compatibilizarse con los contenedores de 120 y 240 l., para los usuarios de viviendas y otras actividades que lo solicitan, y previo pago de los mismos, se comprometan a tenerlo guardado hasta la proximidad del momento del paso del vehículo recolector.

En cualquier caso el proyecto ejecutivo, deberá definir según las características sociológicas, urbanísticas y ambientales de cada ciudad, la opción más idónea, sin

perjuicio de la validez de la propuesta de este anteproyecto a los efectos de estimación del coste de adquisición y de mantenimiento del sistema de contenedores que incluye:

- Medios Materiales

1.463 contenedores de 1.000 l.

1 vehículo lavacontenedores de 7000 l + 7000 l.

2 vehículos de mantenimiento..

- Medios Humanos

1 vigilante.

3 chóferes.

3 operarios.

### 3.3. RECOLECCION Y TRANSPORTE

En general, en las ciudades medias del territorio mexicano la recolección se realiza mediante parada fija en las aceras, donde han sido depositadas con anterioridad las bolsas, o casa por casa, recibiendo la basura de los propios usuarios, en el momento de paso de los vehículos recolectores, en bolsas o por los más variopintos recipientes domiciliarios, que se vuelcan directamente en los citados recolectores. El paso de éstos se suele anunciar mediante toques de campana, que realiza un peón denominado campanero.

Esto con lo que respecta a la recolección domiciliaria. En los mercados, centros comerciales, escuelas, centros hospitalarios, reclusorios y demás equipamientos, existen contenedores metálicos, sin tapa la mayoría de ellos, con capacidades que oscilan entre las 3.5 y 35 yardas cúbicas, utilizando para la recolección de basura, depositada en ellos, vehículos que posibilitan la elevación y volcado mecánico de los mismos. En ambos casos, no es frecuente la recolección diaria.

Los vehículos recolectores utilizados suelen ser de diversos tipos:

- |                    |                        |
|--------------------|------------------------|
| - de carga lateral | con y sin compactación |
| - de carga frontal |                        |
| - de carga trasera |                        |
|                    |                        |
| - de redilas       | sin compactación       |
| - de volteo        |                        |
| - y otros          |                        |

Estos vehículos recolectores suelen encontrarse en estado regular o malo, su eficiencia de recolección es muy baja y, debido a su heterogeneidad, tanto de los chasis como de las cajas, para suministrarles un servicio de mantenimiento rápido y efectivo, los talleres municipales necesitarían de un gran stock de repuestos. Como esto no es así, su mantenimiento, tanto el preventivo como el correctivo, suele ser lento, con tiempos promedios de estancia en el taller por vehículo de 10 a 15 días, lo que es excesivo.

Por otra parte, y dado que no existe una contenerización adecuada y homogénea, el número de viajes por día y vehículo recolector no suele pasar, en el mejor de los casos, de 1.5, cuando debía de ser, por lo menos, de 2.

Los costos de recolección, en todos los casos, son elevados, por las siguientes razones:

- Excesivo personal por vehículo recolector (media de: 1 chófer y tres peones).
- Lentitud de recogida, casa por casa, salvo en la zona contenerizada (muy reducida).
- Largos recorridos por vehículo.

- Vehículos en mal estado; en el 90% de los casos con más de 10 años en servicio.
- Recolección diurna y no nocturna.
- No existencia de estaciones de transferencia, cuando la disposición final se halla a distancias superiores a los 15 km.
- Existencia de pepena durante la recolección.

En función de lo expuesto sobre el sistema de contenedores a implantar y la recolección actual, se propone la adquisición de vehículos nuevos homogéneos dotados de cajas recolectoras iguales, sin descartar como es lógico los existentes en buen estado.

En el anexo nº3, se describen con detalle las características de los vehículos recolectores propuesto, que para mayor claridad, reproducimos aquí las más importantes.

**- Cajas compactadoras:**

- . Silenciosas de funcionamiento
- . Resistentes a la corrosión
- . Estancas
- . Construcción robusta
- . Carga y descarga rápida
- . Alta relación carga/tara
- . Sistema de elevacontenedores
- . Uso cómodo y práctico

**- Vehículos:**

En zonas abiertas, bulevares y grandes avenidas se irá a vehículos de gran capacidad, para compensar, en parte, la pérdida de rendimiento ocasionado por los pequeños.

En calles estrechas se deben utilizar vehículos de tamaño mediano e incluso pequeño, denominados satélites. Estos vehículos deberán ser rápidos en la recolección de los residuos y de gran maniobrabilidad.

Indistintamente que sean vehículos grandes o satélites, se elegirán, siempre que sea posible, a aquellos que su mantenimiento no sea alto, y que cumplan estas características:

- mismo sistema de carga. Trasera que es la que la experiencia, después de muchos años, demostró ser la más útil y práctica.
- homogeneidad en los chasis.
- homogeneidad en las cajas compactadoras, independientemente de su capacidad.
- facilidad de descarga y trasvase de la basura de los vehículos satélites a los vehículos de mayor capacidad.

Teniendo en cuenta que la producción de Resíduos Sólidos Municipales es de 133 Tm/día, el estado de los vehículos existentes y las características de los nuevos vehículos recolectores descritos en el anexo nº3, la dotación necesaria para la prestación del servicio se calcula a con los siguientes criterios:

- Frecuencia diaria del servicio.
- Se dispondrá de vehículos recolectores de 7,50 y 16 m<sup>3</sup>. de capacidad para las zonas con calles amplias.
- Se dispondrá de recolectores-satélites de 4 m<sup>3</sup>. de capacidad para calles estrechas.
- El número de viajes que los vehículos realizan durante la jornada laboral al relleno es de dos viajes.

- Las toneladas de R.S. Municipales que cada camión recolecta y transporta por viaje teniendo en cuenta que se alcanza una densidad de compactación de 0,5 Tn/m<sup>3</sup>, es de:

- . Recolector de 7,50 m<sup>3</sup>. ..... 3,75 tn.
- . Recolector de 16 m<sup>3</sup>. ..... 8 tn.
- . Recolector-satélite de 4 m<sup>3</sup>. ..... 2 tn.

Teniendo en cuenta, las características topográficas y urbanísticas de la ciudad, en base a lo expuesto en el anexo nº3, según la experiencia del equipo redactor en varias ciudades proyectadas y en operación de recolección de residuos, se considera como más adecuada la siguiente propuesta de vehículos recolectores (Sin perjuicio de que el Proyecto Ejecutivo determine una propuesta definitiva, una vez concretadas las rutas de recolección):

- Número de vehículos recolectores que se necesitan para realizar el servicio:

- . Recolectores de 7,50 m<sup>3</sup> ..... 7 Unidades (Existentes)
- . Recolectores de 16 m<sup>3</sup> ..... 8 Unidades
- . Recolectores-Satélite de 4 m<sup>3</sup> ..... 2 Unidades

- Los Resíduos Sólidos Municipales recolectados por jornada de trabajo serán:

<u>Nº Vehículos</u>	<u>Tn/v.</u>	<u>Nº viajes</u>	<u>Tn</u>
7	3,5	2	52,50
5	8	2	80
2	2	2	<u>8</u>
Total.....			140,5 tn.

- La dotación de personal más económica y efectiva, según la experiencia de recolección con contenedores, por cada vehículo es de:

. 1 chofer.

. 2 peones.

- Por lo que se necesitarán los siguientes Medios Humanos:

Catorce (14) choferes

Veintiocho (28) peones.

### 3.4. ELECCION DEL TRATAMIENTO Y DISPOSICION FINAL DE LOS R.S.M.

#### 3.4.1. ANALISIS DE LAS ALTERNATIVAS DE LA DISPOSICION FINAL

Como se explica en el anexo n° 5, todos los sistemas de eliminación de los R.S.M. tienen sus ventajas e inconvenientes, no pudiendo considerarse a ninguno de ellos como exclusivo, dependiendo su aplicación de diversas circunstancias de: tiempo, lugar y modo.

En el caso de las ciudades medias mexicanas, la aplicación del sistema de incineración presentaría importantes inconvenientes que la harían inviable, especialmente desde el punto de vista económico.

La incineración, aún siendo un sistema o proceso tecnológico y ecológicamente perfectamente desarrollado y experimentado, desde el punto de vista económico solo es viable y competitivo con los otros sistemas, a partir de una capacidad de tratamiento superior a las 400 tn/día, lo que se cumple en bastantes de las ciudades medias

mexicanas, y comercializando la energía recuperada, en forma de energía eléctrica, a un precio no inferior a 7-8 \$ USA el Kwh.

La comercialización de esta energía, en los países en los que se está aplicando la incineración, está solucionada porque existen legislaciones específicas que obligan, a las compañías de generación y distribución de energía eléctrica, a recibir en sus redes, a un precio fijado por ley la energía eléctrica de origen alternativo, como es el caso de la obtenida por la incineración de los R.S.M.

En México no existe ningún tipo de legislación similar, por tanto, la implantación de instalaciones de incineración de R.S.M., estaría supeditada a una negociación previa con la Compañía Federal de Electricidad, CFE, al objeto de que ésta comprase la energía generada a un precio no inferior a 7\$ USA por Kwh., y por un tiempo no inferior a 20 años, condiciones éstas básicas, a parte de otras, para que los costes de explotación pudieran ser asumibles por tarifas aceptables por los usuarios.

Hasta el presente, en México, no se realizó ningún tipo de negociación en este campo, no hay ninguna legislación al respecto y, finalmente, tampoco existe experiencia sobre incineración de R.S.M., con lo que la aplicación de este proceso sería una aventura, que aunque pudiera tener éxito, sería a largo plazo, cuando el problema de la disposición final de los R.S.M., en las ciudades medias mexicanas es agobiante y que permite pocas demoras. Consecuentemente, en el presente no parece recomendable la incineración de los R.S.M. en dichas ciudades.

Otro de los sistemas a considerar es la fabricación de compost, a partir de la materia orgánica contenida en la basura. Este método, que exige la separación de los materiales inertes de los orgánicos, está condicionado a:

- la comercialización de los productos inertes y al compost,
- la comercialización del compost y disponer de un relleno de apoyo para los inertes no comerciales.

Si estas condiciones no se dan, las instalaciones se convierten, al poco tiempo, en un basurero.

Después de varios años, la experiencia ha demostrado que el compost no es un buen abono, como máximo llega a ser un regenerador de algunos terrenos, con el grave inconveniente de ser portador de metales pesados, absorbibles por las plantas y posteriormente por el reino animal, al alimentarse de tallos, hojas y frutos.

Todo esto trajo, como consecuencia, normativas legales restrictivas sobre la calidad del compost, que exigen operaciones de refinado que encarecen los costos, lo que unido a un descenso de la demanda por parte de los agricultores, y caídas significativas de los precios de venta, se tradujo en el cierre de más del 90% de las fábricas de compost.

En el caso de México, dada la gran fertilidad de la mayoría de las zonas agrícolas, los costos del transporte del compost desde las instalaciones de producción a las de consumo, sería bastante arriesgado implantar instalaciones de fabricación de compost, en las ciudades medias mexicanas pues, con bastante probabilidad, se puede augurar el fracaso que comportaría.

En consecuencia, y por exclusión, se lleva, como solución para la disposición final de los R.S.M. al relleno sanitario. Solución que, como veremos, se puede considerar como mejor que la incineración y el compostaje, en el caso de México, por diversas razones, tales como:

- disposición de terrenos para su ubicación

- costos de explotación asumibles por las tarifas
- técnicas de operación sencillas
- plazos cortos de implantación
- permite un compás de espera, de 15 o más años, hasta que las/u otras tecnologías demuestren ser mejores, más económicas y más adecuadas.

Los terrenos disponibles en el territorio mexicano, para la ubicación de rellenos sanitarios suelen ser: cañadas o llanos con el nivel freático situado, en la mayoría de los casos, a poca profundidad.

El caso de las cañadas suele ser óptimo para la construcción de rellenos sanitarios, aunque el nivel freático no está muy profundo, ya que todo el vaso de la cañada se impermeabiliza con lámina de polietileno de alta densidad, se dota de una cuneta perimetral situada en la cota superior, para una eficiente recolección de las aguas pluviales, y se recolectan todos los lixiviados generados para su posterior tratamiento.

En los terrenos llanos, los únicos disponibles en muchas de las ciudades, la capa freática está próxima a la superficie en la mayoría de los casos, siendo pocos donde se encuentre profunda y el terreno sea impermeable. Esto condiciona el tipo de relleno a construir, que puede ser de media densidad, mediante zanjas, en el último caso, y, en elevación, sobre la superficie, cuando el nivel freático se encuentre próximo a ésta.

Teniendo en cuenta las características de los terrenos, las condiciones climatológicas, más otros condicionantes específicos de cada lugar, se propone, de forma general, para la disposición final de los R.S.M. de las ciudades mexicanas, el *relleno sanitario*, bien sea de media densidad, con cubrición diaria, o de alta densidad mediante pacas. El primero se implantaría en las cañadas y en los terrenos llanos que permitan la apertura de zanjas, por ser el terreno impermeable y el nivel freático esté suficientemente

profundo y, el segundo, en los terrenos llanos con la capa freática próxima a la superficie.

En este último caso, de relleno sanitario elevado o invertido, se puede optar por una compactación de media densidad, o por alta densidad mediante pacas, siendo más aconsejable este último, especialmente por: ser mucho más fácil y segura su explotación, no presentar problemas de desplazamiento de las cajas de residuos, evitar que los materiales ligeros (papel, plásticos, etc.) sean dispersados por el viento, necesitar muy pocas tierras de cubrición y producir pocos lixiviados.

La utilización del sistema de alta densidad mediante pacas, no solo es recomendable en el caso citado, sino también en aquellos otros en que se quiera aumentar la vida útil de relleno, como será necesario en alguna de las ciudades, pues dicha vida al pasar la densidad de compactación de  $700 \text{ kg/m}^3$ , en el mejor de los casos, a  $1.100$  a  $1.200 \text{ kg/m}^3$ , la vida del relleno se multiplica por 1,7.

Resumiendo, como norma general, para las ciudades medias mexicanas se considera como disposición final más adecuada para los R.S.M., el relleno sanitario, bien sea de media densidad con cubrición diaria o de alta densidad mediante pacas, dependiendo la aplicación de uno u otro método de las características del terreno, aguas subterráneas, condiciones climatológicas y ambientales, espacio disponible y vida útil deseada.

#### 3.4.2. PEPENA

Como es general en todos los países en vías de desarrollo, y también en muchas ciudades de los desarrollados, existe pepena, tanto por los empleados encargados de la recolección como en los tiraderos, especialmente si éstos son incontrolados.

La pepena, en sí, no es una actividad perjudicial, sino más bien beneficiosa, puesto que lleva a cabo la recuperación de subproductos reciclables, con el consiguiente ahorro de materias primas, cada día más escasas. Lo que sí es rechazable, es que la pepena se realice de forma incontrolada y en condiciones sanitarias inaceptables. Por tanto, es necesario mantener la pepena, pero racionalizando su gestión, tanto desde el punto de vista ambiental, como sanitario y social.

En los países desarrollados, hace ya bastantes años, se sustituyó la pepena por el sistema de reciclado continuo de plantas industriales, dotadas de equipos y máquinas más ó menos sofisticados, derivados de los utilizados, por la industria minera, en las instalaciones de concentración de minerales a pie de mina.

Estos sistemas, más ó menos sofisticados, han fracasado por: su elevada inversión, costes de explotación igualmente elevados, imperfecta separación de los subproductos, baja de recuperación, impacto ambiental negativo (polvo, ruido, accidentes laborales) etc.

La experiencia ha demostrado, hasta el momento, que la única pepena aceptable es la manual, aprovechando la experiencia del pepenador habitual incontrolado y de dos clases de equipos de las plantas de reciclado industrial: tromel dislacerante, para rotura de las bolsas de basura y cintas transportadoras.

En base a lo dicho, futuro de una experiencia de más de 30 años, y actualmente utilizado en los países más desarrollados, para la disposición final, se propone una solución de pepena manual de los residuos tal como llegan en los vehículos recolectores, recuperando los subproductos comercializables y enviando al relleno sanitario los rechazos.

En los planos se representa esquemáticamente, en planta, la disposición de los equipos para realizar una pepena manual, utilizando como mano de obra los actuales pepenadores, cuyas condiciones de trabajo no son admisibles, especialmente desde el punto de vista higiénico-sanitario.

Esta instalación tiene una zona de descarga de los R.S.M. compuesta por una tolva de descarga que mediante una cinta transformadora, conduce los residuos al tromel dislacerante cuya misión es voltear, esponjar y romper las bolsas de plástico, para que los residuos salgan de ellos.

El tromel tendrá una inclinación de 6° lo que permite que los residuos salgan y caigan sobre una cinta transportadora hacia la zona de pepena manual, propiamente dicha, donde se seleccionan: cartones, papel, periódicos, metales, aluminio, vidrio, etc.

Aunque este tipo de instalación, toda la maquinaria puede estar a cielo abierto, se propone cubrir con un tejadillo la zona o zonas donde trabajan los pepenadores, por razones humanitarias elementales.

Realizada la anterior y definitiva pepena, los rechazos continúan hasta su descarga en una tolva, de la que parten dos cintas que los transportan, alternativamente, a dos contenedores remolcables, que mediante una cabeza tractora los transportan a la zona de vertido en el relleno sanitario.

Si la solución es de relleno sanitario mediante pacas de alta densidad, las cintas transportadoras alimentan la máquina compactadora, cargando las pacas mediante carretillas elevadoras en plataformas remolcables.

### 3.4.3. SOLUCION PROPUESTA

En función de lo expuesto en el análisis de alternativas, se opta por la solución del acondicionamiento del tiradero actual, transformándolo en relleno sanitario, conclusión que coincide con los análisis previos realizados.

En los anexos n° 6 y 6 Bis, se explican los distintos aspectos que deben tenerse en cuenta para el diseño del relleno sanitario, referentes a:

- Ubicación
- Capacidad
- Acondicionamiento del lugar,
- Accesos
- Protección aguas superficiales
- Protección aguas subterráneas
- Recolección, almacenamiento y tratamiento de lixiviados
- Sistema de ventilación de gases
- Urbanización del relleno
- Operación del relleno
- Labores complementarias y controles, para el buen funcionamiento del relleno
- Necesidades de equipos y medios humanos
- Clausura y uso final

En Ciudad del Carmen, analizadas las alternativas, optando por la transformación del tira-dero actual en relleno sanitario, se elige el sistema de alta densidad dado que el nivel freático se encuentra poco profundo, entre 0,5 y 1,5 m.

### 3.4.3.1. Ubicación

El lugar seleccionado incluye al actual tiradero con una superficie aproximada de 150.000 m<sup>2</sup>. y está ubicado a unos 6 Km. de la zona urbana.

La parcela de 500 x 300 m. (15 Ha) es suficiente para la vida útil de 20 años.

Tal como puede observarse en las fotografías adjuntas, el lugar es completamente llano, el nivel freático se encuentra superficial y actualmente se está empleando como tiradero, operando mediante el sistema de zanjas. La razón de elegir este sitio, es la disponibilidad inmediata de los terrenos.

El método empleado en la actualidad es abrir unas zanjas, verter la basura y cubrir con tierras procedentes de la excavación. Este método no puede emplearse por contaminar las aguas subterráneas.

Su ubicación está contemplada en el Plan de Desarrollo Urbano.

### 3.4.3.2. Capacidad

La parcela tiene una superficie de 15 Ha. (500 x 300 m.)

La zona de servicio ocupa 200 x 50, luego nos queda para el tiradero una parcela de 450 x 200 m.

El sistema de eliminación que se adopta es el de Relleno Sanitario mediante pacas de alta densidad.

Se dispondrán las pacas de R.S. en cinco niveles y a continuación se cubrirán con 60 cm. de tierra para formar el 1º piso. A continuación se retranquearán los diques de contención 8 m. para formar el camino de acceso al 2 piso.

El volumen disponible para la colocación de las pacas en cada piso será:

$$V_1 = \frac{410 \times 260 + 418 \times 268}{2} \times 5 = 546.560$$

$$V_2 = \frac{370 \times 220 + 378 \times 276}{2} \times 5 = 464.320$$

$$V_3 = 382.080$$

Luego el volumen total es de 1.392.960 m<sup>3</sup>.

Los residuos generados hasta el año horizonte ocuparán el volumen indicado en el cuadro siguiente, teniendo en cuenta que las pacas tienen una densidad de 1,2 tn/m<sup>3</sup>.

Los volúmenes de tierra necesarios para formar los diques de contención y la cubrición de los niveles, también se indican en el cuadro adjunto, pero no restan capacidad al relleno sanitario. Luego el relleno sanitario propuesto, con tres pisos de pacas, tiene capacidad para el año horizonte (20 años).

CRECIMIENTO POBLACIONAL : 3,310%  
 CRECIMIENTO DE R. S. M. : 1,500%

DISPOSICION FINAL : RELLENO SANITARIO DE PACAS DE ALTA DENSIDAD

AÑOS	CIUDAD DEL CARMEN Población	Kg/h/d	R.S.M.	R.S.M.	R.S.M.	R.S.M.	TIERRAS CUBRICION	TIERRAS DIQUE CONT.	VOLUMEN TIERRAS ACUMULADAS
			Kg/día	Tn/año	m3/año	ACUMULADOS m3	m3/año	m3/año	m3
1993	190000	0,700	133000	48545	40454	40454	2427	5097	7524
1994	196289	0,710	139463	50904	42420	82874	2545	5345	12869
1995	202578	0,721	146059	53311	44426	127300	2666	5598	18467
1996	208867	0,731	152786	55767	46472	173773	2788	5856	24323
1997	215156	0,742	159646	58271	48559	222332	2914	6118	30441
1998	221445	0,752	166637	60823	50686	273017	3041	6386	36827
1999	227734	0,763	173761	63423	52852	325870	3171	6659	43487
2000	234023	0,774	181017	66071	55059	380929	3304	6937	50424
2001	240312	0,784	188405	68768	57306	438235	3438	7221	57645
2002	246601	0,795	195924	71512	59594	497829	3576	7509	65154
2003	252890	0,805	203576	74305	61921	559750	3715	7802	72956
2004	259179	0,816	211360	77147	64289	624039	3857	8100	81056
2005	265468	0,826	219277	80036	66697	690736	4002	8404	89460
2006	271757	0,836	227325	82974	69145	759880	4149	8712	98172
2007	278046	0,847	235505	85959	71633	831513	4298	9026	107198
2008	284335	0,857	243817	88993	74161	905674	4450	9344	116542
2009	290624	0,868	252262	92075	76730	982404	4604	9668	126210
2010	296913	0,878	260838	95206	79338	1061742	4760	9997	136207
2011	303202	0,889	269547	98385	81987	1143729	4919	10330	146537
2012	309491	0,900	278387	101611	84676	1228405	5081	10669	157206
2013	315780	0,910	287360	104886	87405	1315810	5244	11013	168219

### 3.4.3.3. Acondicionamiento del lugar

#### ACCESOS

Es necesario acondicionar los 1,5 km. de camino actual, desde la carretera al tiradero, cuyas características se describen en el anexo correspondiente.

#### PROTECCION AGUAS SUPERFICIALES

Para evitar que las aguas superficiales penetren en la zona de trabajo, se construirá una cuneta perimetral.

#### PROTECCION AGUAS SUBTERRANEAS

Se impermeabilizará el terreno con una lámina de polietileno de alta densidad. La superficie a impermeabilizar es de 150.000 m<sup>2</sup>.

#### RECOLECCIÓN, ALMACENAMIENTO Y ELIMINACIÓN DE LIXIVIADOS

En nuestro caso, en cada zona de trabajo se construirá en la parte baja de la misma una poza de lixiviados y desde ahí se recirculan los lixiviados bombeándolos sobre la masa del relleno, consiguiendo así su evaporación.

La poza será la base de la colocación de los tubos de desgasificación, tal como pueden observar en los planos.

#### SISTEMA DE VENTILACION DE GASES

En cada zona de trabajo se colocarán tubos de hormigón perforado y/o neumáticos, tal como se indican en los planos.

### URBANIZACION DEL RELLENO

Se construirá una cerca perimetral de unos 2.600 ml. de longitud, dotada de puerta de entrada.

La zona de pepenaje se cercará también para evitar que los pepenadores puedan acceder a las zonas de operación del relleno.

A la entrada se construirá una caseta de control y vigilancia, al lado de la báscula.

Se construirá una nave de 150 m<sup>2</sup>. para taller, con oficina y ascos-vestuario.

Se dotará de energía eléctrica y agua, tal como se indica en el anexo nº 6.

También se plantarán barreras arbóreas en todo el perímetro del relleno, reduciendo así el posible impacto visual.

#### 3.4.3.4. Operación del relleno

En nuestro caso, la solución que proponemos es realizar un relleno de alta densidad (1,2 Tn/m<sup>3</sup>) y explotado por zonas tal como se indica en los planos.

#### 3.4.3.5. Medios materiales y humanos

Para que la operación del relleno sanitario sea efectiva y se haga de acuerdo con el método propuesto, es necesario dotar al mismo de los siguientes medios:

#### Medios Materiales

- Planta pepenco.
- Planta de tratamiento de R.S.M. para transformación en pacas de alta densidad, de 40 Tn/h.

- Tres carretillas polivalentes telescópicas
- Tres plataformas remolque para 16 Tn.
- Una retroexcavadora cuya potencia sea mayor de 120 CV.
- Un camión Dumper 12 m3.

#### Medios Humanos

- Un jefe del relleno
- Dos operadores-mecánicos (retroexcavadora)
- Cuatro maquinistas (carretillas)
- Dos operarios.
- Dos pesadores-vigilantes.
- Un velador.
- Dos ayudantes mecánicos.

#### **3.4.3.6. Clausura**

Dado que el relleno sanitario se ubica en el actual tiradero, se irá procediendo a la clausura del mismo, según vayan avanzando las obras mediante su sellado, necesario para preparar la explanada del nuevo relleno sanitario, según anexo 6 y 6 Bis.

### **3.5. RESIDUOS ESPECIALES**

#### **3.5.1. HOSPITALARIOS**

Actualmente se almacenan, recolectan y transportan al tiradero, sin medidas especiales.

En el anexo nº 4, se explica como se recolectan los residuos hospitalarios, y en el anexo nº 7 se indican los posibles tratamientos que pueden realizarse para su elimina-

ción: incineración o esterilización y para pequeñas producciones, disposición en celdas especiales en el relleno sanitario.

En función de lo expuesto en el anexo 7, los residuos producidos en Ciudad del Carmen serán:

**CUADRO DE LOS RESIDUOS CLASIFICADOS SEGUN LOS GRUPOS I, II, III Y CITOSTATICOS (Kg/día)**

Nº CAMAS	180
GRUPO I	342
GRUPO II	153
GRUPO III	45
CITOSTATICOS (10%)	5
TOTAL	515

La producción de residuos del grupo III es la que nos ocupa y según lo calculado arroja una cifra diaria de 45 Kg, por lo que los residuos generados en un año serán:

$$45 \times 365 \text{ días} = 16.425 + 10\% = 18.067 \text{ Kg/año} = 18 \text{ Tm/año}$$

Es evidente que con esta escasa generación de este tipo de residuos no procede ni la incineración ni la esterilización, por lo que se propone la construcción de una celda específica en el Relleno Sanitario, cuyo dimensionamiento y características deberán definirse en el correspondiente proyecto ejecutivo.

El costo medio operacional, en los países desarrollados, es de 2 N\$/cama y día lo que supone:

$$180 \text{ camas} \times 2 \text{ N\$/cama día} = 360 \text{ N\$/día}$$

En cuanto a la recolección, el proyecto ejecutivo diseñará el sistema más apropiado y económico, si bien en aras de la seguridad, se sugiere considerar todos los residuos hospitalarios (excluyendo oficinas, cocina, etc.) como infecciosos, y en consecuencia utilizar para su almacenamiento y transporte a la disposición final, el contenedor previsto para el grupo III, es decir hermético, impermeable resistente a la perforación.

### 3.5.2. OTROS RESIDUOS

Además de los hospitalarios, existe un conjunto que merece un tratamiento específico:

- industriales
- voluminosos
- animales muertos
- desperdicios de mercados
- residuos de la limpieza viaria
- residuos procedentes de recolección selectiva

De esta selección, el anteproyecto no contempla la problemática de los residuos sólidos de procedencia industrial, si bien en el anexo 4, al igual que para los demás, se indica su forma de recolección. En cualquier caso, el proyecto ejecutivo, deberá diseñar con detalle el sistema de almacenamiento, recolección y eliminación de esta clase de residuos.

### 3.6. CAMPAÑA DE CONCIENTIZACION CIUDADANA

La problemática actual de los R.S.M. en Ciudad del Carmen, puede resumirse en:

- 1.- Almacenamiento inadecuado, que implica una deficiente operación, un impacto negativo sobre el medio ambiente urbano y falta de seguridad e higiene en el trabajo de los operarios.
- 2.- Recolección, tanto por el método utilizado como por la disparidad y estado de conservación de los vehículos, de un costo elevado.
- 3.- Disposición final, en tiradero incontrolado

La solución integral que plantea este anteproyecto significa:

- 1.- Contenerización para dar servicio al 100% de la población de la ciudad, (incluyendo las zonas marginales), implantada de manera gradual y no indiscriminada.
- 2.- Recolección diaria mediante vehículos de características homogéneas, con cajas compactadoras de carga trasera, dotadas de elevacontenedores.
- 3.- Construcción del relleno sanitario, para un horizonte de 10 años, y adquisición de terrenos para la ampliación de su vida útil a 20.
- 4.- Mejora del sistema actual de operación, incluyendo la reordenación de la peña.

Lograr estos objetivos, requiere importantes inversiones, que al menos en parte, deberán recuperarse, mediante el cobro del servicio, implantando la correspondiente tarifa, que deberá ser aplicada gradualmente en función de los estratos de población, tipología edificatoria, procedencia de los residuos (comercios, hoteles, restaurantes) etc.

Para que todo lo expuesto, tenga éxito es fundamental su aceptación por los destinatarios, de ahí que se considere fundamental la realización de una campaña de concientización ciudadana, por lo que se incluye el anexo nº 8, en el que se describe una propuesta al efecto.

CAPITULO - 4  
COSTOS DE INVERSION  
DE LA SOLUCION INTEGRAL

**4.1. Presupuesto de diseño**

**(Disposición final: relleno sanitario con pacas de alta densidad)**

4.1.1.- HONORARIOS DE ESTUDIOS

CONCEPTO	UNID	P.U.	CANTIDAD	IMPORTE	TOTAL
I.- ESTUDIOS TECNICOS (Topografía, Hidrología, Geotecnia, etc.)	P.A.	66.000	1	66.000	66.000
II.- PROYECTO DE RECOLECCION Y TRANSPORTE	P.A.	125.000	1	125.000	125.000
III.- PROYECTO EJECUTIVO OBRA CIVIL	P.A.	300.000	1	300.000	300.000
IV.- ESTUDIO EJECUTIVO DE LAS MEDIDAS ATENUANTES DE IMPACTO AMBIENTAL. (Integración paisajística, Pantallas vegetales, Plan de vigilancia ambiental, etc.)	P.A.	100.000	1	100.000	100.000
V.- SUPERVISION DE OBRA CIVIL.	P.A.	150.000	1	150.000	150.000
<b>IMPORTE TOTAL DE LOS HONORARIOS DE ESTUDIOS</b>					<b>741.000</b>

P.A.: Partida Alzada

## 4.1.2.- OBRA CIVIL.

CONCEPTO	UNID	P.U.	CANTIDAD	IMPORTE	TOTAL
I.- ADQUISICION TERRENOS PARA EL SITIO DE LA DISPOSICION FINAL					300000
Terrenos	Ha	20000	15	300000	
II.- CAMINO DE ACCESO					119000
Limpieza y desentraice del terreno	m2	2	5000	10000	
Formación de firme compuesto por 50 cm. de terreno seleccionado, 20 cm. de macadan bituminoso y 6 cm. de aglomerado asfáltico	m2	30	3500	105000	
Cunetas perimetrales	ml	4	1000	4000	
III.- ACONDICIONAMIENTO DEL SITIO					10438300
Talas, desbroces y replanteos	P.A.	20000	1	20000	
Cuneta perimetral de recogida de aguas superficiales	ml	9	1500	13500	
Material drenante de seguridad y control	m3	50	30000	1500000	
Suministro y tendido de arcillas ( 50 cm. de espesor )	m3	8	75000	600000	
Suministro de geomembrana de polietileno de alta densidad de 1,5 mm. de espesor	m2	28	150000	4200000	
Colocación, tendido y termofusionado de geomembrana	m2	10	150000	1500000	
Drenaje longitudinal recogida lixiviados	ml	30	1500	45000	
Drenes transversales recogida lixiviados	ml	13	600	7800	
Material drenante de recogida de lixiviados	m3	50	30000	1500000	
Formación de dique de contención de arcillas	m3	10	84800	848000	
Suministro y colocación de tubos para ventilación de gases	ml	88	250	22000	
Cerca perimetral a base de malla de alambre plastificado de dos metros de altura, incluso parte proporcional de soportes, cimentación y portálón de entrada	ml	70	2600	182000	
IV.- OBRA CIVIL COMPLEMENTARIA					738950
Formación y compactación de terraplenes con material procedente de despalme	m3	5	2800	14000	
Concreto h-200 en muro para tolva	m3	350	225	78750	
Concreto h-150 con mallazo en soleras	m3	300	2154	646200	

P.A.: Partida Alzada      PZA.: Pieza

4.1.2.- OBRA CIVIL. (continuación)

CONCEPTO	UNID	P.U.	CANTIDAD	IMPORTE	TOTAL
<b>V.- URBANIZACION Y EDIFICIOS</b>					<b>1.152.500</b>
Desmonte, despalme y excavación para formación de plataformas y accesos interiores	m3	7	70.000	490.000	
Formación y compactación de terraplenes con material procedente de despalme	m3	5	70.000	350.000	
Formación de firme compuesto por 50 cm. de terreno seleccionado, 20 cm. de macadam bituminoso y 6 cm. de aglomerado asfáltico en carreteras interiores y aparcamientos	m2	30	4.000	120.000	
Construcción de nave taller (150 m2 )	m2	300	150	45.000	
Construcción de caseta de control y vigilancia ( 16 m2 )	m2	625	16	10.000	
Suministro y montaje de báscula de 40 tn.,incluso equipo informático	PZA	137.500	1	137.500	
<b>VI.- SERVICIOS</b>					<b>700.000</b>
Suministro y montaje de acometida eléctrica incluso centro de transformación	P.A.	500.000	1	500.000	
Suministro y construcción de acometida de agua	P.A.	200.000	1	200.000	
<b>VII.- TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS</b>					<b>121.000</b>
Construcción de foso de lixiviados	PZA	40.000	1	40.000	
Suministro y montaje de bomba centrífuga de 20 CV	P.A.	81.000	1	81.000	
<b>VIII.- OBRAS ATENUANTES DEL IMPACTO AMBIENTAL</b>					<b>575.000</b>
Plantación pantallas arbóreas	P.A.	225.000	1	225.000	
Revegetación taludes	P.A.	150.000	1	150.000	
Programa de vigilancia ambiental	P.A.	200.000	1	200.000	

P.A.: Partida Alzada PZA.: Pieza

4.1.2.- OBRA CIVIL. (continuación)

CONCEPTO	UNID	P.U.	CANTIDA	IMPORTE	TOTAL
<b>IX.-SELLADO TIRADERO ACTUAL.</b>					<b>1.050.000</b>
Acondicionamiento de basuras	m2	3	150.000	450.000	
Suministro y tendido de arcillas	m3	8	75.000	600.000	
<b>X.- TRATAMIENTO RESIDUOS HOSPITALARIOS</b>					<b>120.000</b>
Construcción de celda especial	P.A.	120.000	1	120.000	
<b>B.- INVERSION TOTAL OBRA CIVIL</b>					<b>15.314.750</b>

P.A.: Partida Alzada    P.Z.A.: Pieza

4.1.3.- EQUIPOS

CONCEPTO	UNID.	P.U.	CANTIDAD	IMPORTE	TOTAL
<b>I.- CONTENERIZACION</b>					<b>1.779.825</b>
Contenedores	1000 l.	775	1.463	1.113.825	
Vehículo lava-contenedores	7x7 m3	356.000	1	356.000	
Vehículo de mantenimiento		145.000	2	290.000	
<b>II.- RECOLECCION Y TRANSPORTE</b>					<b>2.140.000</b>
Equipos recolectores-compactadores	16 m3	240.000	8	1.920.000	
Equipos recolectores-satélites	4 m3	110.000	2	220.000	
<b>III.- TRATAMIENTO Y DISPOSICION FINAL.</b>					<b>5.120.000</b>
Tolva de descarga y cinta alimentadora	PZA	725.000	1	725.000	
Máquina de prensado	PZA	2.400.000	1	2.400.000	
Plataforma remolcable	PZA	67.000	3	201.000	
Carretilla elevadora	PZA	280.000	3	840.000	
Camión dumper de 12 m3	PZA	110.000	1	110.000	
Retroexcavadora	PZA	700.000	1	700.000	
Máquina de lavado de agua caliente	PZA	44.000	1	44.000	
Maquinaria de taller	PZA	100.000	1	100.000	
<b>C.- TOTAL INVERSION EQUIPOS</b>					<b>9.039.825</b>

PZA.: Pieza

4.1.4.- RESUMEN PRESUPUESTO DE DISEÑO

CONCEPTO	UNID.	P.U.	CANTIDAD	IMPORTE	TOTAL
A.- ESTUDIOS					741.000
B.- OBRA CIVIL					15.314.750
C.- EQUIPOS					9.039.825
<b>TOTAL PRESUPUESTO DE DISEÑO</b>					<b>25.095.575</b>

#### ***4.2. Opción Pepena***

4.2.1.- INSTALACIONES

CONCEPTO	UNID.	P.U.	CANTIDAD	IMPORTE	TOTAL
Tromel dislacerante	PZA	230.000	1	230.000	
Cintas de pepenaje con cubrición	PZA	350.000	1	350.000	
<b>TOTAL INSTALACIONES PEPENA</b>					<b>580.000</b>

PZA.: Pieza

4.2.2.- RESUMEN DE PRESUPUESTO DE DISEÑO CON PEPENA

CONCEPTO	UNID.	P.U.	CANTIDAD	IMPORTE	TOTAL
4.1.1.- ESTUDIOS					741.000
4.1.2.- OBRA CIVIL					15.314.750
4.1.3.- EQUIPOS					9.039.825
4.2.1.- EQUIPOS PEPENA					580.000
<b>TOTAL PRESUPUESTO DE DISEÑO CON PEPENA</b>					<b>25.675.575</b>

***4.3. Operación disposición final, relleno sanitario  
de pacas de alta densidad***

4.3.- OPERACION. DISPOSICION FINAL: RELLENO SANITARIO DE PACAS DE ALTA DENSIDAD

CONCEPTO	N\$/año	CANTIDAD	IMPORTE	TOTAL	N\$/tn
<b>I.- CONTENERIZACION</b>				362421	7,47
Vehículo lava-contenedores 7000 + 7000 litros	58400	1	58400		
Combustible	26000				
Lubricantes	3900				
Llantas	6500				
Reparaciones	18500				
Seguros e impuestos	3500				
Vehículo de mantenimiento	40600	2	81200		
Combustible	18000				
Lubricantes	2700				
Llantas	4500				
Reparaciones	12600				
Seguros e impuestos	2800				
Reposición y reparación de contenedores	77	1463	112651		
Detergentes	21500	1	21500		
Vigilante	12650	1	12650		
Chofer	13770	3	41310		
Ayudantes	11570	3	34710		
<b>II.- RECOLECCION Y TRANSPORTE:</b>				1293925	26,65
Equipo recolector-compactador de 16 m3	46300	5	231500		
Combustible	20000				
Lubricantes	2800				
Llantas	5000				
Reparaciones	14000				
Seguros e impuestos	4000				
Equipo recolector-compactador de 7,5 m3	25474	7	178318		
Combustible	11250				
Lubricantes	1350				
Llantas	2812				
Reparaciones	2825				
Seguros e impuestos	2187				

## 4.3.- (Continuación)

CONCEPTO	N\$/año	CANTIDAD	IMPORTE	TOTAL	N\$/tn
Equipo recolector-satélite de 4 m3	35620	2	71240		
Combustible	16000				
Lubricantes	1920				
Llantas	4000				
Reparaciones	11200				
Seguros e impuestos	2500				
Chofer	13770	14	192780		
Ayudante	11570	28	323960		
Vigilante	12650	2	25300		
Encargado de servicio	21840	1	21840		
Ayudante mecánico	16500	2	33000		
Mecánico	21840	1	21840		
Electricista	21840	1	21840		
Velador	11570	1	11570		
Secretaria	11570	2	23140		
Recaudador	15000	1	15000		
Encargado recursos materiales	25000	1	25000		
Encargado recursos humanos	25000	1	25000		
Subdirector Servicios	32600	1	32600		
Director Servicios	40000	1	40000		
III.- TRATAMIENTO Y DISPOSICION FINAL				515280	10,61
Pala compactadora Cat 816 ó similar	54300	4	217200		
Combustible	28000				
Lubricantes	4300				
Reparaciones	19500				
Seguros e impuestos	2500				

## 4.3.- (Continuación)

CONCEPTO	N\$/año	CANTIDAD	IMPORTE	TOTAL	N\$/tn
Máquina de prensado	129801	1	129801		
Energía	85500				
Lubricantes	4044				
Reparaciones	12953				
Repuestos	12303				
Seguros e impuestos	15000				
Carretilla elevadora	20031	3	60094		
Combustible	10850				
Lubricantes	1628				
Llantas	2713				
Reparaciones	2341				
Seguros e impuestos	2500				
Plataforma remolcable	3820	3	11460		
Lubricantes	200				
Llantas	1350				
Reparaciones	770				
Seguros e impuestos	1500				
Retroexcavadora	18000	1	18000		
Combustible	7850				
Lubricantes	1150				
Llantas	1800				
Reparaciones	5200				
Seguros e impuestos	2000				
Camión Dumper de 12 m <sup>3</sup>	13780	1	13780		
Combustible	5500				
Lubricantes	630				
Llantas	1350				
Reparaciones	3800				
Seguros e impuestos	2500				
Jefe de Relleno Sanitario	21840	1	21840		
Operador máquina (Carretilleros)	16680	4	66720		
Operador mecánico-maquinista	21840	2	43680		

4.3.- (Continuación)

CONCEPTO	N\$/año	CANTIDAD	IMPORTE	TOTAL	N\$/tn
Pesador vigilante	13770	2	27540		
Velador	11570	1	11570		
Operarios	11570	2	23140		
<b>IMPORTE DE LA OPERACION * SIN * PEPENA</b>				<b>2115766</b>	<b>43,59</b>
<b>IV.- PEPENA</b>				<b>99959</b>	<b>2,06</b>
Tromel dislacerante	28497	1	28497		
Energia	8550				
Lubricantes	1069				
Reparaciones	12569				
Repuestos	4809				
Seguros e impuestos	1500				
Cintas de pepenaje	38462	1	38462		
Energia	12360				
Lubricantes	2472				
Reparaciones	14832				
Repuestos	6798				
Seguros e impuestos	2000				
Ayudante mecanico	16500	2	33000		
<b>IMPORTE DE LA OPERACION * CON * PEPENA</b>				<b>2215725</b>	<b>45,65</b>

#### ***4.4. Opción Relleno Sanitario de Media Densidad***

#### **4.4.- OPCION RELLENO SANITARIO DE MEDIA DENSIDAD**

A los efectos de comparación con la solución elegida, se calculan los costes de la opción de relleno sanitario de media densidad, tanto para la inversión (estudios, obra civil y equipos) como de la operación, en ambos casos con o sin pepena.

Para ello se consideran los siguientes criterios:

- 1º.- Se utiliza la misma superficie de parcela. En el cuadro siguiente se calcula el volumen que ocupa esta opción, resultando disminuida la vida útil del relleno en 8 años.
- 2º.- Se supone el mismo coste para los estudios, obra civil principal, contenerización y equipos de recolección, descontándose la obra civil complementaria, si no hay pepena.

4.4.1.- OPCION RELLENO SANITARIO DE MEDIA DENSIDAD (INVERSION)

A) SIN INSTALACION DE PEPENA

CONCEPTO	UNID.	P.U.	CANTIDAD	IMPORTE	TOTAL
HONORARIOS DE ESTUDIOS = 4.1.1.				741.000	741.000
OBRA CIVIL = 4.1.2. - OBRA CIVIL COMP. = 738.950				14.575.800	14.575.800
EQUIPOS DE CONTENORIZACION, RECOLECCION Y TRANSPORTE = 4.1.3.A + 4.1.3.BI				3.919.825	3.919.825
III.- TRATAMIENTO Y DISPOSICION FINAL				2.854.000	2.854.000
Camión dumper de 12 m3	PZA	110.000	1	110.000	
Pala compactadora Cat 816 o similar	PZA	950.000	2	1.900.000	
Retroexcavadora	PZA	700.000	1	700.000	
Máquina de lavado de agua caliente	PZA	44.000	1	44.000	
Maquinaria de taller	PZA	100.000	1	100.000	
<b>IMPORTE TOTAL</b>					<b>22.090.625</b>

B) INSTALACION DE PEPENA

IV.- PEPENA					1.318.950
Obra civil complementaria				738.950	
Tranel dislacerante	PZA	230.000	1	230.000	
Cintas de pepenaje con cubrición	PZA	350.000	1	350.000	
<b>IMPORTE DE LA PEPENA</b>					<b>1.318.950</b>

<b>IMPORTE DE LA INVERSION CON PEPENA</b>					<b>23.409.575</b>
---	--	--	--	--	-------------------

4.4.2.- OPCION RELLENO SANITARIO DE MEDIA DENSIDAD (OPERACION)

CONCEPTO	N\$/año	CANTIDAD	IMPORTE	TOTAL	N\$/tn
<b>I.- CONTENERIZACION</b>				362421	7,47
Vehículo lava-contenedores 7000+7000 litros	58400	1	58400		
Combustible	26000				
Lubricantes	3900				
Llantas	6500				
Reparaciones	18500				
Seguros e impuestos	3500				
Vehículo de mantenimiento	40600	2	81200		
Combustible	18000				
Lubricantes	2700				
Llantas	4500				
Reparaciones	12600				
Seguros e impuestos	2800				
Reposición y reparación de contenedores	77	1463	112651		
Detergentes	21500	1	21500		
Vigilante	12650	1	12650		
Chofer	13770	3	41310		
Ayudantes	11570	3	34710		
<b>II.- RECOLECCION Y TRANSPORTE</b>				1293925	26,65
Equipo recolector-compactador de 16 m3	46300	5	231500		
Combustible	20000				
Lubricantes	2800				
Llantas	5000				
Reparaciones	14000				
Seguros e impuestos	4000				
Equipo recolector-compactador de 7,5 m3	25474	7	178318		
Combustible	11250				
Lubricantes	1350				
Llantas	2812				
Reparaciones	7875				
Seguros e impuestos	2187				

4.4.2.- (Continuación)

CONCEPTO	N\$/año	CANTIDAD	IMPORTE	TOTAL	N\$/tn
Retroexcavadora	42850	1	42850		
Combustible	19500				
Lubricantes	3000				
Llantas	4850				
Reparaciones	13500				
Seguros e impuestos	2000				
Camión dumper de 12 m3	18250	1	18250		
Combustible	7000				
Lubricantes	1100				
Llantas	1750				
Reparaciones	5900				
Seguros e impuestos	2500				
Jefe de relleno sanitario	21840	1	21840		
Operador máquina	16680	2	33360		
Operador mecánico	21840	2	43680		
Pesador vigilante	13770	2	27540		
Velador	11570	1	11570		
Operarios	11570	2	23140		
Ayudante mecánico	16500	2	33000		
<b>IMPORTE DE LA OPERACION " SIN " PEPEÑA</b>				<b>2020176</b>	<b>41,61</b>
<b>IV.- PEPEÑA</b>				<b>279678</b>	<b>5,76</b>
Tolva de descarga y cinta alimentadora	40825	1	40825		
Energía	13500				
Lubricantes	2700				
Reparaciones	16200				
Repuestos	7425				
Seguros e impuestos	1000				

4.4.2.- (Continuación)

CONCEPTO	N\$/año	CANTIDAD	IMPORTE	TOTAL	N\$/tn
Retroexcavadora	42850	1	42850		
Combustible	19500				
Lubricantes	3000				
Llantas	4850				
Reparaciones	13500				
Seguros e impuestos	2000				
Camión dumper de 12 m3	18250	1	18250		
Combustible	7000				
Lubricantes	1100				
Llantas	1750				
Reparaciones	5900				
Seguros e impuestos	2500				
Jefe de relleno sanitario	21840	1	21840		
Operador máquina	16680	2	33360		
Operador mecánico	21840	2	43680		
Pesador vigilante	13770	2	27540		
Velador	11570	1	11570		
Operarios	11570	2	23140		
Ayudante mecánico	16500	2	33000		
<b>IMPORTE DE LA OPERACION " SIN " PEPENA</b>				<b>2020176</b>	<b>41,61</b>
<b>IV.- PEPENA</b>				<b>279678</b>	<b>5,76</b>
Tolva de descarga y cinta alimentadora	40825	1	40825		
Energía	13500				
Lubricantes	2700				
Reparaciones	16200				
Repuestos	7425				
Seguros e impuestos	1000				

## 4.4.2.- (Continuación)

CONCEPTO	N\$/año	CANTIDAD	IMPORTE	TOTAL	N\$/tn
Tromel dislacerante	36233	1	36233		
Energía	11000				
Lubricantes	1365				
Reparaciones	16170				
Repuestos	6188				
Seguros e impuestos	1500				
Cintas de pepenaje	49200	1	49200		
Energía	16000				
Lubricantes	3200				
Reparaciones	19200				
Repuestos	8800				
Seguros e impuestos	2000				
Cabeza tractora	30600	2	61200		
Combustible	8500				
Lubricantes	2100				
Llantas	5000				
Reparaciones	13000				
Seguros e impuestos	2000				
Contenedores 50 m3 rehulcables	5250	4	21000		
Lubricantes	500				
Llantas	1750				
Reparaciones	1500				
Seguros e impuestos	1500				
Operador mecanico	21840	2	43680		
Chofer	13.770	2	27540		
<b>IMPORTE DE LA OPERACION * CON * PEPENA</b>				<b>2299854</b>	<b>47,37</b>

CAPITULO - 5  
MANIFESTACION DE IMPACTO AMBIENTAL

## **CAPITULO 5.- MANIFESTACION DEL IMPACTO AMBIENTAL**

### **A.- CONSIDERACIONES OPERACIONALES.**

El presente anteproyecto propone un sistema de almacenamiento, recolección, transporte y tratamiento de los residuos sólidos.

Los desechos que se incluyen son: todos los residuos sólidos municipales, (R.S.M.) procedentes de las siguientes actividades: domiciliarias, comerciales, de servicios, limpieza viaria, abandono de animales muertos; los residuos sólidos inertes (R.S.I.), muebles, electrodomésticos y otros enseres, construcción de obras menores y; los residuos hospitalarios (R.H.). Quedan excluidos los residuos industriales que tengan carácter tóxico y/o peligroso.

Para la elaboración y diseño del anteproyecto de recolección y eliminación de desechos se ha señalado como objetivo fundamental mejorar las condiciones del medio ambiente urbano, la calidad de vida de la población, la higiene sanitaria y la limpieza en general. Este objetivo se desglosa en las siguientes medidas de carácter operacional:

- 1º.- Implementar las zonas urbanas y suburbanas de sistemas homogéneos de almacenamiento a base de recipientes con tapa de buen aspecto para mejorar la higiene y la estética urbana.
- 2º.- Proporcionar una recolección ordenada y de carga rápida, que además sea limpia y silenciosa de los R.S.M., R.I. y R.H. generados en el medio urbano y suburbano.
- 3º.- Brindar un transporte efectivo de los residuos mediante equipos móviles cerrados con carga trasera y elevador automático de contenedores. Estos camiones

estarán dotados de un sistema de compactación hidráulica de basura que economizará el número de viajes desde los núcleos de generación hasta las instalaciones de descarga.

4º.- Realizar la limpieza y conservación de los equipos de almacenamiento, mediante camiones lavacontenedores y el mantenimiento de los equipos móviles de transporte: camiones compactadores.

5º.- Procurar la eliminación ecológica y segura de los residuos, aplicando una técnica higiénica y controlada de bajo costo, procurando la restauración del ámbito geográfico afectado.

6º.- Fortalecer las instituciones en su aspecto técnico para asegurar la operación y el mantenimiento costo-efectivo de los sistemas de desechos sólidos a largo plazo.

Se trata de un anteproyecto de operación integral de los R.S.M., en el que la mayoría de los impactos potenciales han sido valorados, analizados y resueltos como parte integrante del diseño de proyecto.

El alcance y contenido del anteproyecto se describe en los demás apartados del presente documento. Las posibles alternativas se han valorado conjuntamente y su aceptación o rechazo han servido como referencia de comparación para las actuaciones propuestas con el fin de minimizar en lo posible los efectos ambientales negativos. Así, se mejora el aseo urbano implementando un plan de contenerización para el área urbana. La recolección se realizará con modernos equipos móviles y aumentando la eficacia del sistema de compactación. La disposición final se realiza en relleno sanitario con una recuperación previa de subproductos.

## B.- CONSIDERACIONES AMBIENTALES

Se realiza un estudio general de la situación ambiental de las zonas urbanas y suburbanas teniendo en cuenta la ordenación y disposición de las cuerdas y las condiciones de paisaje y aseo urbano. Además se reconoce el ámbito geográfico afectado, valorándose la distancia del centro de generación a los sitios de disposición final y los posibles núcleos de población cercanos.

Se estudia el medio físico y el medio biótico de los espacios naturales que se van a ocupar (anexo nº 1), enumerando los posibles impactos generados con la puesta en marcha del anteproyecto; planteándose las correspondientes medidas atenuantes para corregir los efectos negativos originados por diferencia de "sin" y "con" anteproyecto.

El seguimiento de la ejecución del proyecto y de las obras, así como de la aplicación de las medidas atenuantes se realiza a través del Plan de Vigilancia Ambiental en el que se especifican el alcance y el contenido de las verificaciones y de los monitoreos exigidos en la legislación vigente, señalándose la frecuencia en que deben de ser efectuados. Durante la fase de operación se contemplarán todos los extremos reseñados en el estudio de impactos potenciales, aplicándose las medidas atenuantes correspondientes. asimismo se adoptará el Reglamento de Funcionamiento propuesto (anexo nº 1, apto. 4).

Finalmente se procederá a la restauración integral de la zona afectada, procurando la recuperación, protección y conservación de los recursos naturales y el equilibrio de los ecosistemas.

## C.- CONSIDERACIONES DE CARACTER ADMINISTRATIVO Y SOCIAL

La adopción de este anteproyecto supone una gran mejora del almacenamiento, recolección, transporte, tratamiento y disposición final de los R.S.M.. La Corporación Municipal debería estudiar la creación de un servicio concesionado, que incluya todos los niveles de actuación, estableciendo el marco normativo de participación del sector público-privado. Además debería potenciar la reutilización ordenada de subproductos mediante el reciclaje, reduciendo los volúmenes a disponer en los rellenos sanitarios.

Al comienzo de la puesta en marcha del proyecto, se realizará una campaña de concientización ambiental para dar a conocer la responsabilidad de los ciudadanos de participar y cooperar con el sistema operacional propuesto. Esta campaña se realizará periódicamente siempre que sea necesario informar a los residentes de la necesidad de eliminar apropiadamente la basura.

El servicio concesionario en coordinación con la administración competente, se desarrollarán cursos de capacitación y adecuación del personal encargado, con el fin de asegurar la operatividad técnica del manejo y el mantenimiento y conservación de los equipos y las instalaciones.

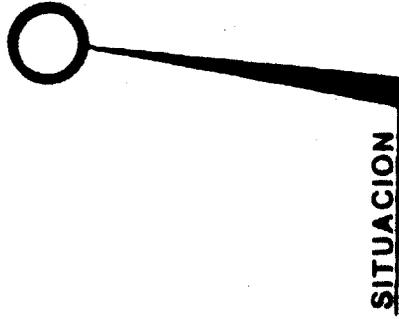
De acuerdo con las normas establecidas en el Programa Nacional para la protección del medio ambiente 1990-1994; Ley General del Equilibrio Ecológico; Ley Estatal del Equilibrio Ecológico y demás normas vigentes, de manera continua se verificará el Plan de Vigilancia Ambiental y la implementación de medidas atenuantes para corregir los efectos negativos originados por diferencia de "sin" y "con" anteproyecto. Asimismo, se facilitarán los resultados del monitoreo ambiental a la administración ambiental, teniendo en cuenta las prescripciones normativas, haciéndolas más restrictivas en caso de que fuera necesario.

**LOCALIZACION**



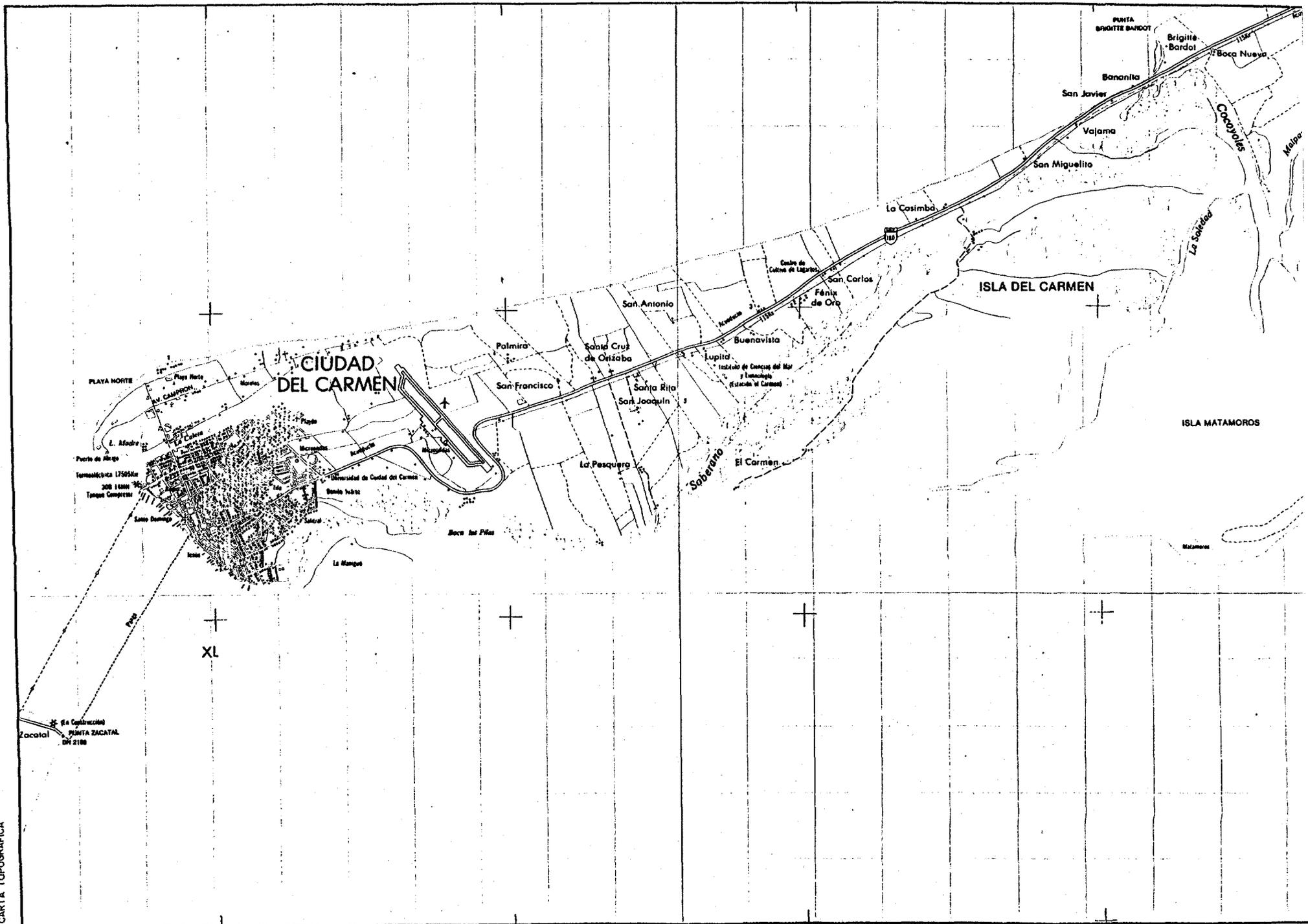
<b>ANTEPROYECTO Y EVALUACION MEDIOAMBIENTAL DE LA SOLUCION INTEGRAL DE LOS RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES DE LA CIUDAD DEL CARMEN</b>	<b>FECHA:</b> JUNIO 1988	<b>ESCALA:</b>	<b>TITULO DE PLANO:</b> LOCALIZACION	<b>Nº DE PLANO:</b> 1
---	-----------------------------	----------------	---	--------------------------

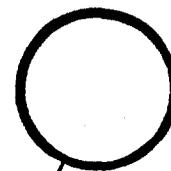




**SITUACION**

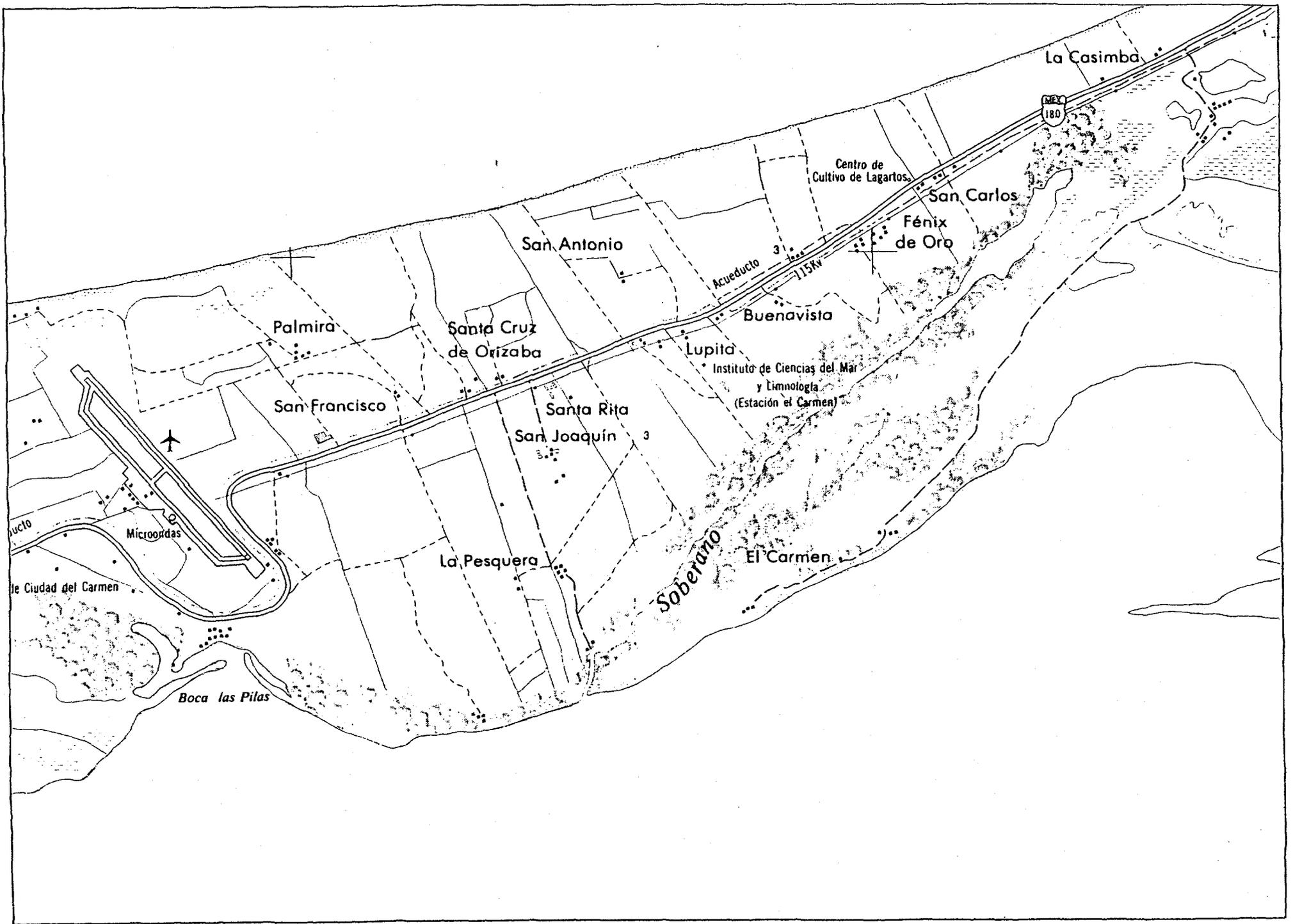
<b>ANTEPROYECTO Y EVALUACION MEDIOAMBIENTAL DE LA SOLUCION INTEGRAL DE LOS RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES DE LA CIUDAD DEL CARMEN</b>	<b>FECHA</b> JUNIO 1993	<b>ESCALA</b> 1/50.000	<b>TITULO DE PLANO:</b> SITUACION	<b>NO DE PLANO</b> 2
---	----------------------------	---------------------------	--------------------------------------	-------------------------





**UBICACION**

<b>ANTEPROYECTO Y EVALUACION MEDIOAMBIENTAL DE LA SOLUCION INTEGRAL DE LOS RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES DE LA CIUDAD DEL CARMEN</b>	<b>FECHA:</b> JUNO 1993	<b>ESCALA:</b> 1/25.000	<b>TITULO DE PLANO:</b> UBICACION	<b>Nº DE PLANO:</b> 3
---	----------------------------	----------------------------	--------------------------------------	--------------------------





ANTEPROYECTO Y EVALUACION MEDIOAMBIENTAL DE LA SOLUCION INTEGRAL  
DE LOS RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES DE LA CIUDAD DEL CARMEN

FECHA:

JUNIO 1993

ESCALA:

TITULO DE PLANO:

ESTRUCTURA URBANA

Nº DE PLANO

4

**EVALUACION AMBIENTAL: SOLUCION PROPUESTA CUADRO I**

ACTIVIDAD	SITUACIÓN ACTUAL	PROPUESTA SOLUCIÓN INTEGRAL
<p>ALMACENAJE</p>	<p>Depósitos abiertos Insuficiente Distribución anárquica</p>	<p>Contenerización Recipientes homogéneos Cerrados Bien ubicados</p>
<p>RECOLECCIÓN</p>	<p>Camiones caja abierta Insuficiente Irregular - Descontrolada</p>	<p>Ordenada Limpia Automatizada Vaciado y lavado de contenedores Carga trasera en el camión</p>
<p>TRANSPORTE</p>	<p>Insuficiente Pérdida de material Desordenado</p>	<p>Camión compactador Transporte directo Control hora de carga Control horas de descarga</p>
<p>DISPOSICIÓN FINAL</p>	<p>Pepena "in situ" Tiradero Descontrolado</p>	<p>Impermeabilización Cierre perimetral Zona de descarga - Cinta transportadora Pepena y recuperación de subproductos Relleno sanitario</p>
<p>RESTAURACIÓN</p>	<p>Ninguna Abandono</p>	<p>Ocultamiento total en operación Restitución de paisaje Restauración Uso posterior</p>

- 3.- Construcción del relleno sanitario, para un horizonte de 10 años, y adquisición de terrenos para la ampliación de su vida útil a 20.
- 4.- Mejora del sistema actual de operación, incluyendo la reordenación de la pepena.
- 5.- Almacenamiento y transporte al relleno en contenedores herméticos y depósito en celda especial, de los residuos hospitalarios.

Los residuos sólidos a eliminar serán los procedentes de las actividades descritas en la Memoria. Dichos residuos forman parte de la realidad diaria de todas las entidades de población y cada vez se genera un mayor volumen de ellos, por lo que su manejo (recolección, eliminación-reciclado) se hace más difícil. Este aumento y la dificultad en la operación viene dado por los siguientes factores:

- Rápido crecimiento demográfico.
- Concentración de la población en centros urbanos.
- Utilización de bienes materiales de rápido envejecimiento.
- Nuevas tendencias de consumo (uso de envase no retornables, poco o nada degradables).

En este documento se presenta un modelo de operación de vanguardia, que solucionará los problemas ambientales generados por los R.S.M. con disposición final de los mismos, mediante un tratamiento adecuado y calculado sobre bases técnicas que producirá una importantísima mejora en las condiciones higiénico-sanitarias, ambientales, ecológicas y sociales de la población en general.

## **2. DESCRIPCION DEL ANTEPROYECTO**

El anteproyecto constituye una mejora integral en el sistema de operación de residuos sólidos del Ayuntamiento de Ciudad del Carmen. Se divide en 4 fases, más en un sentido didáctico que operacional, ya que cada una de estas fases estarán relacionadas entre sí, tanto en el espacio como en el tiempo:

FASE I.- Modificación del modelo de manejo actual y clausura del tiradero existente.

FASE II.- Instalación de nuevos equipos móviles de almacenamiento, recolección y transporte de residuos sólidos. Dotación de nuevas infraestructuras.

FASE III.- Preparación y acondicionamiento de la nueva Disposición Final de los residuos.

FASE IV.- Clausura, recuperación e integración paisajística del Relleno Sanitario realizado.

### **FASE I.- MODIFICACION DEL MODELO DE MANEJO ACTUAL Y CLAUSURA DEL TIRADERO EXISTENTE.**

El anteproyecto contempla mejoras en la recolección de los desechos sólidos, modificando y mejorando los sistemas de almacenamiento urbano, la recolección con equipos móviles cerrados, el transporte y la disposición final en un relleno sanitario.

Lograr estos objetivos, requiere importantes inversiones, que al menos en parte, deberán recuperarse, mediante el cobro del servicio, implantando la correspondiente tarifa, que deberá ser aplicada gradualmente en función de los estratos de población, tipología edificatoria, procedencia de los residuos (comercios, hoteles, restaurantes, etc.)

Para que todo lo expuesto, tenga éxito, es fundamental su aceptación por los destinatarios, de ahí que se considere fundamental la realización de la correspondiente campaña de concientización ciudadana.

En la actualidad el acopio de desechos y basuras se realiza de forma incontrolada en un tiradero según el sistema consistente en abrir una zanja y llenarla hasta su colmatación de los residuos recolectados, sin ningún tipo de control. Dicho tiradero se comunica con la ruta federal 180 por medio de un camino de 1,5 km. Las cunetas de dicho camino están cubiertas de vegetación de buen porte que dificulta la visualización del mismo.

La parcela del tiradero ocupa una superficie rectangular de 500x300 m., lo que supone 15 Ha. y se opera a cielo abierto. Toda la parcela se encuentra rodeada por vegetación de altura que constituyen buenos escudos arbóreos de apantallamiento. El nivel freático se encuentra muy elevado, entre 0,5 y 1,5 m.

El tiradero actual es un foco de contaminación de los acuíferos de la zona. Por ello y para efectuar su sellado se realizará una impermeabilización del terreno con: capa de arcillas de 0,25 m. de espesor, lámina de polietileno de alta densidad, 3 capas de arcilla compacta y por último un material drenante, según se contempla en el anteproyecto.

## FASE II.- INSTALACION DE NUEVOS EQUIPOS MOVILES DE ALMACENAMIENTO, RECOLECCION Y TRANSPORTE. DOTACION DE INFRAESTRUCTURAS

El almacenamiento urbano de los RSM de Ciudad del Carmen se realiza en la actualidad en tambor abierto de 200 l. que generan malos olores y deterioran el aspecto urbano por suciedad y abandono incontrolado de basura.

El presente anteproyecto propone la implementación de nuevos contenedores: recipientes con tapa, cerrados, homogéneos y de buen aspecto. Se estudia el sistema de contenerización más idóneo, teniendo en cuenta la estructura urbana, la ocupación física de los barrios y el volumen de desechos sólidos que se producen, proponiendo en consecuencia los posibles puntos de ubicación. Los elementos del anteproyecto están suficientemente descritos, valorándose cuantitativa y cualitativamente los tipos y tamaños de contenedores a instalar, considerando distintas opciones según la frecuencia de recolección. Además se tienen en cuenta las costumbres sociales, y las condiciones culturales y económicas, proponiéndose una campaña de concientización ciudadana para lograr al máximo la participación y educación comunitaria. Así, los ciudadanos conocerán el alcance del proyecto, serán responsables del mismo y se facilitará el proceso de "scooping" previo a la información pública del correspondiente proyecto.

Los equipos móviles de transporte existentes excepto 7,5 están en mal estado. El presente anteproyecto propone la implementación de 7 camiones recolectores compactadores de 7,5 m<sup>3</sup>, 5 camiones compactadores de 16 m<sup>3</sup> y 2 camiones recolectores compactadores de 4 m<sup>3</sup>.

Los nuevos compactadores serán camiones de caja cerrada, carga trasera y elevador automático de contenedores.

La mejora de los equipos móviles de recolección, se realiza teniendo en cuenta el plano físico del área urbana, incluyendo las principales vías y la ubicación de las nuevas instalaciones, anexo correspondiente del anteproyecto.

Para la instalación de la disposición final de los desechos se acondicionará una parcela adyacente situándose sobre ella la nueva planta de tratamiento. El camino de acceso será el mismo existente.

En la fase de proyecto se detallarán las distancias de viales internos y abastecimiento de agua y energía necesarias, para el correcto funcionamiento de las nuevas instalaciones de tratamiento.

### **FASE III.-PREPARACION Y ACONDICIONAMIENTO DE LA DISPOSICION FINAL DE LOS RESIDUOS**

En la Memoria se han analizado las posibles alternativas de tratamiento de los residuos en la disposición final, justificándose desechar las opciones de incineración y compostaje, adoptando la de relleno sanitario:

- media densidad.
- pacas de alta densidad.

En el caso de Ciudad del Carmen, por las razones expuestas en la Memoria, se propone el relleno sanitario de pacas de alta densidad.

Para la elección del nuevo emplazamiento se han tenido en cuenta unas condiciones, en función de las cuales se han analizado distintas ubicaciones habiéndose seleccionado la propuesta por cumplir los requisitos siguientes:

- 1.- Existencia de terrenos disponibles.
- 2.- Que tuviese un sustrato geológico idóneo. Instalación de capa de arcilla impermeabilizante, diseño de proyecto.
- 3.- No causar afecciones ecológicas importantes. Controlar los impactos potenciales para no originar transformaciones irreversibles.
- 4.- Constituir una zona acotada, cerrada y llana en la que se pueda realizar de forma segura la disposición final de los desechos sólidos sin que exista un frente visible.
- 5.- Proximidad al conjunto urbano para facilitar el acceso directo y que quede situado dentro de la delimitación geográfica de la comarca.
- 6.- Capacidad de captación de residuos importante con una vida media superior a 20 años.
- 7.- Facilitar las labores de pepeneo. Estas labores no se ven dificultadas, ya que los puntos de ubicación del relleno están en el lugar donde se sitúa el actual tiradero, lo que no complica para nada esta importante fuente de trabajo.

El nuevo relleno sanitario se efectuará sobre el antiguo tiradero, después de su impermeabilización y sellado. Se trata de una zona situada en la Isla del Carmen entre el aeropuerto de Ciudad del Carmen y la Penitenciaría. Este lugar posee un nivel freático muy elevado y por ello las labores de acondicionamiento y sellado forman parte del diseño detallado del anteproyecto.

En la entrada se situará la báscula y la caseta de control.

Las instalaciones estarán dotadas de los siguientes servicios:

1) Zona de recepción:

En este lugar, los vehículos encargados de recoger la basura en los núcleos de población, descargarán el material recolectado, con la periodicidad adecuada. Esta zona tendrá las características adecuadas para que no se produzca ningún tipo de contaminación, por lixiviados o fugas de material por la fuerza del viento, etc...

2) Cinta transportadora principal:

Será la receptora de la basura y en ella comenzará el proceso de transporte de los residuos hacia las distintas partes de la planta. Una máquina con pala frontal se encargará de servir la mencionada cinta principal.

3) Zona de reciclaje y obtención de subproductos:

Los pepenadores se encargarán de separar los subproductos con ayuda de un electroimán para los materiales férricos y a mano el papel, cartón, plásticos y vidrios. Esta separación se realizará en un primer momento, produciéndose la primera selección en la basura. Al situarse los pepenadores en un adecuado puesto de trabajo y en posición erguida, facilitarán el rendimiento de los trabajadores y evitará posibles enfermedades laborales.

4) Compactación

Finalizado el sencillo proceso de reciclaje la basura pasa a una tolva que alimenta la máquina compactadora de residuos transformándolos en pacas de alta densidad (1.200 Kg/m<sup>3</sup>). Estas pacas son fácilmente manejables realizándose el transporte de los R.S.M. al relleno de forma sencilla.

Además los R.S.M. al estar prensados y compactados sufren un prelixiviado y un escurrido. Estos líquidos que se generan durante la operación de compactación se diluyen en agua mediante unos inyectores a presión y se drenan a una pequeña planta de tratamiento de agua.

Teniendo en cuenta el regimen climático del lugar y que las pacas se encuentran suficientemente compactadas no se espera que se produzcan cantidades apreciables de lixiviados (líquidos contaminantes originados por fermentación de la basura). Aún así se realizará un monitoreo durante el primer año para corroborar esta hipótesis e instalar una planta de tratamiento complementaria (opcional) en caso de que fuera necesario, según se especifica en el Plan de Vigilancia.

La desgasificación del relleno se contempla también, con la colocación de chimeneas de altura adecuada provistas de antorcha, eliminándose así el gas que se produzca como consecuencia de la actividad fermentativa de los microorganismos en anaerobiosis.

La disposición final de las pacas compactadas se realiza sobre la parcela seleccionada, debidamente vallada e impermeabilizada. El relleno sanitario se realiza en superficie construyéndose artificialmente unas elevaciones escalonadas con pendientes y taludes suavizados y asumibles en las formas del paisaje actual. Las pacas se dispondrán en capas de 5 m. de espesor, con una capa de cubrición de material inerte de 60 cm. de espesor.

**FASE IV.-CLAUSURA DEL RELLENO SANITARIO E INTEGRACION PAISAJISTICA DEL LUGAR.**

Se prevé que la duración efectiva del relleno sanitario sea de 20 años. Su sellado se realizará paulatinamente, según se vaya relleno la zona de acopio. Para el sellado

se utilizará material impermeable y una capa de material edáfico para proceder a la revegetación.

Una vez finalizada la vida del relleno sanitario, se procederá a su integración paisajística, que tiene como objetivo final darle la máxima naturalidad a la zona afectada o facilitar el camino para que la zona evolucione adecuadamente.

Puede concluirse que el sellado del actual tiradero, la construcción del nuevo y la nueva planta de tratamiento de R.S.M. posee las siguientes ventajas:

- a) Simplifica y facilita la operación tecnificada y planificada de los Residuos Sólidos Municipales.
- b) No contamina el medio ambiente, pues no genera residuos secundarios no tratables.
- c) Facilita su integración paisajística prácticamente al 100%.
- d) Facilita el reciclaje de aquella basura susceptible de serlo, mejorando las condiciones laborales de los pepenadores y reduciendo las enfermedades típicas de la actividad.

### 3. DESCRIPCIÓN DEL MEDIO FÍSICO

El conocimiento del medio físico en el que se va a asentar el presente anteproyecto contribuye de manera definitiva a comprender el alcance real de la actividad y los cambios que inducirá en el medio ambiente; valorándose la evolución del sistema natural con y sin actuación; significándose los impactos generados.

Así, se establecerán criterios para adecuar la actividad en cuestión al marco físico, y que elementos ecológicos y socioeconómicos deben protegerse o potenciarse y su priorización.

#### 3.1. CLIMATOLOGIA

La climatología del área de estudio, es una información básica para la interpretación de otros fenómenos naturales tales como la productividad, el crecimiento de la vegetación, la erosión, el paisaje..., frente a la actuación pretendida, y el dimensionamiento de estructuras.

El clima de Ciudad del Carmen es cálido húmedo o trópico. La temperatura media anual es de 26°C con mínimos de 6°C entre los meses de Noviembre a Febrero y máximo de 46°C en los meses de Abril a Septiembre

Las precipitaciones son de 300 a 400 mm. en el periodo de Noviembre a Abril con un número de 25 días de lluvia.

En conclusión la zona objeto del estudio posee un régimen hídrico subhúmedo y un régimen de Temperaturas cálida (FAO 1978-1981). El viento dominante es de dirección Sur-Este, la cual facilita el alejamiento de olores y humos de núcleos de población.

#### 3.2. GEOMORFOLOGIA

El ámbito geográfico de estudio está constituido por materiales geológicos sedimentarios de origen marino. Se trata de formaciones húmedas de acumulación de arenas que han sufrido un impacto severo. Es de orografía llana con algunas formaciones dunares fijas y vegetadas.

Su aprovechamiento como disposición final de residuos y su posterior recuperación devolverá la naturalidad y al valor ambiental a la zona.

El nuevo relleno sanitario se encuentra alejado del centro urbano lo que favorece su operación y hace difícil a percepción de observadores.

### 3.3. EDAFOLOGIA

Para la elaboración de este trabajo se ha utilizado el sistema de clasificación de suelos descrito por FAO-UNESCO en el mapa mundial de suelos revisado.

El tiradero actual, atendiendo a la clasificación mencionada, se sitúa sobre un suelo de tipo Reposol Eutrítico característico por su origen marino con altas concentraciones de sales sódicas, de textura arenosa y propiedades salinas.

Las condiciones de permeabilidad no son óptimas y se procederá a encapsular e impermeabilizar la parcela con arcillas. Asimismo, en el fondo se dispondrá una red de conducción de posibles fugas de lixiviados.

### 3.4. USOS DEL SUELO

Es de gran importancia la definición de los usos del suelo, ya que dependiendo de los usos atribuidos, la capacidad de acogida del medio físico a una determinada actividad variará notablemente. La zona donde se van a ubicar los nuevos rellenos carece de productividad agraria y en los planes de desarrollo urbano no contemplan clasificación ni ningún uso lucrativo.

### 3.5. FLORA Y FAUNA

Los lugares donde se pretenden ubicar el relleno sanitario de R.S.M. no poseen unos componentes bióticos dignos de calidad natural debido a su deterioro actual.

Ciudad del Carmen se caracteriza por su rica flora consistente en Inlares y Manglares en la franja costera alternando con selvas bajas saturadas de vegetación secundaria y pastizal.

En lo que a la fauna se refiere coexisten entre otros: venado, jabalí, mapache, nutria, jaguar, guacamaya, codorniz, loro, lechuza y chachalaca.

### 3.6. HIDROGRAFIA

Cuenta con varias cuencas hidrográficas permanentes: El río Mamantel que desemboca en la laguna de Terminos. El río Candelaria que viene de la República de Guatemala y forma varias caídas de agua como: Salto el Muerto, Salto Grande, Salto el Toro...

El río Cumpán que nace en Tabasco atraviesa la población de Florida y desemboca en la laguna de Términos.

### 3.7. SOCIO-ECONOMIA

En la situación de partida no existe un sistema integral operacional de los residuos sólidos. Los medios mecánicos de recolección son insuficientes e inadecuados para absorber la generación de desechos de Ciudad del Carmen. Las labores de pepeneo se realizan de forma descontrolada y en condiciones ambientales y sanitarias deplorables. En consecuencia el aseo urbano es insuficiente y el manejo y recolección de los R.S.M. descontrolado. Esto propicia la proliferación de vectores transmisores de enfermeda-

des, y focos de contaminación incontrolados que redundan en las condiciones sanitarias de la población.

Los actuales tiraderos son unos focos de contaminación exponencial ya que a ciencia cierta no se conoce su alcance ni su capacidad contaminante en lo que se refiere a liberar gases inflamables y mal olientes o lixiviados originados por fermentación anaerobia de la materia orgánica enterrada. Estos se vierten directamente a un canal de regadío, siendo origen de un foco contaminante secundario.

Los efectos socioeconómicos de estas prácticas son perjudiciales para la calidad ambiental y sanitaria de la zona, en la que las condiciones de vida en algunos casos es mala y el bienestar social muy bajo.

Existen unos 200 pepenadores en el tiradero, con un líder al frente, no viviendo dentro del sitio.

Dada la importancia social de la pepena, otro equipo integrado en el proyecto está realizando un estudio específico, en el que se analizan entre otros los siguientes aspectos:

- 1.- Personal involucrado en la pepena y sus características
- 2.- Actividad que desarrolla
- 3.- Condiciones de vivienda
- 4.- Tipo de organización
- 5.- Tipo de comercialización
- 6.- Disponibilidad para un posible traslado a un nuevo relleno

### 3.8. PAISAJE

El paisaje de la zona tiene características intermedias entre una zona húmeda y una tierra costanera con una presión poblacional importante y una transformación en la ordenación territorial irreversible. En cualquier caso son zonas silvestres que tienen importancia económica y ambiental. Por ello, se considera fundamental otorgarle un uso posterior a la restauración que cumpla los siguientes requisitos:

- No modificar la hidrología natural de la zona.
- Atribución de uso agrícola controlado.
- Eliminación de focos contaminantes.

### 4.- DESCRIPCIÓN DE IMPACTOS Y MEDIDAS ATENUANTES

Con la solución adoptada, se eliminan prácticamente los problemas medioambientales producidos por el almacenamiento, recolección y transporte de los R.S.M.. En cuanto al relleno sanitario en sí mismo, es la solución medioambiental de carácter general de la eliminación de los R.S.M.

Sin embargo su construcción produce impactos de carácter particular que en este apartado se pormenorizan, cuyas consecuencias serían significativas a largo plazo tanto en la clausura del actual tiradero como en la implantación del nuevo sistema de operación integral. Para cada actuación se especificarán las medidas atenuantes factibles y efectivas para evitar y/o reducir los impactos negativos a niveles aceptables.

Durante la fase de Elaboración de Proyecto, cuando se verifique el Estudio de Impacto Ambiental se valorarán cuantitativamente los efectos de los impactos negativos y los costos de aplicación de las medidas atenuantes y del Plan de Vigilancia Ambiental.

#### 4.1. CLAUSURA DEL ACTUAL TIRADERO

En la actualidad los desechos sólidos que se producen en Ciudad del Carmen son vertidos en zanjas de forma incontrolada enterrándose posteriormente en un sitio cercano a la zona urbana, ocupando una superficie de 15 Has.. Esto ha provocado efectos negativos en el medio ambiente y propiciado el surgimiento de asentamientos irregulares, de la población dedicada a la pepena. Pero el impacto más grave es el generado por la contaminación de acuíferos.

El propio anteproyecto contempla en el anexo correspondiente las acciones de clausura y cierre definitivo de estos tiraderos; como una actuación de diseño por encapsulado y cubrición de las zanjas con capas de material inerte y/o tierra, de 30 cm. de espesor, varias capas de arcillas y una capa de polietileno de alta densidad.

Durante la fase de elaboración de proyecto se procederá a realizar un seguimiento detallado de los procesos de fermentación que tienen lugar en la masa de basuras con el fin de conocer la actividad microbiológica, la contaminación química y la posible generación de gases. De forma indirecta puede obtenerse una información valiosa a través de las variaciones de temperatura que se registren en el seno del vertido, por lo que es aconsejable efectuar mediciones de la misma mediante termómetros adecuados introducidos en distintas calicatas repartidas en la superficie del tiradero.

Asimismo, se controlarán las posibles afecciones contaminantes de las aguas que discurren en cuencas cercanas controlando las afecciones de contaminación y la medida en que disminuyen.

#### 4.2. CONSTRUCCION DE NUEVAS INSTALACIONES

##### 1.- Camino de acceso y viales internos

El camino de acceso directo al nuevo relleno sanitario diseñado en el anteproyecto, se logrará con la adecuación de una pista forestal existente y, estará bien comunicado con las carreteras del estado y con la zona urbana de Ciudad del Carmen. Los viales interiores son necesarios para el movimiento de maquinaria que transporta la basura en el interior del relleno sanitario y ocupan una superficie poco significativa. Seguidamente se analizan los impactos y las posibles medidas correctoras sobre:

- 1.- El aire: Ambas actuaciones suponen unos impactos potenciales de escasa importancia. Durante la fase de movimiento de tierras se producirá un aumento de partículas en suspensión en el aire, y una ligera contaminación producida por los motores de explosión de las máquinas. La existencia de una cuba de agua permitirá que en caso de que sea necesario, se proceda al riego en las zonas generadoras de polvo.
- 2.- El agua: No se afectarán acuíferos ni corrientes de aguas superficiales, cuidando de verter materiales sólidos a canales existentes.
- 3.- Biota: Los elementos bióticos existentes no sufrirán alteraciones irreparables. La fauna existente se verá desplazada durante las acciones de maquinaria y presencia de operarios en el lugar.
- 3.- Socioeconomía: Durante la explotación habrá que controlar el tráfico y la afluencia de vehículos al relleno sanitario. La flota de equipos móviles de recolección estará integrada por unidades de 7,5, 16 m<sup>3</sup>. y 4 m<sup>3</sup>.. Se establecerán

normas de circulación y emisión de ruido en función de los viajes de ida y vuelta de cada vehículo.

## 2.-Acondicionamiento de la parcela del relleno sanitario.

Las condiciones geológicas e hidrológicas del sitio elegido permiten la ubicación de un relleno sanitario, aunque se procederá al movimiento de tierras y a una impermeabilización de seguridad en el fondo de la parcela. Seguidamente se analizan los impactos potenciales y las medidas atenuantes previstas:

- 1.- El aire: Durante la fase de obra se producirán pequeños impactos de la composición del aire por emisión de ruidos y aumento de partículas sólidas en suspensión. En ambos casos al tratarse de una parcela cerrada su magnitud se concentrará localmente, recomendando como medida atenuante de disposición de unas cubas de agua para regar las partes más afectadas.

El funcionamiento simultáneo de las máquinas, tanto durante la fase de obra como en la fase de explotación supone un incremento del nivel sonoro que ha de ser verificado. El conjunto de maquinaria e instalaciones del relleno sanitario se adecuarán a la normativa vigente respecto al ruido y vibraciones. Sabiendo que en las mejores condiciones de propagación del ruido el nivel sonoro disminuye al alejarse de la fuente a razón de 6 decibelios cada vez que se duplica la distancia, se instalarán barreras de vegetación o escudos arbóreos como medida atenuante. Asimismo, las edificaciones del relleno sanitario tendrán recubiertas sus paredes con paneles aislantes si se considerase necesario.

Durante la fase de explotación y debido a la fermentación anaerobia de las basuras se producen, a lo largo de unos 20 años, cantidades importantes de gases compuestos en su mayoría por metano, dióxido de carbono y en menores cantidades nitrógeno,

oxígeno, mercaptanos y otros compuestos. Estos gases pueden dar lugar a olores molestos, además de ser un peligro de incendios y explosiones. En el presente anteproyecto se prevén las siguientes medidas atenuantes:

- Instalación de chimeneas. En el proyecto se dimensionarán y ubicarán las chimeneas con antorcha para la eliminación de estos gases, a medida que avance la colocación de las pacas.
- En el sistema de pacas se reducen considerablemente los posibles riesgos de incendio, pero como medida atenuante se propone el disponer permanentemente de un acopio de material granular de cobertura, equivalente al necesario para el recubrimiento de 5 días. Además se construirá un corta-fuegos perimetral y las adecuadas señales de prohibición de encender fuego.

- 2.- El suelo: La construcción de los rellenos sanitarios en la parcela seleccionada, se considera idónea en función de una serie de condicionantes ya enumerados en el apartado de descripción del proyecto. Además las condiciones son buenas para la orientación del vertido, tiene un valor ecológico reducido y en la ordenación urbanística no son suelos clasificados.

No se prevén fenómenos de erosión por pérdida o arrastre del suelo diseñándose en el anteproyecto el tratamiento de pendientes en función del volumen de residuo acumulado. En la disposición final, la compactación la morfología de las pendientes y las características edáficas serán las idóneas para conseguir la restauración de la zona.

- 3.- El agua: Los residuos enterrados se descomponen lentamente en un proceso de fermentación, que tiene lugar en dos fases: acética y metanogénica. En el caso que nos ocupa las pacas compactadas a 1.200 Kg/m<sup>2</sup>. no absorberán el agua de lluvia y apenas originarán lixiviados. No obstante existirá una red de drenaje en el

fondo de la parcela donde se conducirán las posibles fugas de lixiviados. Además se prevé la construcción de canales perimetrales para conducir las aguas de escorrentía limpias en un circuito separativo e incorporarlas a corrientes naturales.

Los lixiviados que se producen en la compactadora se tratarán en una planta de tratamiento contigua a la instalación. (Opcional)

Con esta solución consideramos que se resuelve el problema de contaminación de aguas, especificándose medidas complementarias de control de fugas y monitoreo en el Plan de Vigilancia Ambiental.

4.- El medio Biótico.- El sitio seleccionado no presenta ningún interés botánico, faunístico o ecológico apreciable. Los impactos potenciales además de pequeños son reversibles teniendo en cuenta la posterior restauración de la zona según se diseña en el presente anteproyecto.

5.- Paisaje.- Aunque la ocupación de la zona sea importante en superficie, el relleno sanitario permanecerá oculto y aislado por el vallado perimetral y los árboles de pantalla. El sistema de compactado permitirá que no haya basuras a la vista y no empeore los aspectos paisajísticos.

A medida que se vaya rellenando la parcela se procederá al sellado y restauración con material de cobertura procedente de estériles. Se utilizará tierra con condiciones edáficas semejantes a la existente para proceder a un sistema de revegetación

con especies autóctonas. En todo momento existirá una cerca perimetral que delimite el recinto para asegurar su buen funcionamiento y evite el paso de personas y animales mientras no esté totalmente restaurado.

La clausura del tiradero actual, redundará en una sensible mejora de las condiciones paisajísticas actuales. Todas las medidas atenuantes quedan contempladas en el diseño del anteproyecto.

6.- Socioeconomía.- Todo el diseño del presente anteproyecto constituye un conjunto de medidas atenuantes para mejorar las condiciones higiénico-sanitarias y ambientales de la población de Ciudad del Carmen. Las operaciones de manejo controlado de los residuos favorecerán el aseo urbano en cuanto al uso de contenedores cerrados y, reducirán la proliferación de vectores transmisores de enfermedades.

El transporte directo al relleno sanitario se realizará de manera segura y eficaz sin pérdidas incontroladas de basura.

Asimismo, las labores de recuperación de subproductos mediante la pepena se llevarán a cabo dentro de las nuevas instalaciones y desde la cinta transportadora principal pero sin interferir en la operación del relleno.

La construcción del relleno sanitario no incide en los aspectos económicos de la población, aunque sí comporta una mejora sustancial en la calidad ambiental y en la calidad de vida de la zona.

## 5. PLAN DE VIGILANCIA AMBIENTAL

El manejo de los desechos sólidos consume una porción significativa de rentas municipales. Para contar con un servicio eficiente y efectivo de recolección y eliminación, el sistema debe ser continuamente monitoreado y ajustado. Por lo tanto, es fundamental que se consideren dos aspectos mencionados en la Memoria.

A fin de garantizar el correcto funcionamiento de las instalaciones, se propone un *Reglamento de Operación* en el que se concreten:

- Los residuos admisibles y los métodos de identificación.
- La hora de recolección para cada área urbana.
- El mantenimiento y limpieza de contenedores.
- Los días de operación del camión lava-contenedores.
- El control de admisión y autorización de salida a los vehículos que transporten los desechos al relleno.
- Las condiciones en que debe realizarse el transporte.
- La forma de realizar el relleno, compactación y cubrición de residuos.
- Las normas de funcionamiento de las instalaciones donde se realiza recuperación de subproductos.
- Los controles de agentes contaminantes: lixiviados, gases y ruidos.

- Medidas sanitarias preceptivas para el ppepeco y para los trabajadores del relleno sanitario.
- Limpieza del material móvil y en general, de las instalaciones del relleno sanitario.

El plan de vigilancia y seguimiento medio ambiental entrará en funcionamiento desde el momento en que comiencen las obras, aplicándose de la forma siguiente:

### 5.1. FASE DE CONSTRUCCION

- 1) Comprobar que las construcciones e instalaciones se realizan siguiendo el diseño del correspondiente proyecto.
- 2) Comprobar que son tenidas en cuenta e incorporadas durante la realización de las obras, todas aquellas medidas atenuantes y compensatorias propuestas en el estudio de efectos ambientales.
- 3) Analizar las respuestas del medio para verificar:
  - Los impactos producidos.
  - La evolución en el tiempo de dichos impactos.
  - La efectividad de las medidas atenuantes.
- 4) Prevención y tratamiento de contaminación ambiental y dispersión de partículas ligeras en el aire, por movimientos de tierras, mediante la humidificación de la superficie del terreno y del camino de acceso.
- 5) Control de emisión de ruido de vehículos y maquinaria, mediante monitoreo semanal.

- 6) Control de contaminación de aguas superficiales. Aunque las aguas de escorrentía de las laderas son escasas han de canalizarse por zanjas o cunetas para que no arrastren materiales sueltos.
- 7) El material edáfico resultante de la excavación y/o trazado del nuevo camino de acceso se utilizará para rematar y acondicionar la obra, tanto en el recinto de la disposición final como en los taludes del camino.

## 5.2. FASE DE OPERACION

### A) Almacenamiento y recolección de R.S.M.

- 1) Vigilar que los RSM son depositados en contenedores cerrados en bolsas
- 2) Cumplir el horario de recolección y las rutas más eficaces y menos agresivas a la vida urbana
- 3) Limpieza mensual de los contenedores con el camión lavacontenedores
- 4) Mantenimiento del material: contenedores y equipos móviles
- 5) Cumplimiento del horario y rutas de transporte

### B) Tratamiento final - Relleno Sanitario

- 1) Comprobar que el funcionamiento del sistema integral de tratamiento de los desechos sólidos se realiza según lo establecido en el Reglamento propuesto.

2) Prevención y control de emisión de ruidos aplicando las medidas atenuantes resesñadas y utilizando pantallas vegetales si fuera necesario.

3) Prevención y control de la aparición de vectores: insectos, pájaros, roedores... etc., agentes de propagación de enfermedades infectocontagiosas. La cubrición diaria del relleno junto con la higiene de la instalación es la mejor disuasión. Pero además se recomienda:

- En caso de insectos, realizar desinsecciones sobre el vertido reciente o en zonas de poca cubrición todas las semanas.
- En cuanto a las aves, las de pequeño tamaño no presentan grandes problemas y las de gran tamaño que son más molestas pueden espantarse con los ruidos de la maquinaria o utilizando ultrasonidos.
- En caso de roedores deben establecerse campañas de desratización de choque en las primeras etapas, bastando con un mantenimiento para su total desaparición.

4) Control y tratamiento de gases y olores comprobando el correcto funcionamiento de los sistemas de ventilación: chimeneas y la combustión controlada de las antorchas. Los riesgos de explosión se controlarán periódicamente midiendo sobre la superficie del relleno, cunetas o zanjas la concentración de metano con un explosímetro análogo a los utilizados en la minería de carbón.

5) Prevención de incendios prohibiendo el uso de fuego en el relleno, controlar las descargas de basura para detectar posibles focos y controlar la temperatura de la masa del relleno.

Para sofocar la aparición de un fuego no debe utilizarse agua sino proceder rápidamente al recubrimiento con los mismos materiales que se utilizan en funciones de cobertura.

6) Control de contaminación de aguas desviando las aguas de escurritúa a través de los canales perimetrales a cauces naturales. La captación de lixiviados se realizará a través de la red de drenaje, controlándose las posibles fugas para contestar a posibles reclamaciones y reconocer la efectividad del diseño del relleno.

El monitoreo de lixiviados se realizará tanto cualitativa como cuantitativamente y su periodicidad será semanal en las primeras etapas, hasta que se alcance la estabilidad para espaciar los controles a una frecuencia bimensual. El monitoreo se realizará en cauces naturales cercanos.

El monitoreo cualitativo ha de incluir las siguientes determinaciones:

- pH.
- Total de sólidos disueltos (SS)
- Demanda Biológica de Oxígeno (DBO)
- Demanda Química de Oxígeno (DQO)
- Contenido en Calcio ( $Ca^{2+}$ )
- Contenido en Magnesio ( $Mg^{2+}$ )
- Contenido en Sodio ( $Na^+$ )
- Contenido en Potasio ( $K^+$ )
- Contenido en Cloruros (Cl)

- Contenido en Sulfatos ( $SO_4^{2-}$ )
- Contenido en Nitratos ( $NO_3^-$ )
- Contenido en Nitritos ( $NO_2^-$ )
- Contenido en Nitrógeno Amoniacal ( $NH_4^+$ )
- Contenido en Hierro total ( $Fe^{2+}$  y  $Fe^{3+}$ )
- Contenido en Hidrocarburos.
- Contenido en Fenoles.
- Análisis Microbiológico.

Además se efectuará un monitoreo de aguas subterráneas por medio de pozos en las proximidades y aguas abajo del lugar de relleno y/o piezómetros instalados aguas arriba y abajo del relleno.

7) Integración Paisajística de la parcela, mediante la cubrición y clausura final del relleno sanitario.

La restauración de la parcela se realizará según lo establecido en el diseño de proyecto ateniéndose a las formas y textura que se indican en el presente documento. Las atribuciones de uso posterior del sitio ocupado por el relleno clausurado estarán en concordancia con el ámbito geográfico, la dotación de infraestructuras y el grado de naturalidad que se alcance.

El seguimiento y cumplimiento del Plan de Vigilancia Ambiental será entregado mensualmente a las Autoridades ambientales competentes. Además en cualquier momento y a requerimiento de la Autoridad competente se facilitará el acceso a cualquier inspección o revisión del estado de funcionamiento.

## RESIDUOS HOSPITALARIOS

El tratamiento integral de los Residuos Hospitalarios (RII) se propone realizarlo de manera separativa. Para su recolección se procederá a utilizar contenedores diferenciados, según el grado de peligrosidad que entrañe su manipulación, transporte y tratamiento. Atendiendo a los aspectos higiénico-sanitarios los RII se clasifican en tres grupos:

**GRUPO I.-** Aquellos que no necesitan un tratamiento específico. Se envasan en bolsas de color negro y se recolectan de acuerdo con las normas municipales establecidas.

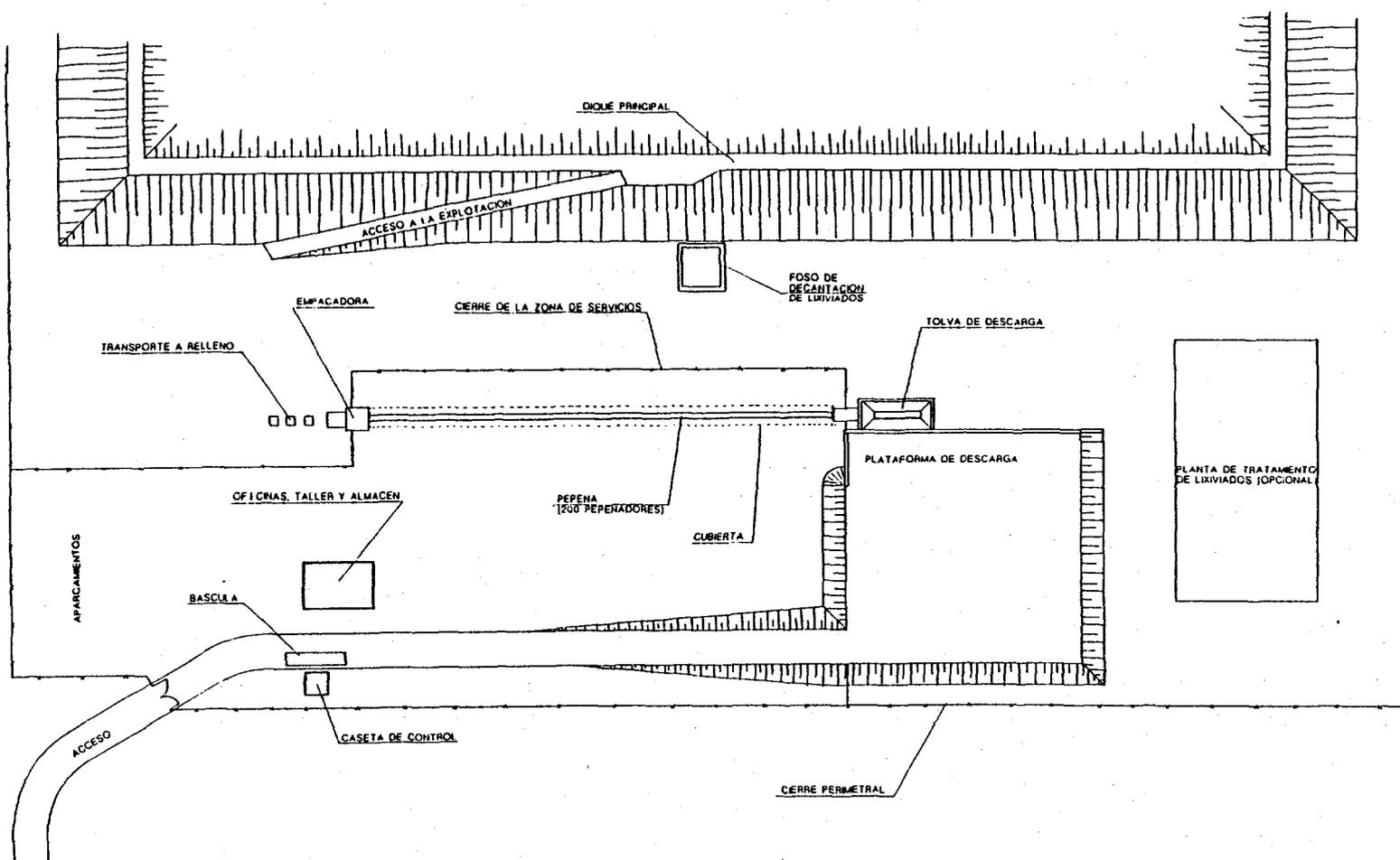
**GRUPO II.-** Aquellos que han de ser transportados en vehículos especiales que no compacten residuos para evitar la formación de lixiviados. Se envasan en bolsas de color diferente a las del grupo I y que reúnan las características mencionadas en el anteproyecto.

**GRUPOS III y IV.-** Aquellos que deberán ser envasados en contenedores rígidos herméticos, impermeables y resistentes a la perforación. Se depositarán en recipientes de un solo uso, provistos de asas, con cierre de seguridad portando un anagrama del producto que almacenan y un emblema de material biocontaminado.

En Ciudad del Carmen, existen 180 camas hospitalarias que generan del orden de 45 Tm/año de RII Grupo III que serán tratados en una celda especial del relleno sanitario construido.

Los RII del Grupo IV generados en Ciudad del Carmen importan una pequeña cantidad y su tratamiento se realizará mediante temperatura. Dicho sistema no genera ningún tipo de agresión al medio y garantiza la seguridad del vertido final, asimilándolo al relleno de R.S.M.





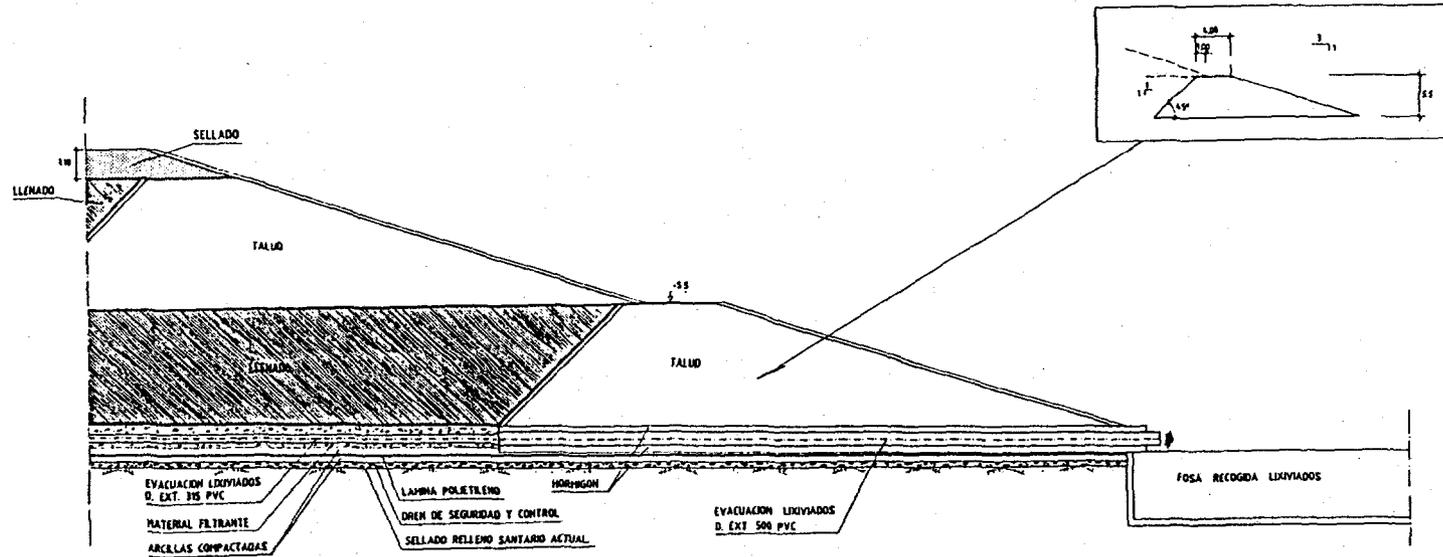
ANTEPROYECTO Y EVALUACION MEDIOAMBIENTAL DE LA SOLUCION INTEGRAL  
DE LOS RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES DE LA CIUDAD DEL CARMEN

FECHA:  
JUNO 1993

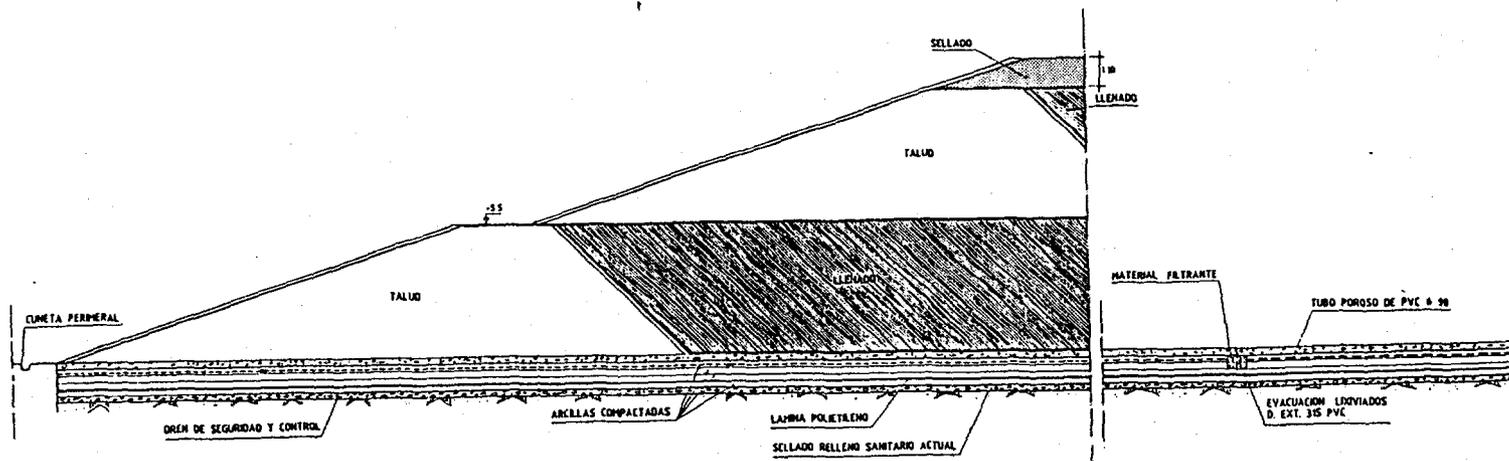
ESCALA:  
1/1000

TITULO DE PLANO:  
PLANTA ZONA DE SERVICIOS

Nº DE PLANO  
5.2



SECCION LONGITUDINAL



SECCION TRANSVERSAL

ANTEPROYECTO Y EVALUACION MEDIOAMBIENTAL DE LA SOLUCION INTEGRAL DE LOS RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES DE LA CIUDAD DEL CARMEN

FECHA:  
JUNIO 1993

ESCALA:  
GRAFICA

TITULO DE PLANO:  
DISEÑO TRATAMIENTO FINAL RESIDUOS SECCIONES

Nº DE PLANO  
5.3

# 1.- MANIFESTACION DE IMPACTO AMBIENTAL

III - ANEXOS

III - ANEXOS

# **MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL**

## **INDICE**

- 1.- INTRODUCCION**
- 2.- DESCRIPCION DEL ANTEPROYECTO**
- 3.- DESCRIPCION DEL MEDIO FISICO**
  - 3.1. CLIMATOLOGIA
  - 3.2. GEOLOGIA Y GEOMORFOLOGIA
  - 3.3. EDAFOLOGIA
  - 3.4. USOS DEL SUELO
  - 3.5. FLORA Y FAUNA
  - 3.6. SOCIOECONOMIA
  - 3.7. PAISAJE
- 4.- DESCRIPCION DE IMPACTOS Y MEDIDAS ATENUANTES**
  - 4.1. CLAUSURA DEL ACTUAL TIRADERO
  - 4.2. ALMACENAMIENTO Y RECOLECCION
  - 4.3. CONSTRUCCION DE NUEVAS INSTALACIONES
- 5.- PLAN DE VIGILANCIA.**
  - 5.1. FASE DE CONSTRUCCION
  - 5.2. FASE DE OPERACION
- 6.- PLANOS**

## 1. INTRODUCCION

El Municipio de Ciudad del Carmen limita al Norte con el Golfo de México y al Sur con la República de Guatemala y el estado de Tabasco. La isla está ubicada entre los 18°38' de latitud norte y 91°30' de longitud oeste encontrándose la ciudad en su extremo suroeste. Las localidades más importantes son Excarcuga, Candelaria y Sabancuy. Cuenta con una población de 190.000 habitantes y una tasa de crecimiento poblacional prevista para los próximos 20 años del 3,31%.

La problemática actual de los R.S.M. en Ciudad del Carmen, puede resumirse en:

- 1.- Almacenamiento inadecuado, que implica una deficiente operación, un impacto negativo sobre el medio ambiente urbano y falta de seguridad e higiene en el trabajo de los operarios.
- 2.- Recolección, tanto por el método utilizado como por la disparidad y estado de conservación de los vehículos, de un coste elevado.
- 3.- Disposición final en tiradero incontrolado, con presencia de pepenadores.
- 4.- Los residuos hospitalarios, se almacenan, recolectan y transportan al tiradero, sin medidas especiales.

La solución integral que plantea este anteproyecto significa:

- 1.- Contenerización para dar servicio al 100% de la población de la ciudad, (incluyendo las zonas marginales), implantada de manera gradual y no indiscriminada.
- 2.- Recolección diaria mediante vehículos de características homogéneas, con cajas compactadoras de carga trasera, dotadas de elevacontenedores.

EVALUACION AMBIENTAL RESUMEN DE IMPACTOS MEDIDAS ATENUANTES CUADRO II

IMPACTOS NEGATIVOS DIRECTOS		C. DEL CARMEN					MEDIDAS ATENUANTES	
		Almacenaje	Recolección	Transporte	Disposición final	Restauración		
BASURA ABANDONADA EN CALLES Y OBSTRUCCIÓN DE DRENAJES		●					SERVICIO COMPLETO DE ALMACENAMIENTO EN CONTENEDOR	
DEGRADACIÓN ESTÉTICA Y FALTA DE ASFO URBANO		●					CONTENEDORES HOMOGÉNEOS CERRADOS	
MALOS OLORES Y RECIPIENTES ABIERTOS		●	●				CONT. HOMOGÉNEOS CERRADOS + LAVADO DE CONTENEDORES	
PROLIFERACIÓN DE VECTORES: INSECTOS, RATAS...		●	●		●		CONT. HOMOGÉNEOS CERRADOS + DISP. FINAL RELLENO SANITARIO	
MALA UBICACIÓN DE RECIPIENTES		●	●	●			DISTRIBUCIÓN ORDENADA ACORDE A LA GENERACIÓN	
FALTA DE COOPERACIÓN DE LOS RESIDENTES		●					CAMPAÑA DE CONCIENTIZACIÓN AMBIENTAL. ESTUDIAR EL COMPORTAMIENTO SOCIOCULTURAL	
BASURA ESPARCIDA		●	●	●			EDUCAR A LOS RESIDENTES A METER LA BASURA EN BOLSAS	
LEVANTAMIENTO DE POLVO EN LA DESCARGA		●	●		●		RECOLECCIÓN AUTOMÁTICA, VACIADO INTERNA DESCARGA	
ACCIDENTES LABORALES Y LESIONES AL LEVANTAR CONTENEDORES PESADOS		●	●				CARGA TRASERA AUTOMÁTICA Y CONTENEDORES CON RUEDAS	
BASURAS ESPARCIDAS EN CAMINOS				●			CAMIONES DE CAJA CERRADA	
PROBLEMAS DE TRÁFICO				●			ACCESO DIRECTO	
RIESGOS OCUPACIONALES SI LOS R.M. NO SE MANEJAN DEBIDAMENTE		●	●	●			CONTENEDORES ESPECIALES CIERRA HERMÉTICO	
OBSTACULIZACIÓN DE RECUPERACIÓN DE SUBPRODUCTOS PEPENEO					●		ZONA DE RECUPERACIÓN DE SUBPRODUCTOS DESDE UNA BANDA TRANSPORTADORA	
CONTAMINACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS					●		IMPERMEABILIZACIÓN, RECOLECCIÓN Y TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS	
CONTAMINACIÓN DE AGUAS DE ESCORRENTÍA Y SUPERFICIALES					●		CANALES PERIMETRALES Y POSAS DE DECANTACIÓN	
EXPLOSIONES E INCENDIOS					●	●	CHIMENEAS DE GASES COMBUSTIBLES Y ANTORCHAS CONTROLABLES	
PÉRDIDA DE FAUNA Y FLORA					●	●	REVEGETACIÓN Y RECUPERACIÓN DE HÁBITATS	
CONTAMINACIÓN Y PÉRDIDA DE SUELOS					●	●	CUBRICIÓN CON TIERRA VEGETAL	
CONTAMINACIÓN DEL AIRE: HUMOS, MALOS OLORES					●		CUBRICIÓN, COMPACTACIÓN DE BASURA, CONTROL DE SALIDA DE GASES	
DETERIORO DEL PAISAJE						●	RESTAURACIÓN Y ASIGNACIÓN DE USO FINAL	
IMPACTOS NEGATIVOS INDIRECTOS		C. DEL CARMEN					MEDIDAS ATENUANTES	
		Almacenaje	Recolección	Transporte	Disposición final	Restauración		
DISMINUCIÓN DE ORGULLO CÍVICO POR DETERIORO AMBIENTAL		●	●	●	●	●	CAMPAÑA DE EDUCACIÓN AMBIENTAL	
PÉRDIDA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DEL TURISMO		●			●	●	PROPORCIONAR SERVICIOS ADECUADOS	
DESPERDICIO DE RENTAS MUNICIPALES		●	●	●	●	●	CONTROLAR EL SISTEMA OPERACIONAL	
OPOSICIÓN PÚBLICA A LAS INSTALACIONES PROPUESTAS		●	●		●		ASEGURAR LA OPERACIÓN ADECUADA A LAS INSTALACIONES	
AUMENTO DE DESEQUILIBRIO COMERCIAL PARA TRATAR LOS RESIDUOS INDUSTRIALES Y AUMENTO DEL CONSUMO ENERGÉTICO		●	●	●	●		FACILITAR LA SEGREGACIÓN DE SUBPRODUCTOS	

**UBICACION**



<b>ANTEPROYECTO Y EVALUACION MEDIOAMBIENTAL DE LA SOLUCION INTEGRAL DE LOS RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES DE LA CIUDAD DEL CARMEN</b>	<b>FECHA:</b> JUNIO 1993	<b>ESCALA:</b> 1 : 50.000	<b>TITULO DE PLANO:</b> CARTA TOPOGRAFICA	<b>Nº DE PLANO</b> 1
---	-----------------------------	------------------------------	--	-------------------------



## SIMBOLOGIA

<b>POBLACIONES</b>	
CON MAS DE 40,000 HABITANTES	<b>PUEBLA</b>
DE 15,001 A 40,000 HABITANTES	<b>GUANAJUATO</b>
DE 9,001 A 15,000 HABITANTES	<b>CHAPALA</b>
DE 2,501 A 5,000 HABITANTES	<b>Ilerma</b>
DE 501 A 2,500 HABITANTES	<b>Acolman</b>
CON MENOS DE 500 HABITANTES	<b>Corralejo</b>
<b>VIAS TERRESTRES</b>	
CARRETERA DE MAS DE DOS CARRILES, CASETA DE PAGO	
CARRETERA PAVIMENTADA	
NUMERACION DE RUTA: FEDERAL, ESTATAL	
TERRACERIA	
BRECHA	
VEREDA	
FERROCARRIL DE SERVICIO PUBLICO, ESTACION DE FF.CC.	
OTRAS VIAS FERREAS	
<b>AEROPUERTOS</b>	
INTERNACIONAL, LOCAL, AEROPISTA	
PISTA PAVIMENTADA, PISTA DE TIERRA	
<b>LINEAS DE CONDUCCION</b>	
TELEFONICA, TELEGRAFICA	
ELECTRICA DE 33 KV O MAS, DE MENOS 33 KV	
CONDUCTO SUPERFICIAL, CONDUCTO SUBTERRANEO	
<b>OTROS RASGOS CULTURALES</b>	
ESCUELA, TEMPLO, ASISTENCIA MEDICA	
MINA, POZO PETROLERO, BANCO DE MATERIAL	
ZONA URBANA, CASA AISLADA, RUINA, CEMENTERIO	
CERCA, BARRA O DIVISION	
DEPOSITO DE AGUA, OTROS DEPOSITOS (ROTULADO)	
CANAL, PRESA, BORDO	
PUENTE, TUNEL, PASO A DESNIVEL	
EMBARCADERO, MUELLE, MALECON	
FARO (2 DESTELLOS BLANCOS 15 MILLAS NAUTICAS), ROMPEOLAS	
<b>LIMITES</b>	
ESTATAL	
INTERNACIONAL	

<b>PUNTOS GEODESICOS</b>	
VERTICE DE PRIMER ORDEN, DE SEGUNDO O TERCER ORDEN	
BANCO DE NIVEL DE PRIMER ORDEN, DE SEGUNDO O TERCER ORDEN	
PUNTO DE NIVELACION ACOTADO (METROS)	
<b>REPRESENTACION DEL RELIEVE</b>	
CURVA DE NIVEL ACOTADA EN METROS	
CURVA DE NIVEL ORDINARIA	
CURVA DE NIVEL AUXILIAR	
CURVA DE NIVEL APROXIMADA	
DEPRESIONES, COTA FOTOGRAFICA (METROS)	
<b>RASGOS HIDROGRAFICOS</b>	
CORRIENTE PERENNE, CORRIENTE INTERMITENTE	
MANANTIAL, CORRIENTE QUE DESAPARECE	
RAPIDOS, SALTO DE AGUA	
<b>AREAS SIMBOLIZADAS</b>	
BOSQUE O SELVA DENSOS, AGRICULTURA	
LAGUNA PERENNE, LAGUNA INTERMITENTE	
PANTANO, TERRENO SUJETO A INUNDACION	
ARENA, MALPAIS	
DUNAS	
<b>ESCALA 1:50,000</b>	
<b>EQUIDISTANCIA ENTRE CURVAS DE NIVEL: 10 METROS</b>	
<p>• NC CONVERGENCIA DE CUADRICULA</p> <p>PARA EL CENTRO DE LA HOJA</p> <p>ANGULO NA-M PARA 1970</p> <p>• P15'</p> <p>VARIACION MAGNETICA ANUAL</p> <p>5'</p> <p>PARA SEÑALAR EL MERIDIANO MAGNETICO DE LA HOJA, UNASE EL PUNTO PIVOTE CON EL VALOR DEL ANGULO NC-M EN LA ESCALA DEL TRANSPORTADOR UBICADA EN EL MARGEN SUPERIOR</p>	<p><b>CUBRIMIENTO FOTOGRAFICO</b></p> <p>LINEAS</p> <p>03 (10-11)</p> <p>04 (08-13)</p> <p>01 (01-09)</p> <p>05 (15-11)</p> <p>1980 ZONA 29 1:80,000 APROX.</p>

**UBICACION**



<b>ANTEPROYECTO Y EVALUACION MEDIOAMBIENTAL DE LA SOLUCION INTEGRAL DE LOS RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES DE LA CIUDAD DEL CARMEN</b>	<b>FECHA:</b> JUNIO 1993	<b>ESCALA:</b> 1 : 250.000	<b>TITULO DE PLANO:</b> CARTA EDAFOLOGICA	<b>NO. DE PLANO:</b> 2
---	-----------------------------	-------------------------------	--	---------------------------



UNIDADES DE SUELO				FASES FISICAS				FASES QUIMICAS					
<b>ACRISOL</b> FERRICO GLEICICO HUMICO ORTICO PLINTICO	<b>A</b> Af Ag Ah Ap	<b>FEDZEM</b> CALCARICO GLEICICO HAPLICO LUVICO	<b>M</b> Mc Md Me Mh Ml	<b>LUVISOL</b> ALBICO CALCARICO CROMICO FERRICO GLEICICO ORTICO PETRICO VERMICO	<b>L</b> Lc Le Lh Ll Lp Lo Lq Lr	<b>REGOSOL</b> CALCARICO DISTRICO EUTRICO GLEICO	<b>R</b> Rc Rd Re Rx	CONCRECIONARIA		HASTA 100 CM DE PROFUNDIDAD			
<b>ANDOSOL</b> HUMICO MOLICO ORTICO VERMICO	<b>T</b> Tc Td Te Tt	<b>FERRALSOL</b> ALBICO HUMICO ORTICO PLINTICO PODICO SANTICO		<b>NITOSOL</b> DISTRICO EUTRICO HUMICO	<b>N</b> Nd Ne Nh	<b>RENZINA</b>	<b>E</b>	DURICA		SALINA (De 4 a 16 mmho/cm a 25°C)	SALINA SODICA	FUERTEMENTE SALINA (MAYOR DE 16 mmho/cm a 25°C)	SALINA FUERTEMENTE SODICA
<b>ARENOSOL</b> ALBICO CAMBICO FERRALICO LUVICO		<b>FLUVISOL</b> CALCARICO DISTRICO EUTRICO GLEICICO TROPICO	<b>J</b> Jc Jd Je Jh Jl	<b>PLANOSOL</b> DISTRICO EUTRICO HUMICO MOLICO SOLONCO	<b>W</b> Wc Wd We Wh Wl Wp	<b>SOLOCHAK</b> GLEICO MOLICO ORTICO TANINICO	<b>Z</b> Zc Zd Ze Zl Zp	DURICA PROFUNDA		FRAGICA	SODICA (DE 15% A 40% DE SATURACION DE SODIO INTERCAMBIABLE)	FUERTEMENTE SALINA SODICA	FUERTEMENTE SALINA FUERTEMENTE SODICA
<b>CAMBISOL</b> CALCARICO CROMICO DISTRICO EUTRICO FERRALICO GLEICO HUMICO VERMICO	<b>B</b> Bc Bd Be Bf Bg Bh Bl	<b>GLEYSOL</b> CALCARICO DISTRICO EUTRICO HUMICO PLINTICO VERMICO	<b>G</b> Gc Gd Ge Gh Gl Gp	<b>PODZOL</b> GLEICO HUMICO ORTICO PLINTICO	<b>P</b> Pc Pd Pe Pl	<b>SOLOMETZ</b> ALBICO GLEICO MOLICO ORTICO	<b>S</b> Sc Sd Se Sl Sp	GRAVOSA		LITICA	FUERTEMENTE SODICA (MAYOR DE 40% DE SATURACION DE SODIO INTERCAMBIABLE)	FUERTEMENTE SALINA FUERTEMENTE SODICA	
<b>CASTAÑOZEM</b> CALCARICO HAPLICO LUVICO	<b>K</b> Kc Kd Ke	<b>HISTOSOL</b> DISTRICO EUTRICO	<b>O</b> Oc Od	<b>PODZOLUVISOL</b> DISTRICO EUTRICO GLEICO	<b>D</b> Dc Dd De	<b>VERTISOL</b> CROMICO PETICO	<b>V</b> Vc Vp	LITICA PROFUNDA		PEDREGOSA	CLASE TEXTURAL (EN LOS 30 CM SUPERFICIALES DE SUELO)		
<b>CHERNOZEM</b> CALCARICO HAPLICO LUVICO	<b>Ch</b> Chc Chd Chl	<b>LITOSOL</b>	<b>I</b>	<b>RANKER</b>	<b>U</b>	<b>XEROSOL</b> CALCARICO GYPSICO HAPLICO LUVICO	<b>X</b> Xc Xd Xe Xl Xp	PETROCALICA		PETROCALICA PROFUNDA	GRUESA _____ 1	MEDIA _____ 2	FINA _____ 3
						<b>YERMOSOL</b> CALCARICO GYPSICO HAPLICO LUVICO TANINICO	<b>Y</b> Yc Yd Ye Yl Yp	PETROGYPSICA		PETROGYPSICA PROFUNDA	EJEMPLO Rc + Xv2		
											SUELO PREDOMINANTE + SUELO SECUNDARIO/CLASE TEXTURAL DE LA UNIDAD CARTOGRAFICA		
											UNIDAD DE CLASIFICACION FAO UNESCO 1978 MODIFICADA POR DG		
											LIMITE ENTRE UNIDADES _____		
											PUNTO DE VERIFICACION _____		
											PERFIL CON DESCRIPCION Y ANALISIS _____ <input type="checkbox"/>		
											PERFIL SIN ANALISIS _____ <input type="checkbox"/>		

## SIMBOLOGIA

<b>VIAS TERRESTRES</b>	FRISA _____	<b>RASGOS HIDROGRAFICOS</b>
CARRERA DE MAS DE DOS CARRILES CASITA DE PAGO _____ 5	BONDO _____	PERENNE INTERMITENTE _____
CARRERA PAVIMENTADA, DISTANCIA APROXIMADA EN KM _____	MENA POZO _____	MANTEN. CORRIENTE QUE DESAPARECE _____
NUMERACION DE RUTA FEDERAL, ESTATAL _____	TIEMPO EXTRAORDINARIO FABR. BANCO DE MATERIAL _____	SALTO DE AGUA _____
TERRACERA TRANSITABLE EN TODO TIEMPO _____	VERTICE DE PRIMER ORDEN, DE SEGUNDO O TERCER ORDEN _____	LECHO DE RIO SECO LAGUNA INTERMITENTE _____
TERRACERA TRANSITABLE EN TIEMPO SECO _____	ALROPUERTO _____	MASA DE AGUA PERENNE INTERMITENTE _____
DRECH. VERDEN _____	INTERNACIONAL LOCAL AEROPISTA _____	PROYECCION _____ TRANSVERSA DE MERCATOR
FERROCARRIL DE SERVICIO PUBLICO, ESTACION _____	REPRESENTACION DEL RELIEVE	CUADRICULA _____ UTM CADA 10 000 M
OTRAS VIAS FERREAS _____	CURVA DE NIVEL ACOTADA EN METROS _____ 2500	REFERENCIA DE COTAS _____ NIVEL MEDIO DEL MAR
<b>RASGOS CULTURALES</b>	CURVA DE NIVEL ORDINARIA _____	PRIMERA EDICION _____ 1985
LIMITE INTERNACIONAL _____	CURVA DE NIVEL AUXILIAR _____	PRIMERA IMPRESION _____ 1985
LINEA ELCTRICA _____ 33 kv	CURVA DE NIVEL APROXIMADA _____	AUTORIDAD _____ DIRECCION GENERAL DE GEOGRAFIA
CONDUCTO SUPERFICIAL, SUBTERRANEO _____	DEPRESION, COTA FOTOGRAMETRICA EN METROS _____ 2420	PROCEDIMIENTO DE ELABORACION, FOTOINTERPRETACION Y VERIFICACION DE CAMPO
PUNTE TUNEL _____		SUPPLICAMOS AL PUBLICO USUARIO NOTIFICAR LOS ERRORES U OMISSIONES QUE ENCUENTRE EN LA CARTA A DIRECCION GENERAL DE GEOGRAFIA SAN ANTONIO ABAD No 124, COL. TRANSITO, DELEGACION CUAHTEMOC, 06220 MEXICO, D.F.
ACUEDUCTO SUPERFICIAL, SUBTERRANEO _____		
CANAL _____		

**UBICACION**



<b>ANTEPROYECTO Y EVALUACION MEDIOAMBIENTAL DE LA SOLUCION INTEGRAL DE LOS RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES DE LA CIUDAD DEL CARMEN</b>	<b>FECHA:</b> JUNIO 1993	<b>ESCALA:</b> 1 : 250.000	<b>TITULO DE PLANO:</b> USO POTENCIAL / FORESTERIA	<b>Nº DE PLANO</b> 3
---	-----------------------------	-------------------------------	---	-------------------------



# SIMBOLOGIA

## CONCEPTOS GENERALES.

**TIPOS DE UTILIZACION DE LA TIERRA** — SE DEFINE COMO LAS FORMAS PARTICULARES DE LLEVAR A CABO LA PRODUCCION AGRICOLA, PECUARIA O FORESTAL.

**CAPACIDAD DE USO DE LA TIERRA** — SE DEFINE COMO LA CUALIDAD QUE PRESENTA UNA AREA DE TERRENO PARA PERMITIR EL ESTABLECIMIENTO DE CIERTO NUMERO DE TIPOS ALTERNATIVOS DE UTILIZACION DE LA TIERRA. ESTA CAPACIDAD DE USO SERA TANTO MAYOR CUANTO MAS AMPLIA SEA LA GAMA DE ALTERNATIVOS QUE SEA POSIBLE LLEVAR A CABO EN CADA TERRENO.

**APTITUD DE LA TIERRA** — ES UNA MEDIDA DEL GRADO EN QUE LAS CONDICIONES AMBIENTALES SATISFACEN LOS REQUERIMIENTOS DE LAS ALTERNATIVAS DE USO QUE PUEDEN SER ESTABLECIDOS EN UN TERRENO. ES DECIR LA INTENSIDAD CON QUE PUEDEN SER LLEVADAS A LA PRACTICA.

**USO POTENCIAL DE LA TIERRA** — SE CONSIDERA COMO UN INDICADOR QUE COMPRENDE POR UN LADO, EL TIPO O TIPOS DE UTILIZACION AGRICOLAS, PECUARIAS Y FORESTALES QUE PUEDEN SER ESTABLECIDOS EN EL TERRENO Y POR OTRO EL GRADO EN QUE LOS REQUERIMIENTOS TECNICOS Y BIOLOGICOS DE CADA TIPO DE UTILIZACION PUEDEN SATISFACERSE POR EL CONJUNTO DE CONDICIONES AMBIENTALES DEL TERRENO.

## SUPUESTOS BASICOS DEL SISTEMA DE EVALUACION

SON LOS FUNDAMENTOS QUE PERMITEN DEFINIR LA CONCEPCION GENERAL DEL ESQUEMA DE EVALUACION DE TIERRAS Y QUE ORIENTAN EL DESARROLLO DEL TRABAJO. ASI COMO LA INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS ESTOS SE HAN ESTABLECIDO EN BASE AL ANALISIS DE HECHOS OBSERVABLES EN LA REALIDAD.

CADA AREA DE TERRENO RECONOCIDA PUEDE SER DESTINADA AL ESTABLECIMIENTO DE VARIAS ALTERNATIVAS DE USO AGRICOLA, PECUARIO Y FORESTAL. EN RAZON DE QUE, DENTRO DEL CONJUNTO PARTICULAR DE CONDICIONES AMBIENTALES QUE LA CONFORMAN APARECEN COMPONENTES QUE SON A LA VEZ PARTES INTEGRANTES DE DISTINTOS SISTEMAS DE PRODUCCION QUE CONSTITUYEN LAS DISTINTAS ALTERNATIVAS DE USO.

LA TIERRA NO TIENE POR SI MISMA VALOR ABSOLUTO, QUE SEA DE APLICACION GENERAL PARA TODO PROPOSITO DE UTILIZACION QUE SE PRETENDA ESTABLECER. ES DECIR LA APTITUD DEL TERRENO PUEDE SER IGUAL O DISTINTA PARA CADA UNA DE LAS DIVERSAS ALTERNATIVAS DE USO QUE PERMITE.

LA CAPACIDAD DE USO DE LA TIERRA Y SU VALOR DE APTITUD PARA FINES ESPECIFICOS NO SON INDICADORES DE NIVELES DE PRODUCTIVIDAD. CADA CLASE DE TERRENO SOLAMENTE EXPRESA UNA DISTINTA AMPLITUD EN LAS ALTERNATIVAS DE USO QUE PERMITE LLEVAR A CABO.

LAS UNIDADES DE TERRENOS SE CLASIFICAN EN FUNCION DE LO QUE ELAS PRESENTAN INTERNAMENTE. NO SE TOMA EN CUENTA LA UBICACION DEL TERRENO EN EL AMBITO GEOGRAFICO Y NO IMPORTAN COMO CRITERIO DE EVALUACION DEL POTENCIAL DE USO, LOS CENTROS DE MERCADO, LAS VIAS DE COMUNICACION Y OTROS ATRIBUTOS ESTRICTAMENTE HUMANOS.

## CLASES DE CAPACIDAD DE USO FORESTAL.

LA CAPACIDAD DE USO FORESTAL SE JUZGA A TRAVES DE LA POSIBILIDAD DE APROVECHAMIENTO DE LA VEGETACION NATURAL. SEA SEA DEL TOTAL DE LOS INDIVIDUOS O PARTI DE ELLOS PARA LA OBTENCION DIRECTA O INDIRECTA DE DIVERSOS PRODUCTOS. LAS CLASES SE DEFINEN EN FUNCION DE LA NATURALEZA Y CONDICION DE LA VEGETACION, QUE DETERMINA EL CARACTER Y ORIENTACION ECONOMICA QUE SE PRETENDI HACER CON LOS PRODUCTOS QUE OFRECE LA VEGETACION NATURAL.

## TERRENOS APTOS PARA LA OBTENCION DE PRODUCTOS MADERABLES Y NO MADERABLES



CON ORIENTACION COMERCIAL



CON ORIENTACION DOMESTICA

## TERRENOS APTOS PARA LA OBTENCION DE PRODUCTOS MADERABLES



CON ORIENTACION COMERCIAL



CON ORIENTACION DOMESTICA

## TERRENOS APTOS PARA LA OBTENCION DE PRODUCTOS NO MADERABLES



CON ORIENTACION COMERCIAL



CON ORIENTACION DOMESTICA



TERRENOS NO APTOS PARA LA EXPLOTACION FORESTAL

## CRITERIOS DE DEFINICION DE LA APTITUD DE LA TIERRA

**CONDICION DE LA VEGETACION ACTUAL** — SE REFIERE A LAS CARACTERISTICAS DE LA VEGETACION ACTUAL DOMINANTE QUE SOPORTA UN TERRENO LO QUE PERMITE DISTINGUIR LOS TIPOS DE UTILIZACION QUE SON POSIBLES LLEVAR A CABO.

**EXTRACCION DE LOS PRODUCTOS FORESTALES** — SE REFIERE A LA MEDIDA EN QUE LAS CARACTERISTICAS FISICAS DEL TERRENO PERMITE EL CORTE Y/O TRANSPORTE DE LOS ELEMENTOS APROVECHABLES DE LA VEGETACION NATURAL.

## NIVELES DE APTITUD

**APTITUD ALTA** — UN TERRENO PRESENTA ESTE GRADO DE APTITUD CUANDO LAS CONDICIONES AMBIENTALES SATISFACEN PLENAMENTE LOS REQUERIMIENTOS DEL TIPO DE UTILIZACION DE LA TIERRA CONSIDERADO.

**APTITUD MEDIA** — PARA UN DETERMINADO TIPO DE UTILIZACION DE LA TIERRA, UN TERRENO MUESTRA SER DE APTITUD MEDIA CUANDO LAS CONDICIONES AMBIENTALES QUE LO CONFORMAN NO LOGRAN SATISFACER COMPLETAMENTE SUS REQUERIMIENTOS. LO ANTERIOR SE APRECIA EN OBTENCION DE MENORES RENDIMIENTOS, MAYORES DIFICULTADES PARA DESARROLLAR EL TIPO DE UTILIZACION Y MAYORES COSTOS DE PRODUCCION EN RELACION A LOS TERRENOS QUE PRESENTAN UNA APTITUD ALTA FRENTE A LA MISMA ALTERNATIVA DE USO.

**APTITUD BAJA** — UNA DETERMINADA AREA DE TERRENO MUESTRA UNA APTITUD BAJA CUANDO LAS CONDICIONES AMBIENTALES QUE LA CONFORMAN SÓLO PUEDEN SATISFACER EN EL MINIMO PERMISIBLE LOS REQUERIMIENTOS DEL TIPO DE UTILIZACION CONSIDERADO. EL ESTABLECIMIENTO DE TAL ALTERNATIVA ES POSIBLE, PERO TRAL COMO CONSECUENCIA QUE POR RENDIMIENTOS SEAN INFERIORES QUE PARA EL CASO DE TERRENOS CON APTITUD MEDIA ALTA PARA EL MISMO TIPO DE UTILIZACION O BIEN LAS DIFICULTADES EN EL MANEJO Y LOS COSTOS DE PRODUCCION SON MAYORES.

**APTITUD NULA** — SE ACRIPAN BAJO ESTE NIVEL DE APTITUD A LOS TERRENOS CUYAS CONDICIONES AMBIENTALES NO SON ADECUADAS PARA EL TIPO DE UTILIZACION DE LA TIERRA CONSIDERADO. SE PRESENTAN EN FORMA NUMERICA EN EL ORDE EN QUE SE MENCIONAN LOS CRITERIOS DE DEFINICION DE LA APTITUD DE LA TIERRA.

NIVELES  
1 ALTO  
2 MEDIO  
3 BAJO  
0 NULO

## ORDEN EN QUE APARECEN

CONDICION DE LA VEGETACION ACTUAL 2 1  
EXTRACCION DE LOS PRODUCTOS FORESTALES

LIMITE ENTRE UNIDADES

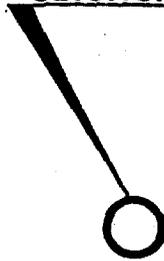
PUNTO DE VERIFICACION

LA INFORMACION REFERENTE A LOS PUNTOS DE VERIFICACION DE CAMPO, LO PUEDE USTED SOLICITAR PARA SU CONSULTA A LAS OFICINAS DEL INEGI

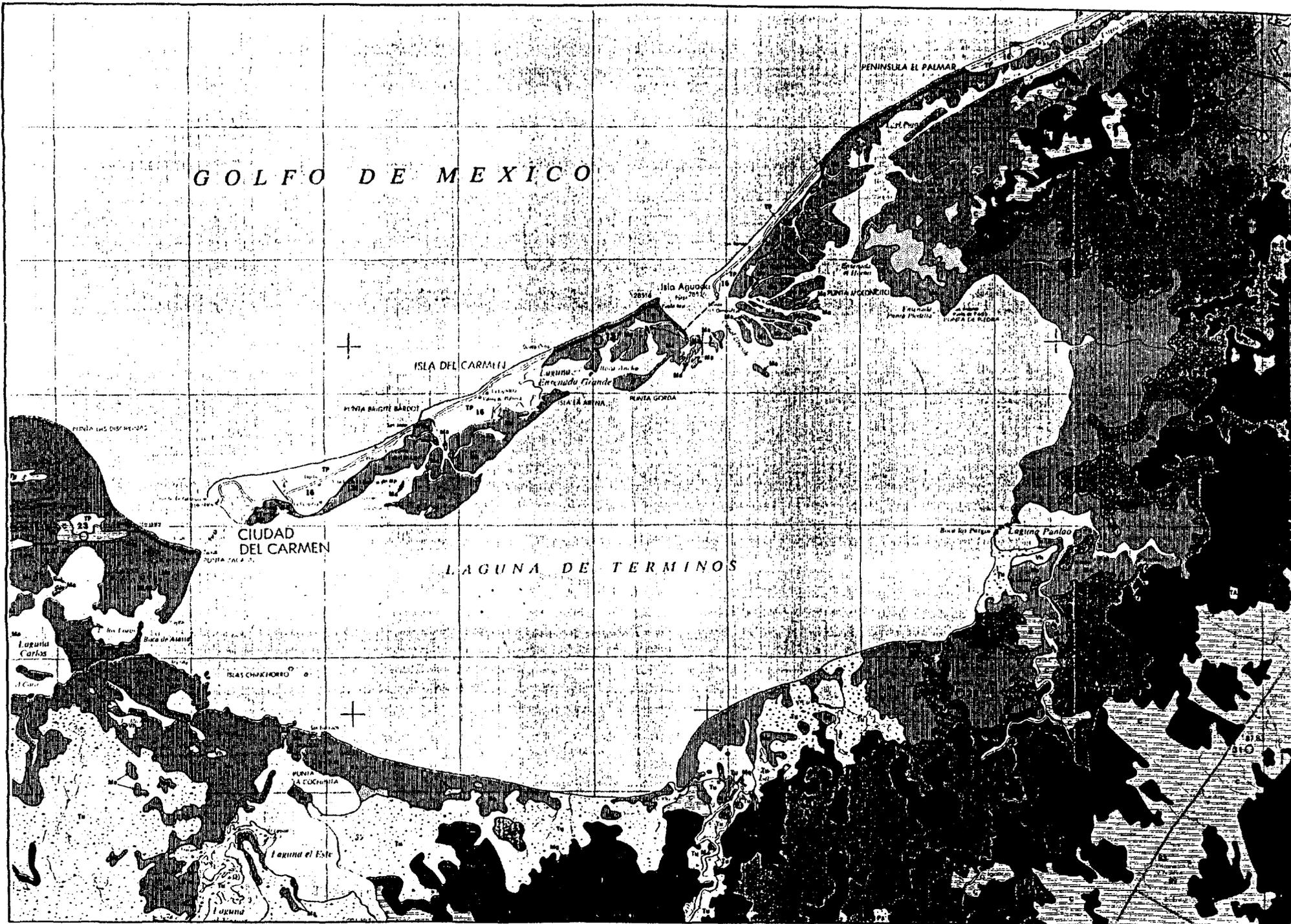
## CONDICIONES AMBIENTALES QUE DEFINEN LOS CRITERIOS DE APTITUD

CONDICIONES AMBIENTALES	CRITERIOS DE EVALUACION	
	CONDICION DE LA VEGETACION ACTUAL	EXTRACCION DE LOS PRODUCTOS FORESTALES
TOPOGRAFIA		X
ORIENTACION		X
INUNDACION		X
TIPO DE VEGETACION		

**UBICACION**



<b>ANTEPROYECTO Y EVALUACION MEDIOAMBIENTAL DE LA SOLUCION INTEGRAL DE LOS RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES DE LA CIUDAD DEL CARMEN</b>	FECHA: JUNIO 1993	ESCALA: 1 : 250.000	TITULO DE PLANO: CARTA DEL USO DEL SUELO Y VEGETACION	Nº DE PLANO: 4
---	----------------------	------------------------	--	-------------------



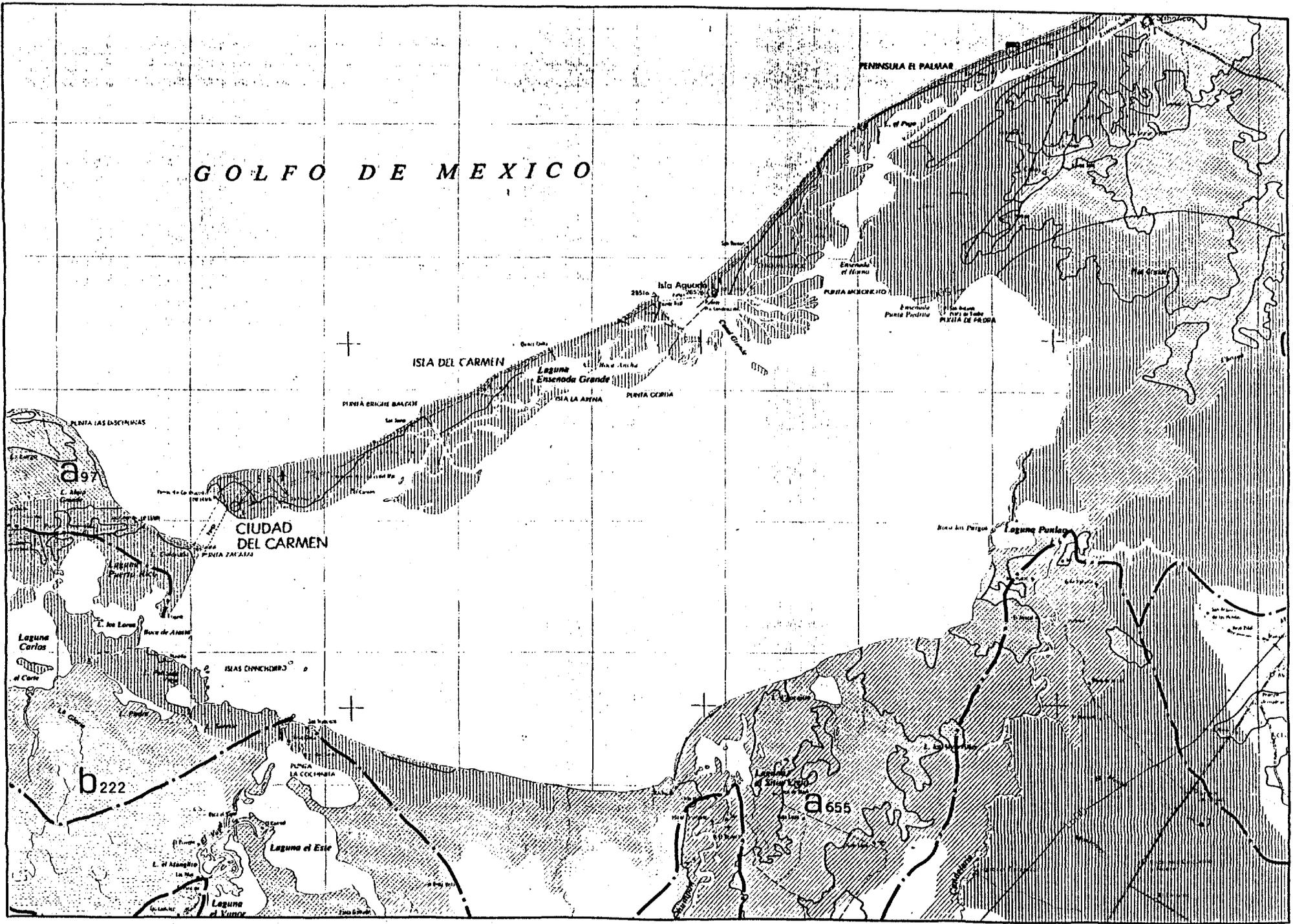


**UBICACION**



<b>ANTEPROYECTO Y EVALUACION MEDIOAMBIENTAL DE LA SOLUCION INTEGRAL DE LOS RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES DE LA CIUDAD DEL CARMEN</b>	<b>FECHA:</b> JUNIO 1993	<b>ESCALA:</b> 1 : 250.000	<b>TITULO DE PLANO:</b> CARTA HIDROLOGICA DE AGUAS SUPERFICIALES	<b>Nº DE PLANO</b> 5
---	-----------------------------	-------------------------------	--	-------------------------

# GOLFO DE MEXICO



UNIDADES DE ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL DE LA PRECIPITACION MEDIA ANUAL

COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO DE 0 A 5%

COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO DE 5 A 10%

COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO DE 10 A 20%

COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO DE 20 A 30%

COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO MAYOR DE 30%

LIMITE DE UNIDAD DE ESCURRIMIENTO

DATOS HIDROLOGICOS

REGION HIDROLOGICA

RH3

LIMITE DE REGION HIDROLOGICA

CUENCA

B

LIMITE DE CUENCA

SUBCUENCA

170

LIMITE DE SUBCUENCA

ISOTERMA MEDIA ANUAL (EN GRADOS CENTIGRADOS)

ISOPLETA MEDIA ANUAL (EN MILIMETROS)

ESTACION HIDROMETRICA

ESTACION CLIMATOLOGICA

VOLUMEN ESTIMADO DE CUERPO DE AGUA (MILLONES DE M<sup>3</sup>)

APROVECHAMIENTO SUPERFICIAL INDUSTRIAL

AREA DE INUNDACION

AREA DE EROSION

SUELO CON FASE SALINA

SUELO CON FASE SODICA

SUELO CON FASE SODICA-SALINA

RASGOS HIDROGRAFICOS

CORRIENTE PERENNE, CORRIENTE INTERMITENTE

LECHO DE RIO SECO

RAPIDOS, SALTO DE AGUA

CANAL, CORRIENTE QUE DESAPARECE

LAGUNA PERENNE, LAGUNA INTERMITENTE

PRESA, BORDO

b 170

AREA DE b EN KM<sup>2</sup>

-----

5(X)

17

49

C-49

24 93 73

SIMBOLOGIA

VIAS TERRESTRES

CARRERA DE MAS DE 2 CARRILES, CASETA DE PAGO

Cota

CARRERA PAVIMENTADA

NUMERACION DE RUTA FEDERAL, ESTATA

TERRACERIA TRANSITABLE EN TODO TIEMPO

TERRACERIA TRANSITABLE EN TIEMPO SECO

BRICHA, VEREDA

FERROCARRIL DE SERVICIO PUBLICO, ESTACION DE FERROCARRIL

OTRAS VIAS FERREAS

AEROPUERTOS

INTERNACIONAL, LOCAL, AEROPISTA

LINEAS DE CONDUCCION

ELECTRICA DE 33 KV O MAS, TELEFONICA, TELEGRAFICA

CONDUCTO SUPERFICIAL, CONDUCTO SUBTERRANEO

PUNTOS GEODESICOS

VERICE GEODESICO DE PRIMER ORDEN DE SEGUNDO O TERCER ORDEN

BANCO DE NIVEL DE PRIMER ORDEN DE SEGUNDO O TERCER ORDEN

PUNTO DE NIVELACION ACOTADO (METROS)

Δ ZARCA

BN

GR 26

△ 21846

BN

1521

REPRESENTACION DEL RELIEVO

CURVA DE NIVEL ACOTADA EN METROS

CURVA DE NIVEL ORDINARIA

CURVA DE NIVEL AUXILIAR O SUPLEMENTARIA

CURVA DE NIVEL APROXIMADA

DEPRESIONES, COTA FOTOGRAFICA EN METROS

REFERENCIA DE COTAS

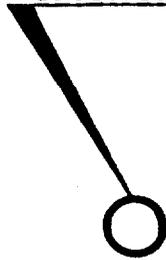
PRIMERA EDICION

LA CUADRICULA UNIVERSAL TRANSVERSA DE MENCAOTR ESTÁ REPRESENTADA POR LAS LINEAS AZULES NUMERADAS. LOS VALORES DE LA CUADRICULA ESTAN REPRESENTADOS CON DOS DIGITOS. EL NUMERO COMPLETO APARECE EN LAS PRIMERAS COORDENADAS DEL ANGULO INFERIOR IZQUIERDO.

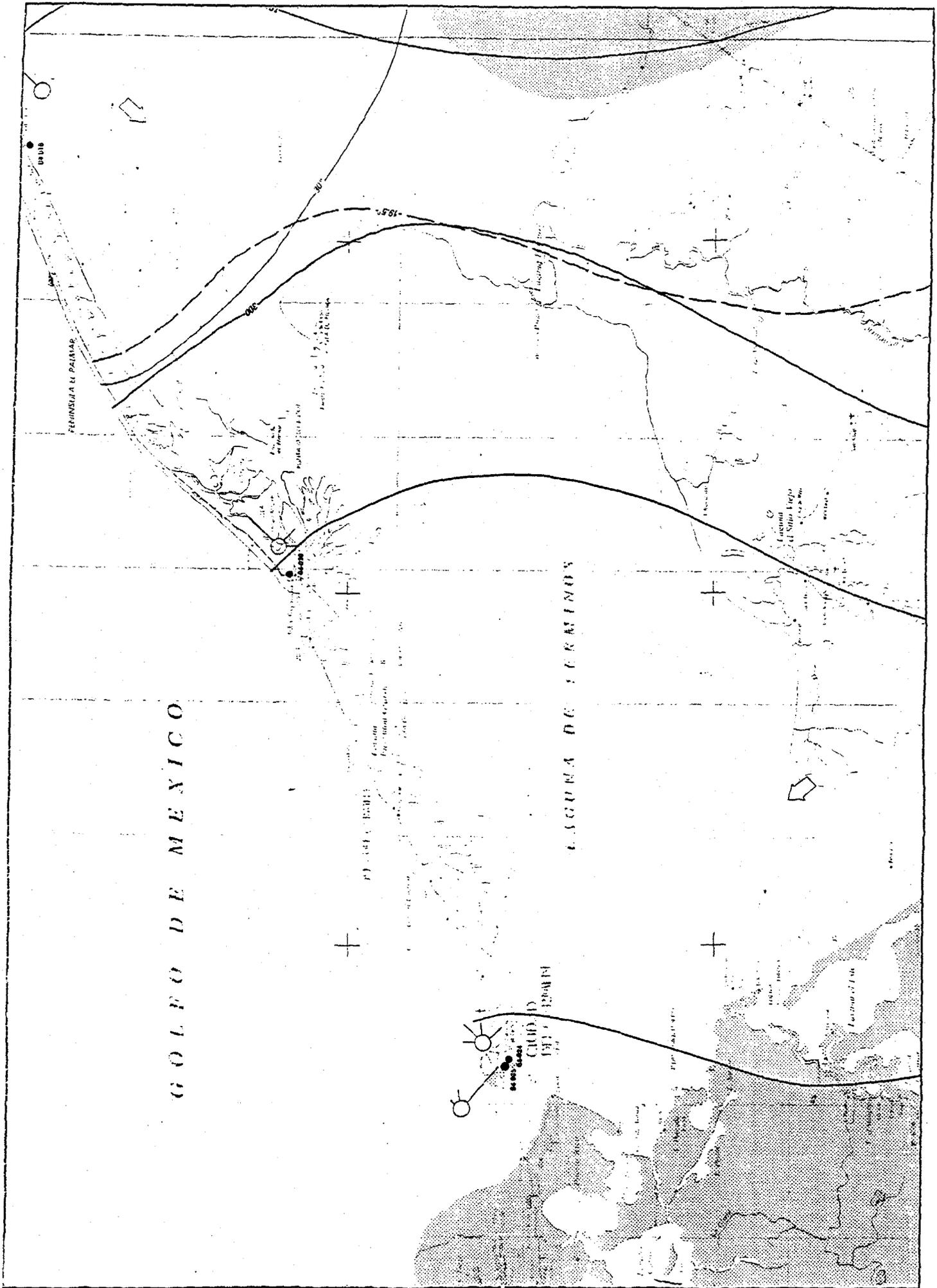
SUPUBLICAN AL USUARIO NOTIFICAR LOS ERRORES U OMISIONES QUE SE ENCUENTREN EN LA CARTA A DIRECCION GENERAL DE GEOGRAFIA DGC

LA INFORMACION DE ESTA CARTA SE COMPLEMENTA CON LAS CARTAS HIDROLOGICA DE AGUAS SUBTERRANEAS Y GEOLOGICA

**UBICACION**



<b>ANTEPROYECTO Y EVALUACION MEDIOAMBIENTAL DE LA SOLUCION INTEGRAL DE LOS RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES DE LA CIUDAD DEL CARMEN</b>	<b>FECHA:</b> JUNIO 1993	<b>ESCALA:</b> 1 : 250.000	<b>TITULO DE PLANO:</b> CARTA DE EFECTOS CLIMATICOS REGIONALES NOVIEMBRE / ABRIL	<b>Nº DE PLANO:</b> 6
---	-----------------------------	-------------------------------	---	--------------------------



**ESTACIONES Y OBSERVATORIOS METEOROLOGICOS**

20 25 CLAVE DE ESTACION U OBSERVATORIO METEOROLOGICO

ESTACION CON MENOS DE 14 AÑOS CON DATOS

ESTACION CON 15 A 29 AÑOS CON DATOS

ESTACION CON MAS DE 30 AÑOS CON DATOS

OBSERVATORIO CON MENOS DE 14 AÑOS CON DATOS

OBSERVATORIO CON 15 A 29 AÑOS CON DATOS

OBSERVATORIO CON MAS DE 30 AÑOS CON DATOS

PRECIPITACION TOTAL EN mm NOVIEMBRE - ABRIL

DE 0 A 25

DE 25 A 50

DE 50 A 75

DE 75 A 100

DE 100 A 125

DE 125 A 150

DE 150 A 200

DE 200 A 250

DE 250 A 300

DE 300 A 350

DE 350 A 400

DE 400 A 500

DE 500 A 600

DE 600 A 700

DE 700 A 800

DE 800 A 1000

DE 1000 A 1200

DE 1200 A 1400

DE 1400 A 1700

DE 1700 A 2000

MAS DE 2000

ISOTERMAS MEDIAS NOVIEMBRE - ABRIL

NUMERO DE DIAS CON LLUVIA APRECIABLE NOVIEMBRE - ABRIL  
(LLUVIA MAYOR DE 0.1 MM)

DE 0 A 29 DIAS CON LLUVIA

DE 30 A 59 DIAS CON LLUVIA

DE 60 A 89 DIAS CON LLUVIA

DE 90 A 119 DIAS CON LLUVIA

MAS DE 120 DIAS CON LLUVIA

**TEMPERATURAS MAXIMAS Y MINIMAS PROMEDIO**

ISOTERMAS MEDIAS MAXIMAS DE NOVIEMBRE DICIEMBRE Y ENERO CADA 3°C

ISOTERMAS ADICIONALES CADA 1.5°C

ISOTERMAS MEDIAS MINIMAS DE NOVIEMBRE DICIEMBRE Y ENERO CADA 3°C

ISOTERMAS ADICIONALES CADA 1.5°C

**PRESENCIA DE HELADAS NOVIEMBRE - ABRIL**

DE 1 A 8 DIAS CON HELADAS EN PROMEDIO EN EL MES QUE SE INDICA NOVIEMBRE EN DICIEMBRE O ENERO FEBRERO Y MARZO Y ABRIL A

MAS DE 9 DIAS CON HELADAS EN PROMEDIO EN EL MES QUE SE INDICA

ENTRE 1 Y 8 DIAS CON HELADAS EN NOVIEMBRE Y FEBRERO Y MAS DE 9 DIAS CON HELADAS EN DICIEMBRE Y ENERO

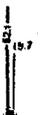
AREA CON LA INCIDENCIA PROMEDIO DE HELADAS QUE SE INDICA

**VIENTOS DOMINANTES NOVIEMBRE - ABRIL**

ROSA DE VIENTOS DOMINANTES SUPERFICIALES LA DIRECCION DE LA BARBA INDICA EL LUGAR DE DONDE SOPHA EL VIENTO LA LONGITUD DE LA BARBA REPRESENTA LA FRECUENCIA DE VIENTO EN PORCENTAJE DE PRESENCIA EN EL MES MENORES DE 5% DE PRESENCIA NO SE REPRESENTAN LOS NUMEROS EN EL CENTRO DE LA ROSA CORRESPONDEN AL PORCENTAJE DE CALMAS



ROSA DE VIENTOS CON INCLUSION DE LA VELOCIDAD MEDIA EN METROS/SEGUNDO SOLO PARA AQUELLOS OBSERVATORIOS O ESTACIONES QUE CUENTAN CON INSTRUMENTOS PARA PROPORCIONAR ESTE DATO EN FORMA FRACCION NO APRELATIVA



ROSA DE VIENTOS CON LA DIRECCION Y VELOCIDAD EN METROS/SEGUNDO DE LOS VIENTOS MEDIOS MAXIMOS (ELEMENTO FINO) Y LA DIRECCION Y VELOCIDAD EN METROS/SEGUNDO DEL VIENTO MAXIMO ABSOLUTO (ELEMENTO GROSERO) EN ESTA ROSA LA LONGITUD DEL SEGMENTO NO INDICA % DE FRECUENCIA SINO VELOCIDAD EN METROS/SEGUNDO Y COMO KILOM/SEGUNDO SOLO PARA OBSERVATORIOS O ESTACIONES QUE TIENEN INSTRUMENTAL PARA DAR ESTE DATO

DIRECCION DEL VIENTO REGIONAL DOMINANTE

LOS DATOS METEOROLOGICOS QUE SURTIERON DE BASE PARA LA ELABORACION DE ESTA CARTA FUERON PROPORCIONADOS POR LA DIRECCION DEL SERVICIO METEOROLOGICO NACIONAL Y LA DIRECCION DE ESTUDIOS DE LA SECRETARIA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HUMANOS ESTOS DATOS FUERON DESPUES PROCESADOS ELECTRONICAMENTE POR LA DIRECCION GENERAL DE GEOGRAFIA DE LA SECRETARIA DE PROGRAMACION Y PRESUPUESTO LA INFORMACION ABARCA EL AÑO DE 1971 a 1980

**SIMBOLOGIA**

<p><b>VIAS TERRESTRES</b></p> <p>CARRERA DE MAS DE DOS CARRILES CASERA DE PAGO</p> <p>CARRERA PAVIMENTADA</p> <p>NUMERACION DE RUTA FEDERAL ESTADAL</p> <p>TERRACERIA TRANSITABLE EN TODO TIEMPO</p> <p>TERRACERIA TRANSITABLE EN TIEMPO SECO</p> <p>BRECHA VEREDA</p> <p>FERROCARRIL DE SERVICIO PUBLICO ESTACION</p> <p>OTRAS VIAS FERREAS</p> <p><b>RASGOS CULTURALES</b></p> <p>LIMITE INTERNACIONAL</p> <p>LINIA ELECTRICA</p> <p>CONDUCTO SUPERFICIAL SUBTERRANEO</p> <p>PUNTE TUNEL</p> <p>ACUEDUCTO SUPERFICIAL SUBTERRANEO</p>	<p>CANAL</p> <p>PRESA</p> <p>BORDO</p> <p>MINA POZO</p> <p>TEMPLO EXTRAURBANO FARO BANCO DE MATERIAL</p> <p>VERTICAL DE PRIMER ORDEN DE SEGUNDO O TERCER ORDEN</p> <p><b>AEROPUERTO</b></p> <p>INTERNACIONAL LOCAL AEROPISTA</p> <p><b>REPRESENTACION DEL RELIEVE</b></p> <p>CURVA DE NIVEL ACOTADA EN METROS</p> <p>CURVA DE NIVEL ORDINARIA</p> <p>CURVA DE NIVEL AUXILIAR</p> <p>CURVA DE NIVEL APROXIMADA</p> <p>DEPRESION COTA FOTOGRAFICA EN METROS</p>	<p><b>RASGOS HIDROGRAFICOS</b></p> <p>PERENNE INTERMITENTE</p> <p>MANANTIAL CORRIENTE QUE DESAPARECE</p> <p>SALTO DE AGUA</p> <p>LECHO DE RIO SECO LAGUNA INTERMITENTE</p> <p>MASA DE AGUA PERENNE INTERMITENTE</p> <p>PROYECCION</p> <p>CUADRICULA</p> <p>REFERENCIA DE COIAS</p> <p>PRIMERA EDICION</p> <p>PRIMERA IMPRESION</p> <p>AUTORIDAD</p> <p>PROCEDIMIENTO DE ELABORACION: FOTINTERPRETACION Y VERIFICACION DE CAMPO SOLICITAMOS AL PUBLICO USUARIO NOTIFICAR LOS ERRORES U OMISSIONES QUE ENCUENTRE EN LA CARTA A DIRECCION GENERAL DE GEOGRAFIA SAN ANTONIO ABAD No. 124, CD. TRANSITO, DELEGACION CUAUHTEMOC 06220 MEXICO, D.F.</p>
---	---	--

## 2.- SISTEMA DE ALMACENAMIENTO (CONTENEDORES)

**SISTEMA DE ALMACENAMIENTO  
(CONTENEDORES)**

**INDICE**

- 1.- INTRODUCCIÓN**
- 2.- FINALIDAD DE LA RECOLECCIÓN MECANIZADA**
- 3.- OPERATIVA DE LA IMPLANTACIÓN DE CONTENEDORES**
  - 3.1.- Encuesta
  - 3.2.- Información a la población
  - 3.3.- Gestión informática
  - 3.4.- Entrenimiento y mantenimiento
  - 3.5.- Marcado de los contenedores
  - 3.6.- Lavado - desinfección.
- 4.- CARACTERÍSTICAS DE LOS CONTENEDORES**
- 5.- CALCULO DE LA DOTACIÓN DE CONTENEDORES**
  - 5.1.- Opciones propuestas.
  - 5.2.- Cálculo de las necesidades.
- 6.- INFORMACION GRAFICA**

## **SISTEMA DE ALMACENAMIENTO (CONTENEDORES)**

### **1.-INTRODUCCIÓN**

Un programa de instalación y mantenimiento de contenedores, debe analizar distintas alternativas que complementen la instalación de recipientes para el almacenamiento de residuos de la ciudad.

El cálculo permitirá tener una noción de los volúmenes y tipos de recipientes necesarios para atender las necesidades de la ciudad.

Para ello se parte de datos estadísticos referentes a producción actual de residuos, número de habitantes y densidad de población. En el caso de acometer una implantación definitiva de contenedores, sería aconsejable confirmar los datos obtenidos por medio de un estudio cuidadoso de las necesidades particulares de cada zona a contenerizar, a partir de una encuesta de los productores afectados.

### **2.- FINALIDAD DE LA RECOLECCIÓN MECANIZADA**

La recogida mecanizada en contenedores herméticos tiene fines principales:

- a) La mejora y racionalización del servicio de recolección, gracias a una disminución de ciertos gastos, (carburantes, personal, etc.) que entraña la reducción del número de camiones en servicio, de los servidores de los mismos y de un eventual espaciamiento de la recogida.

- b) Mejora de las condiciones de trabajo del personal encargado de la recolección de basuras. Con los contenedores herméticos no estarán en contacto con los residuos. La elevación mecanizada de los recipientes elimina el esfuerzo que supone para ellos una recolección manual.

Del mismo modo se benefician los propietarios de los inmuebles, personal de las empresas de servicios y cualquier personal encargado de presentar la basura a la recolección, contando con un mejor sistema de acopio.

Es un hecho comprobado en ciudades que cuentan con un sistema de recolección mecanizada, el importante descenso experimentado en los accidentes de trabajo del personal de los Servicios de Limpieza, así como una notable baja en el índice de absentismo laboral.

- c) Mejora del entorno urbano, pues la adopción de contenedores herméticos uniformes permite eliminar los depósitos incontrolados y suprimir los conocidos inconvenientes que conlleva la recolección tradicional (bolsas rotas, cubos sin tapa, etc.). Se evita el derramamiento de los residuos y aumenta la limpieza de la ciudad.

### **3.- OPERATIVIDAD DE LA IMPLANTACIÓN DE CONTENEDORES.**

La implantación de contenedores en una ciudad, para que resulte eficaz, precisa normalmente de cuatro operaciones unidas entre sí.

- a) Encuestas de cada punto de producción.
- b) Información y concienciación de la población.
- c) Distribución y etiquetado de los contenedores.
- d) Creación de un fichero, informatizado, para el control de los contenedores.

De la buena organización de estas operaciones depende una correcta puesta en marcha de la recolección mecanizada. A estas tareas previas debe unirse la de mantenimiento y conservación del parque de los contenedores instalados.

El suministrador podría asumir por encargo del Ayuntamiento la realización de todas estas tareas a completa satisfacción de los Servicios Técnicos Municipales, según se expone a continuación.

#### **3.1.- Encuesta**

Es el elemento determinante para la evaluación del proyecto definitivo, por lo que antes de iniciarla deberán tener lugar una o más reuniones de preparación con los servicios técnicos, con el propósito de definir:

- Organización de fichero de calles
- Ámbito de las encuestas.
- Almacenamiento a tener en cuenta para cada productor.
- Elementos de identificación del usuario.
- Peticiones particulares (comerciales, industriales, etc.)

A partir de estas premisas, unos encuestadores acreditados por el municipio visitarán de puerta en puerta, cada finca, cada comercio, incluso establecimientos públicos, escuelas, etc, para determinar en función de la producción diaria de residuos y con los criterios acordados con los Servicios Técnicos Municipales la dotación real a instalar.

Se estima como normal, un plazo de treinta días, de trabajo, para la realización de este trabajo. Tras el trabajo sobre el terreno, han de analizar toda la información obtenida. El primer paso consistirá en verificar las fichas aportadas por las encuestas

para evitar todo olvido, repetición o error. Será preciso resolver sobre el terreno los casos singulares o con problemas. Toda modificación o solución a un problema preciso debe ser sometida a la aprobación de los Servicios Técnicos del Municipio.

Una vez aprobados los documentos, serán informatizados para realizar la lista de entrega de la implantación. Este análisis informático de la encuesta está compuesto por tres listados.

- Listado de calles con su código (que se creará si no existe).
- Listado de productores, calle por calle, dando:
  - Número de calle
  - Nombre de usuario
  - Actividad
  - Dotación de contenedores
- Listado de síntesis, que reagrupa las cantidades en número y volumen de contenedores a distribuir en cada calle.

Este último listado sirve para controlar si los sectores de recolecta se encuentran sobrecargados, unos respecto a otros.

### 3.2.- Información a la población

Con el fin de llevar a buen término la modernización de la recolecta, es necesario realizar una labor que permita tener perfectamente informados a los usuarios.

Esta información puede ser llevada a la población por medios diferentes y complementarios (medios de comunicación locales, prensa, radio, carteles, cartas del Alcalde, etc.).

### 3.3.- Gestión informática

Los datos de la encuesta, informatizados, deben ser corregidos en función de las modificaciones que hayan podido constatarse en la distribución de los contenedores para confeccionar el listado de puesta en servicio. Una copia de este listado se facilitará a la ciudad.

Todos los meses debe hacerse una recapitulación de:

- Nueva creación de usuarios
- Modificación del volumen
- Contenedores reemplazados

Todos los meses igualmente, el fichero deberá ser puesto al día.

### 3.4.- Entretenimiento y mantenimiento

El conjunto de material debe mantenerse en perfecto estado de funcionamiento, respetando rigurosamente las necesidades de la ciudad. A saber:

- Cambio de todas las piezas defectuosas (ruedas, ejes, tapas, etc.), cualquiera que sea la posible causa.
- El municipio deberá asegurarse acerca del servicio de recolección, del estado satisfactorio de su material (vehículos), de forma que no pueda entrañar un deterioro anormal de los contenedores.

Los contenedores deben de ser cambiados en los casos siguientes:

- Rotura accidental debida a la circulación o al manejo de los mismos.
- Degradación del contenedor, debido a ácidos, cenizas calientes, etc.

El entretenimiento y mantenimiento estará a cargo de personal especializado, que operará con un vehículo ligero (pic-up). Las reparaciones o los cambios se harán de tal forma, que el volumen puesto a disposición de los usuarios no se vea afectado ni se perturbe la recolección.

### 3.5.- Marcado de los contenedores

Cada contenedor debe ser marcado, de forma indeleble con el escudo y nombre de la ciudad. Sobre el cuerpo se colocará una etiqueta autoadhesiva que permita identificar al usuario y en la que pueda constar:

- . Nombre
- . Calle
- . Número de la calle
- . Eventualmente: día de la recogida

### 3.6.- Lavado-desinfección

Los contenedores deben ser lavados periódicamente para que su aspecto estético e higiénico se mantenga a satisfacción de los usuarios. De acuerdo con los Servicios Técnicos Municipales se establecerá la periodicidad y la modalidad de lavado.

Los contenedores deben lavarse por el interior y el exterior, siendo las frecuencias más usuales, para los contenedores individuales, cada trimestre y para los contenedores colectivos cada 30 días.

El lavado se realizará por medio de lavacontenedores móviles, instalados sobre camiones que recorrerán los mismos itinerarios que los camiones de recolección para poder lavar los contenedores inmediatamente después de haber sido vaciados.

El procedimiento de lavado será por agua a alta presión, a la que se incorporarán aditivos bactericidas y desengrasantes. El resultado, con este tipo de lavado, es de gran calidad debido a la alta presión del agua de lavado.

## 4.- CARACTERÍSTICAS DE LOS CONTENEDORES

Ya, desde hace más de una década, en los países desarrollados, o en vías de desarrollo, y en beneficio de una buena gestión, tanto desde el punto de vista económico como de facilidad de operación, higiene e impacto ambiental, se han descartado los contenedores metálicos, sustituyéndolos por los de polietileno de alta densidad inyectado.

Estos contenedores, se adaptarán a las normas DIN 53.479 y DIN 53.735, que fijan como características fundamentales las siguientes:

- Estar provistos de tapa que forme un solo cuerpo con el contenedor, asegurando un cierre perfecto que evite la dispersión de malos olores.
- Que estén moldeados por inyección de polietileno de alta densidad, coloreado en masa y estabilizado contra la acción de los rayos ultravioleta solares.
- Resistencia al choque elevada.
- Resistencia a las variaciones de temperatura entre -40°C y +40°C.
- Provistos de ruedas, equipadas con bandas de goma especial, que faciliten su desplazamiento en suelos irregulares.

- Con asas que aseguren una conducción cómoda incluso en locales o lugares de reducidas dimensiones.
- Que puedan ser utilizadas por los vehículos recolectores-compactadores, tanto si estos poseen sistema de elevación polivalente de presión frontal, como de presión lateral.

En los anejos se facilitan fotografías y croquis tanto para los individuales como para los colectivos.

## 5.- CALCULO DE LA DOTACIÓN DE CONTENEDORES

### 5.1.- Opciones propuestas.

Le estudian tres opciones distintas de contenerización:

- 1.- **OPCIÓN A:** En esta opción la recogida de residuos domiciliarios (95% del total) se realizaría con contenedores colectivos de 1.000 litros de capacidad y los procedentes de otras actividades (comercios, bares, restaurantes, etc.) se recogerían en contenedores individuales de 120 l. y 240 l.
- 2.- **OPCIÓN B:** En esta otra opción, los contenedores para recolección de residuos domiciliarios (95% del total) serían de 800 litros de capacidad, siendo los correspondientes a otras actividades de 120 l. y 240 l.
- 3.- **OPCIÓN C:** En esta tercera alternativa el 100% de los residuos se recolectarían con contenedores de 1.000 litros de capacidad.

A continuación se describe el proceso que se ha seguido para la determinación de los volúmenes resultantes, así como los datos de los que se ha partido para su conclusión.

Se hace constar que los resultados que se obtienen en el presente estudio son aproximados, ya que todos los cálculos están basados en datos estadísticos (habitantes, producción de residuos, etc.).

En caso de que se decidiese contenerizar definitivamente y contratar los servicios de mantenimiento y limpieza de contenedores, es aconsejable la realización de un estudio más profundo, a través del cual se determinarían las necesidades reales de cada municipio.

### 5.2.- Calculo de necesidades.

En las opciones A y B se ha considerado que el 95% de los residuos proceden de las viviendas y el 5% restante de otras actividades, para dotar con distinto tipo de contenedor a cada caso (contenedor colectivo para las viviendas y contenedor individual para el resto).

En la opción C el 100% de los residuos se recolectarían con contenedores de 1.000 litros.

En todos los casos se ha considerado un máximo de 2 días de acopio. Es decir, recolección en días alternos, o diariamente con descanso dominical.

La contenerización inicial calculada es para el número de habitantes actual, sin tener en cuenta el incremento anual de la población.

La producción total de residuos por día viene determinada de la siguiente forma:

$$N^{\circ} \text{ de Habitantes} \times \text{Producción x/hab./día} \times N^{\circ} \text{ de días de acopio}$$

Los litros equivalentes a los kilogramos de basura producidos se obtienen dividiendo por la densidad estimada (200 Kg/m3).

$$\text{Volumen equivalente} = \text{Producción de residuos/densidad}$$

De este volumen, se ha supuesto un 95% contenerizado en recipientes colectivos (residuos domiciliarios) y un 5% en recipientes individuales (comercio, bares, etc...), para las opciones A y B.

La opción C contempla el 100% de la producción contenerizada con contenedores colectivos.

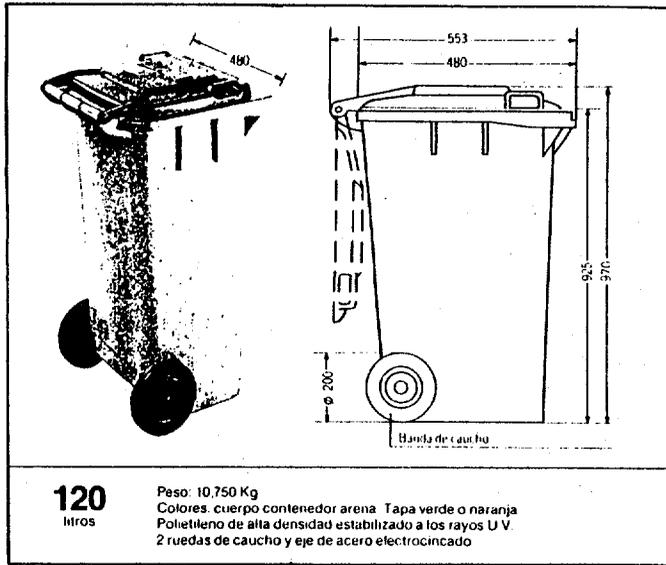
De los volúmenes destinados a contenerización colectiva e individual, se obtiene el número de contenedores necesario en cada caso, teniendo en cuenta un incremento de volumen por pérdidas producidas en la capacidad de cada contenedor (10% para contenedores colectivos y 15% para individuales).

En función de lo expuesto en este anexo, el cuadro siguiente refleja las necesidades de medios humanos y materiales para la contenerización del servicio.

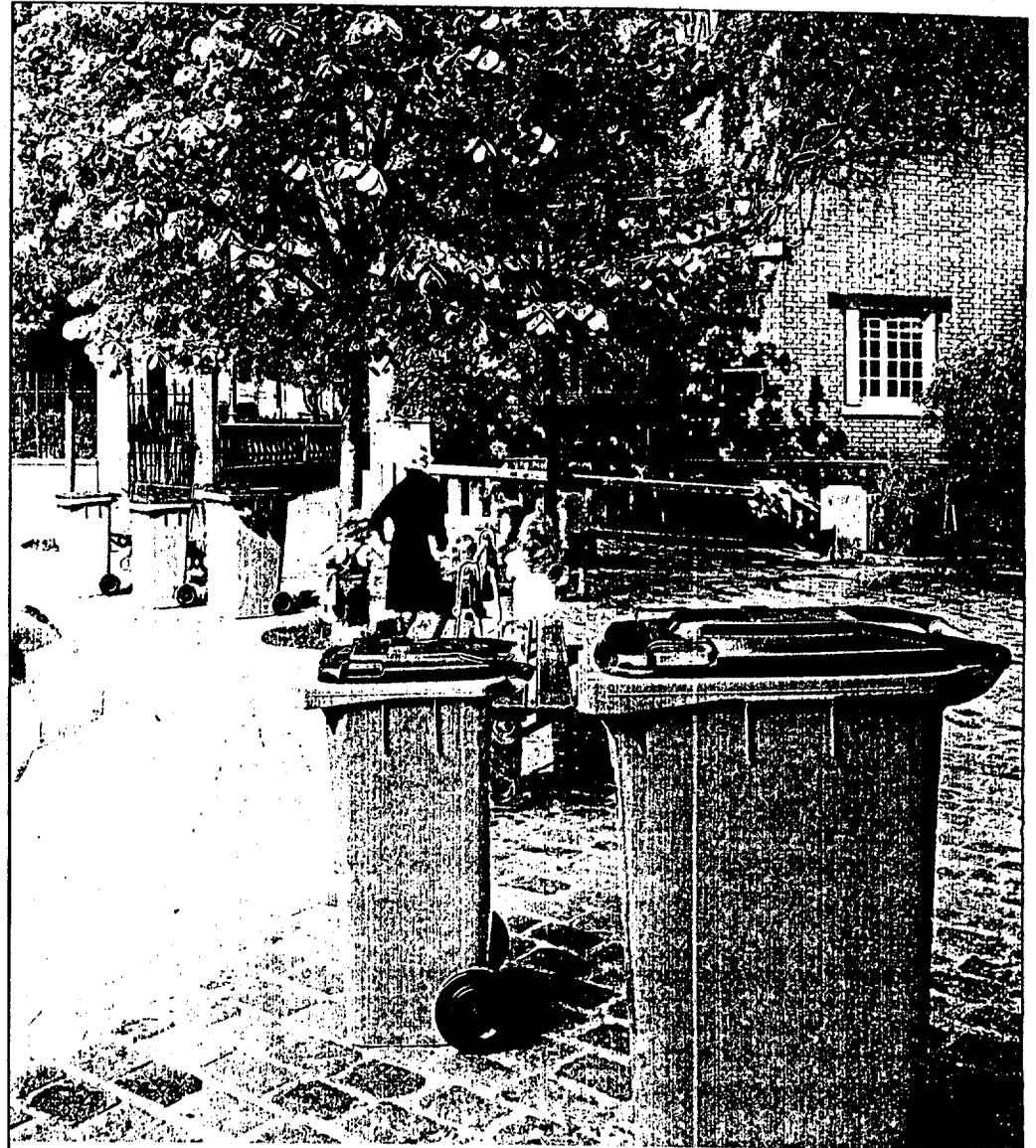
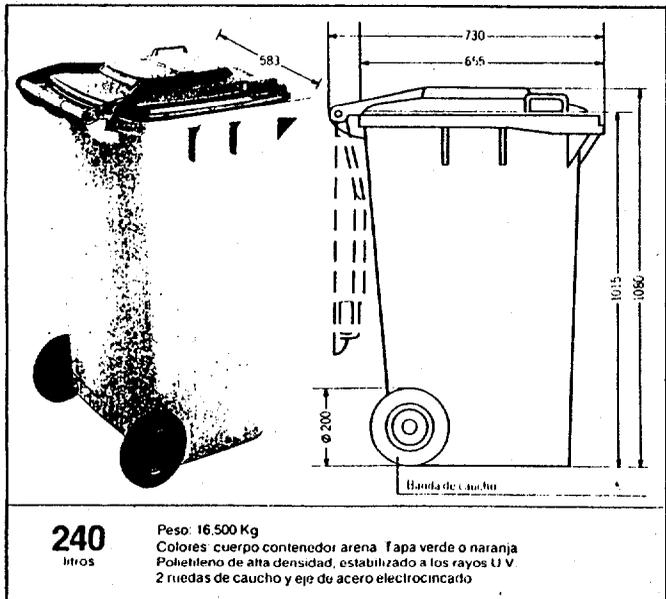
**SINTESIS DEL SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE LA CIUDAD DEL CARMEN**

POBLACION	OPCION DE CONTENERIZACION	Nº DE CONTENEDORES				LITROS	MEDIOS MECANICOS		CHOFER	OPERARIO
		120 L.	240.L	800 L.	1.000 L.		LAVA CON- TENEDORES	VEHICULOS DE MANTENIMIENTO		
CIUDAD DEL CARMEN	A	319	160	-	1.390	1.466.680	1	2	3	3
	B	319	160	1.738	-	1.467.080	1	2	3	3
	C	-	-	-	1.463	1.463.000	1	2	3	3

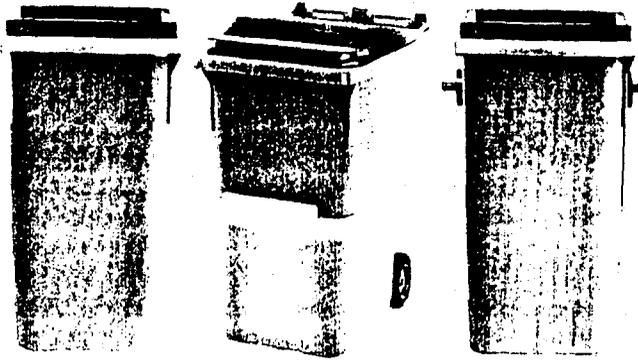
## **6.- INFORMACION GRAFICA**



**UNA CONTENERIZACION RACIONAL  
POR UNA CIUDAD LIMPIA.**



**Contenedores herméticos  
de 120 y 240 litros**



Prensión frontal

Prensión lateral DIN

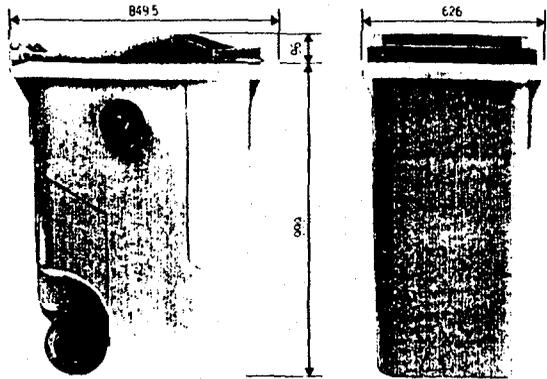
Los puntos fuertes



Posibilidad de equipamiento con ruedas de  $\varnothing$  300 mm.



Pedal de apoyo posterior



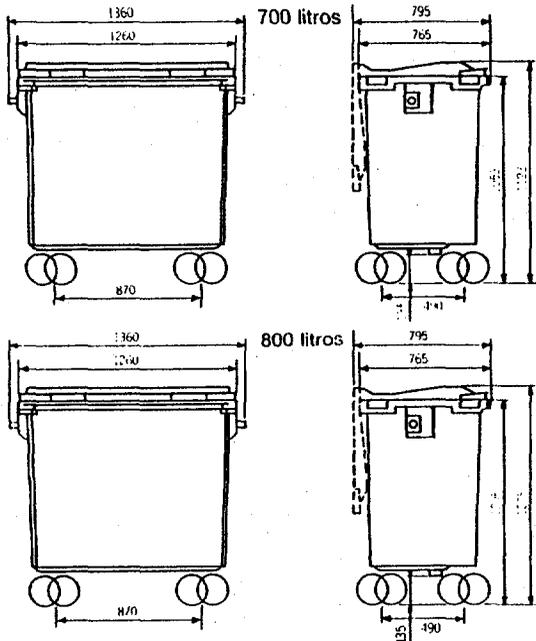
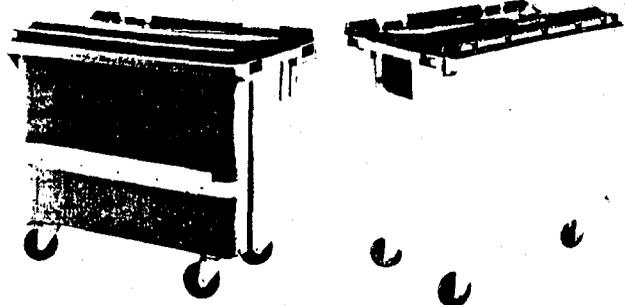
**360**  
litros

Peso: 24 Kg  
Colores: cuerpo contenedor arena Tapa verde o naranja  
Poliétileno de alta densidad, estabilizado a los rayos U.V.  
2 ruedas de caucho y eje de acero electrocincado



**UNA CONTENERIZACION RACIONAL  
POR UNA CIUDAD LIMPIA.**

**Contenedor hermético  
de 360 litros**



**700**  
litros  
**800**  
litros

Peso: 50 y 53 Kg., respectivamente.  
Colores: cuerpo contenedor arena. Tapa verde o naranja.  
Poliétileno de alta densidad, estabilizado a los rayos U.V.  
2 ruedas giratorias con freno.  
2 ruedas giratorias simples.

**UNA CONTENERIZACION RACIONAL  
POR UNA CIUDAD LIMPIA.**



**Contenedores herméticos  
de 700 y 800 litros**

MODELO	120L	240 L	360 L	800 L	1000 L	1100 L
ANCHO (mm)	480	583	626	1360	1370	1370
FONDO (mm)	480	655	849,5	765	1070	1070
ALTO (mm)	970	1080	1095	1275		1465
PESO (Kg)	10,75	16,50	24	53	56	68
RUEDAS (Ø mm)	200	200	200/300	160/200	200	200
SISTEMA ELEVACION	PRENSION FRONTAL	PRENSION FRONTAL	PRENSION FRONTAL ó DIN	DIN ó OSCHNER	DIN ó OSCHNER	DIN

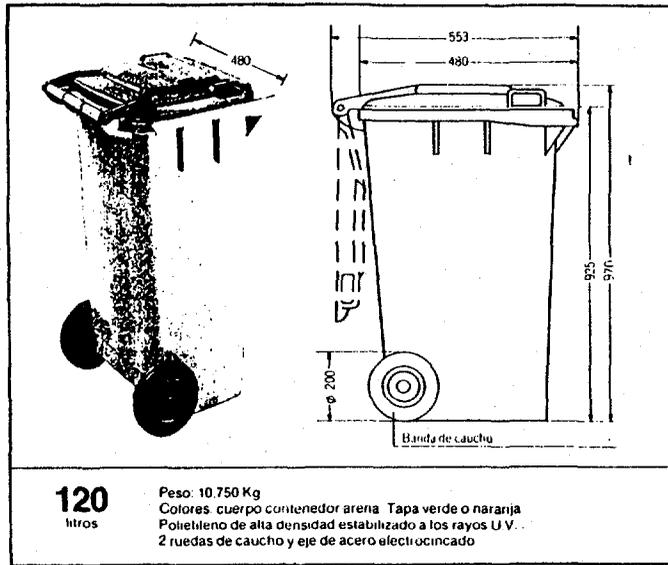
**UNA CONTENERIZACION RACIONAL  
POR UNA CIUDAD LIMPIA.**



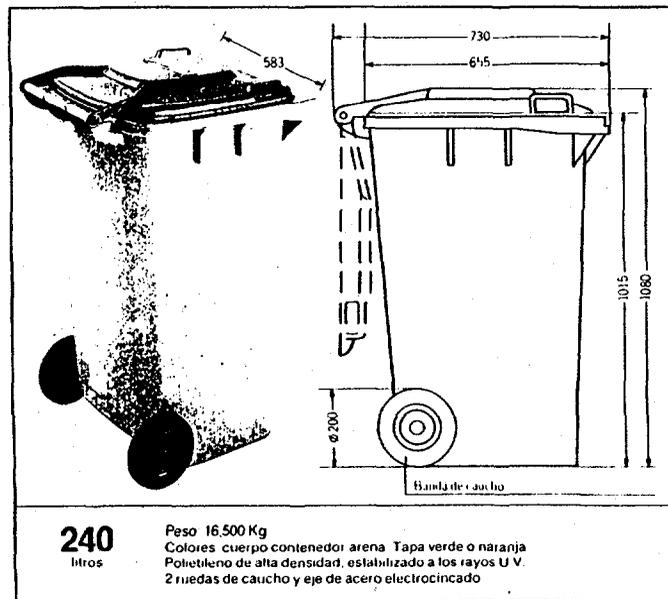
# Contenedores para recogida selectiva

La gama de contenedores para recogida  
fabricados con polietileno  
de alta densidad, son resistentes a golpes y tracciones  
e inalterables a cambios de temperaturas.  
Su diseño normalizado es la mejor solución estética  
al entorno más exigente.

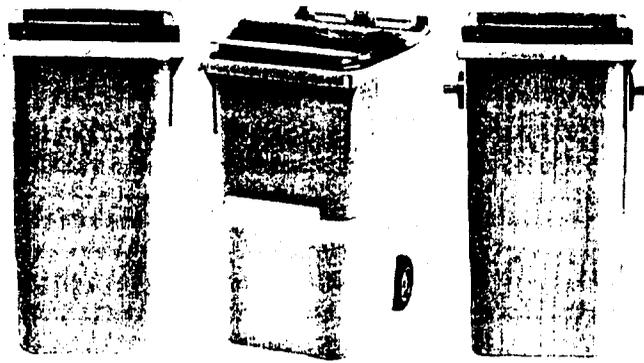




**UNA CONTENERIZACION RACIONAL  
POR UNA CIUDAD LIMPIA.**



**Contenedores herméticos  
de 120 y 240 litros**



Prensión frontal

Prensión lateral DIN

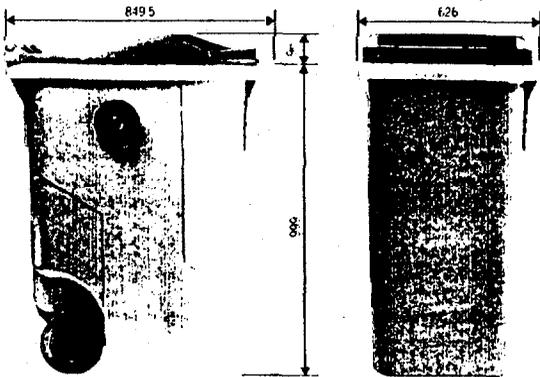
Los puntos fuertes



Posibilidad de equipamiento con ruedas de  $\varnothing$  300 mm.



Pedal de apoyo posterior



2 ruedas de  $\varnothing$  200

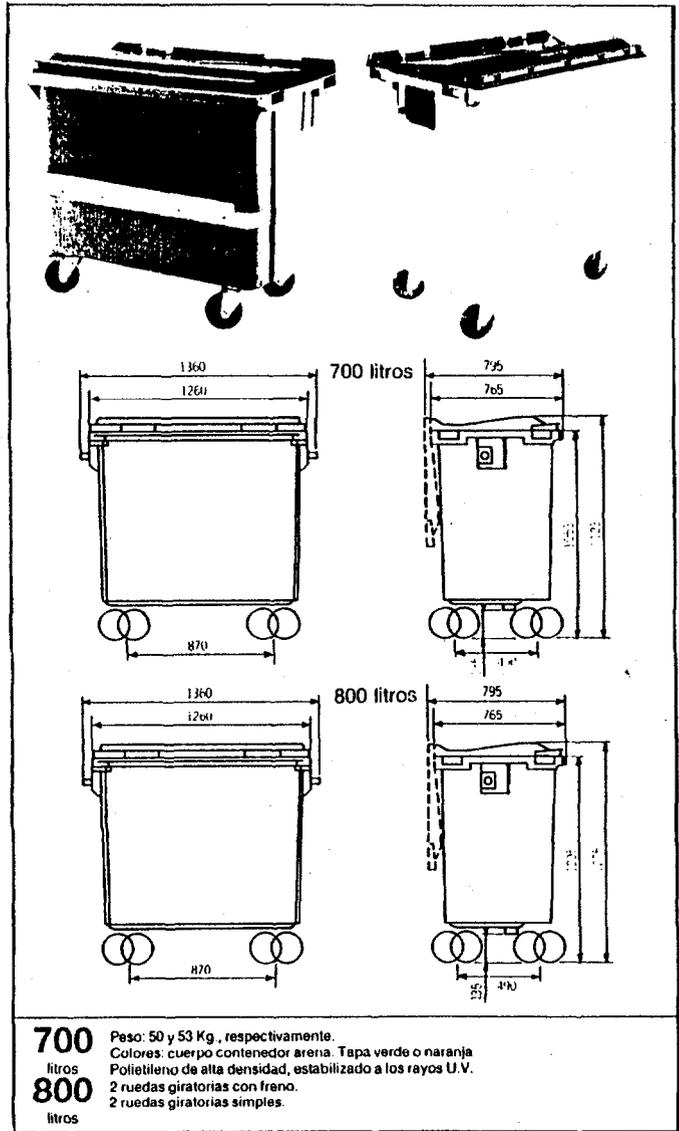
**360**  
litros

Peso: 24 Kg.  
Colores: cuerpo contenedor arena. Tapa verde o naranja  
Poliétileno de alta densidad, estabilizado a los rayos U.V.  
2 ruedas de caucho y eje de acero electrocincado

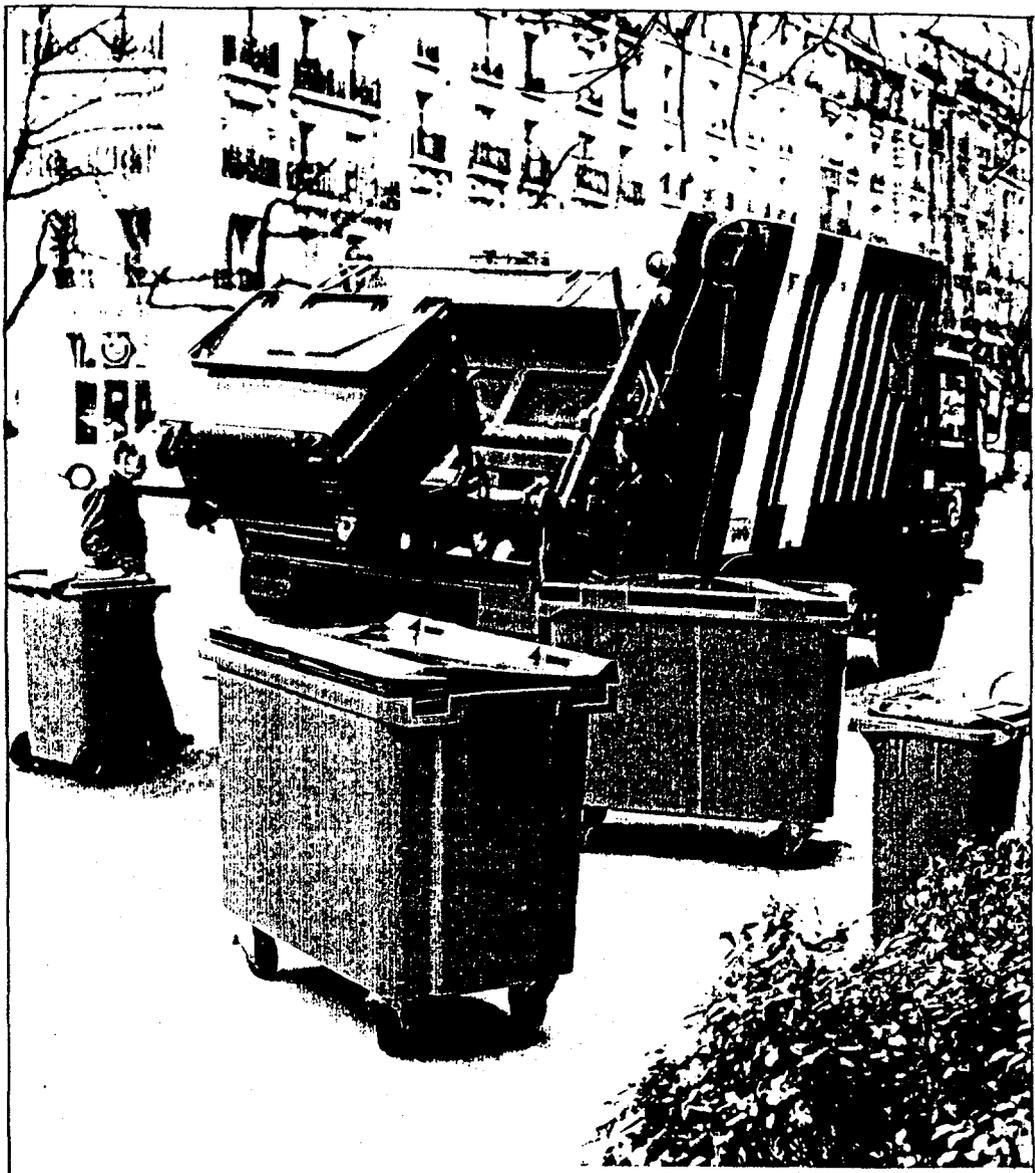


**UNA CONTENERIZACION RACIONAL  
POR UNA CIUDAD LIMPIA.**

**Contenedor hermético  
de 360 litros**



Peso: 50 y 53 Kg., respectivamente.  
 Colores: cuerpo contenedor arena. Tapa verde o naranja  
 Polietileno de alta densidad, estabilizado a los rayos U.V.  
 2 ruedas giratorias con freno.  
 2 ruedas giratorias simples.



**UNA CONTENERIZACION RACIONAL  
 POR UNA CIUDAD LIMPIA.**

**Contenedores herméticos  
 de 700 y 800 litros**

MODELO	120 L	240 L	360 L	800 L	1000 L	1100 L
ANCHO (mm)	480	583	626	1360	1370	1370
FONDO (mm)	480	655	849,5	765	1070	1070
ALTO (mm)	970	1080	1095	1275		1465
PESO (Kg)	10,75	16,50	24	53	56	68
RUEDAS (Ø mm)	200	200	200/300	160/200	200	200
SISTEMA ELEVACION	PRENSION FRONTAL	PRENSION FRONTAL	PRENSION FRONTAL Ø DIN	DIN Ø OSCHNER	DIN Ø OSCHNER	DIN

**UNA CONTENERIZACION RACIONAL  
POR UNA CIUDAD LIMPIA.**



# Contenedores para recogida selectiva

La gama de contenedores para recogida  
fabricados con polietileno  
de alta densidad, son resistentes a golpes y tracciones  
e inalterables a cambios de temperaturas.  
Su diseño normalizado es la mejor solución estética  
al entorno más exigente.

### 3.- RECOLECCION Y TRANSPORTE

# RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE

## ÍNDICE

### I.- RECORRIDOS

I.1.- GENERALIDADES

I.2.- FRECUENCIA DE LA RECOLECCIÓN

I.3.- CRITERIOS A UTILIZAR EN LA DETERMINACIÓN  
DE LOS TRAYECTOS.

### II.- VEHÍCULOS

II.1.- CAJAS COLECTORAS. COSTOS DE MANTENIMIENTO

II.2.- CHIASIS

II.3.- VEHÍCULOS ELÉCTRICOS

### III.- CARACTERÍSTICAS MÍNIMAS DE LOS VEHÍCULOS DE RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE

III.1.- VEHÍCULO RECOLECTOR-COMPACTADOR

III.2.- VEHÍCULO SATÉLITE RECOLECTOR - COMPACTADOR

III.3.- EQUIPO PARA EL LAVADO EXTERIOR E INTERIOR  
DE CONTENEDORES

### IV.- INFORMACIÓN GRÁFICA

**I-RECORRIDOS**

## **I.1.- GENERALIDADES.-**

### **a).- Infraestructura urbana de la ciudad.-**

La estructura de las ciudades en las que se plantea una remodelación del servicio de recolección no se puede cambiar y están por lo general constituidas por zonas residenciales, comerciales e industriales, barriadas populares y núcleos aislados. También zonas monumentales y zonas viejas, con carencia absoluta de una red de calles de dimensiones apropiadas para una fácil recolección de los residuos. Estas partes de la ciudad no se pueden cambiar, pero sí influir para que las nuevas edificaciones no carezcan de los mínimos imprescindibles en los que se incluyen los retranqueos y chaflanes de las esquinas. Esto significa que los urbanistas deben pensar si se han olvidado de dos cosas muy importantes y que pocas veces se tienen en cuenta. Que las amas de casa tienen que tender la ropa y que la recolección de residuos debe hacerse de una manera higiénica, rápida y eficaz.

En aquellas barriadas nuevas o núcleos aislados, en los que al día siguiente de entregar las casas se llenan de automóviles, se puede decir que la recolección se realizará de una manera incómoda no sólo para el camión colector, sino para el mismo público usuario del servicio. Por tanto, al final todo serán protestas.

### **b).- Problemas planteados por el tráfico.-**

De lo dicho anteriormente se deduce que si no existen unos viales apropiados en anchura y no está resuelto el problema del aparcamiento, utilizando lugares apropiados para ello, ya sean en las propias casas o subterráneos, existirá un grave problema de tráfico. Incluso si la recolección es nocturna habrá zonas en las que las maniobras de los camiones resultarán casi imposibles de realizar. Aún a pesar de estos inconvenientes, la recolección se realiza.

Sin embargo, será necesario a priori estudiar perfectamente la densidad de tráfico en las llamadas horas punta, con el fin de adecuar los itinerarios, buscando posteriormente el camión apropiado, sacrificando incluso su rendimiento para poder dar el mejor servicio posible. Ante los problemas de tráfico que se puedan dar deberá tenerse una estrecha colaboración con la Policía Municipal, ya que ellos son, una vez que el camión comienza a trabajar en las calles, los únicos que pueden ayudar a amortiguar las incomodidades producidas a los automovilistas.

Para darle mayor agilidad a la recolección y poder contar con un servicio de atención en ruta eficaz, sería deseable que todos los camiones recolectores dispusiesen de aparato de radio propio. Si se considera muy elevada esta inversión, puede organizarse un servicio motorizado de inspección, servido por varios capataces de zona, equipando a cada uno de ellos con un transmisor-receptor de bolsillo.

#### *c.- Dilema de recolección diurna o nocturna*

El hecho de que la recolección sea diurna o nocturna obedece no a un capricho de los municipios, sino a circunstancias especiales que concurren en las ciudades de gran densidad de población.

Habría que hacer una clasificación según el número de habitantes. Siempre que una ciudad supere los 100.000 habitantes, hay que pensar en ir a realizar los servicios de noche, debido principalmente a la densidad de tráfico existente a primeras horas de la mañana, cuando la gente acude a su trabajo. Suponiendo que estas ciudades no tengan vida nocturna.

Si por el contrario son ciudades turísticas o de veraneo, y por supuesto con vida nocturna, el servicio debe ser realizado a primeras horas de la mañana, con el fin de

que aproximadamente a las diez horas de la mañana la ciudad se encuentre completamente limpia.

En las ciudades de grandes dimensiones o que superen el cuarto de millón de habitantes, la recolección debe hacerse de noche, salvo en barrios turísticos y de gran vida nocturna.

El problema que plantea la recolección nocturna, y sobre todo a altas horas de la madrugada, es el ruido que producen los vehículos recolectores al hacer funcionar sus mecanismos.

Se han realizado estudios de cada uno de los camiones utilizados y por lo general ninguno es completamente silencioso. Claro que el ruido producido es la suma del ruido del motor del camión y de la caja receptora. El primero es muy difícil de quitar, por cuanto las empresas fabricantes de camiones no se preocupan lo necesario. El segundo quizá sea más fácil de disminuir, al existir una mayor competencia entre los fabricantes de cajas colectoras, que hace que las empresas busquen continuamente mejoras de todo tipo con el fin de eliminar a los otros competidores.

Por supuesto, aquel fabricante que consiga un sistema silencioso tendrá ganada la batalla de las ventas y dominará el mercado.

Otro problema que hay que tener muy en cuenta a la hora de implantar la recolección nocturna es la mano de obra. La mayoría de las veces es muy difícil encontrarla y, sobre todo, lo más problemático es cambiar de horario a las personas que trabajando de día pasan a realizar el servicio de noche.

Los comercios, industrias y pequeñas tiendas deben acoplarse en un período más o menos corto a la recolección nocturna y no debe nunca ser al revés.

## 1.2.- FRECUENCIA DE LA RECOLECCION

En Europa son ya pocas las ciudades en las que se recolecta la basura de cada casa diariamente. Lo normal es 6, 5, 4 y 3 días a la semana. ¿Cuál es la mejor solución y por qué?

Hay que señalar que las larvas de insectos y moscas existentes en las basuras que empiezan a fermentar tardan 48 horas en salir, por lo cual la recolección cada dos días no plantea ningún problema de tipo higiénico.

Los datos existentes en Europa indican que el costo baja sensiblemente si la recolección se efectúa tres días a la semana. La recolección diaria representa un costo del 25% aproximadamente de la de tres veces por semana. Ello es evidente, pues un operario tarda el mismo tiempo en vaciar un cubo lleno que otro que sólo esté por la mitad. Habrá que tener en cuenta si en medio de la semana hay un día festivo que coincida con el día de recolección. En este caso habrá que recolectarla, para evitar que se acumule la basura de cuatro días.

Este sistema de tres días a la semana parece el más adecuado y se está imponiendo con mayor rapidez en casi toda Europa.

Aunque también hay que señalar, con relación a la recolección de tres días por semana, que la experiencia en España es que en zonas densamente pobladas no hay ahorro práctico, pues lo fundamental es la cantidad de basura por vehículo y peón al día. Una zona que produce X toneladas de basura al día si se recoge cada dos días producirá 2X, y para 2X se necesita en este caso el doble número de camiones y de peones, por lo que no supone ahorro el ir un día a una parte y otro día a otra de la misma zona.

Como puede apreciarse, se trata de una cuestión relacionada con la producción de basura por Km. de calle. En efecto, si estas producciones son altas, el rendimiento conseguido de los vehículos y los hombres será prácticamente el mismo en ambos casos y, por el contrario, al recoger todos los días, la zona presentará un aspecto más limpio, como corresponde al centro de la ciudad.

## 1.3.- CRITERIOS A UTILIZAR EN LA DETERMINACION DE LOS TRAYECTOS DE RECOLECCION.

### a).- Generalidades

Hasta el presente los circuitos eran marcados por el Ingeniero Jefe de los servicios o por su capataz, los cuales, conociendo perfectamente la ciudad, los vertían sobre el plano y los modifican eventualmente después de los primeros días de trabajo. Este sistema es válido a condición de que conozcan perfectamente la ciudad.

Para conocer bien un circuito hay que estudiar minuciosamente el número de cubos, la cantidad de basura y las distancias a recorrer, sin olvidar la influencia de las direcciones prohibidas.

Si se proporcionan los datos a un ordenador, se obtendrán los circuitos ideales para realizar un kilometraje mínimo y lograr que el vehículo llegue lleno al relleno sanitario. No olvidemos que si de un circuito llega al relleno la caja del vehículo con media carga, el circuito está mal estudiado o bien el vehículo no es el apropiado para dicho circuito.

Estos estudios, incluyendo densidades, dificultades de recorrido, pendientes, etc., deben tenerse en cuenta para programar el emplazamiento de una planta de tratamiento, con objeto de que los recorridos sean mínimos.

En Francia, Inglaterra, Suecia y Alemania existen departamentos de estudios dependientes del Ministerio del Interior que por medio de ordenador realizan este trabajo a petición de los Ayuntamientos. Estos trabajos son costosos, por lo cual muchas veces pueden aprovecharse para combinarlos con reparto de leche o cualquier otra clase de servicio.

En la recogida hermética se procede de igual forma, pero teniendo en cuenta el número de cubos por casa.

Al iniciar la reforma de un servicio, se recomienda la distribución de un prospecto explicativo, que contenga:

- En la primera página dos fotografías, que indiquen cómo era el servicio "antes" y cómo será "después".
- En la segunda se explicará lo que será el servicio, sus modificaciones, la ayuda prestada por el público e incluso, si ha lugar, anunciando la visita de un encuestador.
- La tercera y la cuarta contendrán el bando municipal y las tarifas.

Estos prospectos deben ser introducidos en los buzones.

Si es posible se recomienda realizar una encuesta rellenando la siguiente ficha:

CIUDAD DE .....			
SERVICIO DE LIMPIEZA .....			
CALLE .....		Nº .....	
(1) Casa - Chalet - Industria			
Número de pisos .....		nº de apartamentos .....	
Personas que habitan o trabajan .....			
(1) Propietario del comercio .....			
(1) Conserje .....			
70 litros	90 litros	110 litros	11 entrega
.....			
Sacos cubos	sacos cubos	sacos cubos	containers
.....			
(1) Táchese lo que no corresponda			

Con estas fichas se está en condiciones de conocer exactamente el trabajo a realizar y, por lo tanto, programarlo de forma correcta.

Si se adopta el sistema hermético, con sacos o cubo estándar, hay que ser extremadamente exigentes desde el primer día, y no recoger la basura que no se presente en la forma adecuada. Los recalcitrantes ceden rápidamente. Pero si al principio se es tolerante, luego resulta mucho más difícil llegar a una unificación de recipientes.

*b).- Planteamiento riguroso del problema.*

Existen tres problemas fundamentales a resolver en la organización de la explotación del servicio de recolección:

- Si debe volverse al área de recolección después de la operación de vertido.
- Si debe volverse a la misma zona ó a distinta, si es que hay que volver.
- Si debe trabajarse tiempo extra cuando termine la jornada laboral y el camión no esté totalmente lleno.

La mayoría de las veces estos problemas se resuelven mediante reglas empíricas.

Algunas de ellas pueden ser:

- Enviar el camión de nuevo al área de recolección, si el tiempo que queda de jornada permite llenarlo más del 50%, pero se encuentra en el área de recolección.

Los estudios existentes sobre el tema de la recolección indican que, por norma general, es conveniente que:

- El tiempo conjunto sobrante de la jornada normal más el tiempo extra, equivalgan al de llenado de una octava parte de la capacidad del camión más el de viaje al relleno sanitario y el de descarga.
- Los camiones de mayores capacidades deben ser enviados a las zonas más distantes.
- Las últimas zonas en ser recogidas deben ser las más próximas al relleno sanitario.

- La cuadrilla de recolección debe seguir trabajando, después del llenado de un camión, si el tiempo restante de su jornada laboral es 20 min. superior al 20% del tiempo empleado en recolectar el trayecto anterior.
- La cuadrilla de recolección debe trabajar incluso 2 h. más por turno si el trabajo asignado para el día no se ha terminado en el tiempo previsto.
- En algunos casos el camión recolector sólo debe realizar otro viaje, después de la descarga el relleno sanitario, si hay tiempo suficiente para un viaje completo, vaciado del camión y 30 min. más de regreso, sin tener necesidad de trabajar tiempo extra.

El objetivo fundamental de un estudio de recolección es minimizar los costos. El costo de recolección se compone de los siguientes apartados:

- Personal.
- Amortización de vehículos y mantenimiento (repuestos)
- Funcionamiento = gasolina, aceite, neumáticos, etc.
- Amortización del parque y talleres de maquinaria.

El estudio debe abarcar el análisis de las diferentes variables que puedan afectar el esquema. Deben plantearse las ecuaciones del costo y cuantificarse las variables. Los criterios de decisión más importantes deben estar expresados también antes de pasar a desarrollar el modelo de simulación.

*c).- Planteamiento empírico del problema.*

La base de partida en este caso es el obtener un diseño tal de los trayectos de recolección que el camión siempre llegue lleno al relleno sanitario. También hay que

pretender alcanzar los dos trayectos por turno de 8h. del peonaje. El horario de los conductores es independiente del de los peones y debe subordinarse a las necesidades de desplazamiento de los vehículos.

Con los camiones existentes en la actualidad es necesario diseñar circuitos que carguen 6 Tm. por viaje, en el caso de camiones pequeños de la serie 12 m<sup>3</sup> de caja, proveyendo los medios de presentación de la basura necesarios para que el circuito pueda ser realizado efectivamente en 4 horas. El número máximo de peones no debe ser superior a 3, admitiéndose 4 sólo cuando hay mucha basura por Km. de calle. Esta filosofía es aplicable al caso de zonas próximas al relleno, pues, en caso contrario, los Km. recorridos en total por el camión al día, con relación a la carga transportada, encarecen mucho la recolección.

Debe vigilarse que los segundos viajes estén equilibrados con los primeros en cuestión de pesos recogidos, pues es muy frecuente que en el segundo viaje el peonaje cargue sólo el 50% de lo del primero, con objeto de terminar antes la recolección, con el correspondiente perjuicio del vehículo en el primer viaje, que ha debido ir sobrecargado. Este problema y otros más pueden obviarse con el plus por tonelaje a los peones.

Si se trata de zonas más alejadas es preferible utilizar camiones mayores, de la serie 20 m<sup>3</sup>, que cargan 10 Tm. por viaje, y hacer un solo viaje por turno. En este caso es necesario reducir el peonaje requerido por camión, para mantener la misma productividad que antes se obtenía de los hombres, es decir, 3000 a 5000 Kg/operario x día. Para ello, el número óptimo de peones por camión es 2, admitiéndose 3 en el caso de recogida hermética por cubos. No obstante, para obtener la carga citada en 8h. de trabajo, va a ser necesario muchas veces el disponer de contenedores de 800 l., pues de hecho, la productividad obtenible de los operarios puede ser superior a los 6000 Kg/operario x día en muchos casos. Con camiones mayores, pero los desplazamientos por unidad de carga necesarios también, y así se alarga la vida del vehículo.

La viabilidad de estos criterios depende en buena medida de las características urbanísticas de la ciudad, y más en concreto del estado del pavimento y de la producción por Km. de calle. Para poder conseguir los objetivos propuestos se puede actuar sobre la presentación de la basura del modo expuesto y sobre el personal.

Al personal hay que pagarle obligadamente los pluses de nocturnidad, peligrosidad y toxicidad de su trabajo. De forma valorativa, y como estímulo, deben pagarse los de asistencia, que es en realidad de asistencia, puntualidad y calidad, y el de tonelaje.

Con un diseño de circuitos convergentes, conseguirá llevarse la prima por tonelaje la cuadrilla que consiga recoger más terreno que las otras.

Con ello es posible un incremento del 15 al 20% en la cantidad normalmente recolectada, lo cual evita de paso el sobredimensionamiento necesario en la flota de vehículos y personal para los días de principio de semana, consiguiéndose ahorros totales mayores del 10% del costo total de la recogida.

## II.- VEHICULOS

## II.1.- CAJAS COLECTORAS. COSTOS DE MANTENIMIENTO.-

El transporte de los residuos sólidos hasta el lugar de tratamiento y/o eliminación se efectúa por el propio vehículo de recolección cuando los estudios no recomiendan otra solución. Ahora bien, ¿qué partes constituyen un vehículo de recolección?, ¿qué características debe reunir?, ¿cómo funciona?. Estas y otras cuestiones son de especial interés; pues permitirán, de su respuesta, la elección del modelo más adecuado.

Fundamentalmente, un camión especial de recolección consiste en un conjunto motor-bastidor de tipo serie, al que se incorpora la caja de transporte. En esencia, un vehículo se diferenciará de otro por su caja compresora, y a éstas nos remitiremos puesto que las que no lo son, suelen ser únicamente cajas metálicas (normales) de variadas formas.

Existen en el mercado numerosos modelos de cajas que son distribuidos por muchas marcas de distintos países. Sin embargo, todas ellas se pueden agrupar en determinados grupos, en función del principio básico de su funcionamiento. Así tenemos:

- Sistema de noria
- Sistema de tornillo sin fin
- Sistema de pala movida por un equipo hidráulico.
- Sistema rotativo en forma de tornillo helicoidal.
- Sistema de dientes móviles sobre dientes fijos.

Estas cajas, independientemente de su sistema de trabajo, deben de reunir una serie de características fundamentales, entre las que cabría destacar:

- Silenciosas de funcionamiento: factor éste importante dada la tendencia a la recolección nocturna de las basuras.
- Resistentes a la corrosión: para lo cual deben evitarse las esquinas y rincones donde se puedan acumular las basuras y hacer difícil la limpieza de dichos lugares. Se aconseja, por otro lado, que los materiales de que estén construidas estén preparados para este tipo de trabajo y que la forma física de la caja permita una limpieza fácil, o que sean autolimpiantes al descargarse la basura.
- Estancas: deben de tener estanqueidad absoluta para evitar las pérdidas de líquidos. El contenido en humedad, es decir materia orgánica, y en materiales secantes, como el papel, resultan decisivos para establecer requisitos.
- Construcción robusta: puesto que han de soportar un mecanismo de compresión (generalmente hidráulico) que permita conseguir coeficientes del orden de 1:3 a 1:5, dependiendo de las basuras, para llegar a un peso específico mínimo de 500 Kg/m<sup>3</sup> aproximadamente. El coeficiente efectivamente conseguido dependerá así sólo de la densidad inicial de la basura sin compactar. No obstante, la composición de la misma ejerce una cierta influencia también.
- Descarga rápida: que permita su vaciado en corto tiempo de forma segura y sin necesidad de basculamiento, preferentemente.
- Bajo mantenimiento y sencillez de las separaciones: lo cual asegura una utilización eficiente y segura durante un largo período de vida útil.

La composición de la basura y su densidad es un factor muy importante a tener en cuenta a la hora de diseñar el servicio para obtener una duración prefijada de las cajas compresoras.

La materia orgánica, debido a su actividad química resulta enormemente corrosiva para todas las cajas que presenten ángulos diedros donde ésta pueda acumularse. Por el contrario, el papel y los plásticos verifican una abrasión mecánica muy activa en todas las partes móviles en rozamiento con la basura.

La existencia de circuitos hidráulicos de alta presión para la actuación de los mecanismos de compresión condiciona la de un buen equipo de mantenimiento, pues las pérdidas de aceite y averías pueden ser muy numerosas a partir incluso del primer año de vida. Por el contrario, en los sistemas de actuación mecánicos es indispensable disponer de un limitador de par para evitar averías en la transmisión.

- Alta relación carga/tara: que permitirá transportar elevada carga para igual potencia de motor. A ser posible debe ser próxima a 1. Si se comparan la carga y el peso de la caja, se preferirá que su relación sea alta, a ser posible próxima a 2.
- Sistema de elevacubos: que permita la descarga (elevación y descenso) automático y hermético de cubos y/o contenedores en corto espacio de tiempo.
- Rapidez de carga: factor importante en las cajas que deben cargar la basura necesariamente con el camión parado.
- Uso práctico: para lo cual la altura de la tolva de carga debe ser baja, y ésta debe ser amplia para recoger todo tipo de basuras.

Constructivamente, es frecuente que las carrocerías externas se hagan de aluminio, las cuales son fácilmente de sustituir por daño de alguna de sus partes, al mismo tiempo que mantienen un agradable aspecto externo.

La descarga de la basura sin basculamiento de la caja evita numerosas averías, motivadas por el enorme peso que debería soportar el eje trasero del camión, al repercutir sobre él el peso de la basura más el propio del mecanismo de compresión.

El utilizar un sistema automático de elevación trae consigo enormes ventajas, pues aparte de la disminución del número de operarios, se centraliza mucho más el servicio. Pero no siempre ésto es posible, por impedimentos, en la mayoría de los casos, de espacio disponible en el centro de la ciudad.

No cabe duda que la caja ideal sería aquella que por su construcción reuniera todas las características que hemos indicado como necesarias. Pero dado que ésto no suele ocurrir en la práctica, es necesario que, para la elección de un tipo de caja se analicen detenidamente las peculiaridades propias de cada uno de los modelos, situando en primer lugar aquellas cualidades que, por necesidades propias del tipo de recolección, naturaleza de los desperdicios, características del recorrido, etc., nos sean más imprescindibles. Se hace pues necesario conocer palmo a palmo, en los momentos más desfavorables, cada sector de la ciudad donde se efectúa la recolección. Se deben utilizar camiones de tamaño mediano e incluso pequeño en las zonas constituidas por calles estrechas y con numerosos coches aparcados. Además, éstos vehículos deberán ser rápidos en la absorción de los residuos, de gran maniobrabilidad y seguros para el personal.

En zonas urbanas abiertas o extrarradiales se irá a vehículos grandes, para compensar en parte la pérdida de rendimiento ocasionado por los camiones pequeños.

Indistintamente de que sean vehículos grandes o pequeños, siempre que se pueda habrá que ir a aquellos cuyo mantenimiento no sea muy alto, y, por supuesto, se procurará evitar una gran diversificación de las unidades.

En el cálculo de los costos de entretenimiento habrá que tener en cuenta las dificultades del servicio, el perfil del recorrido y la densidad de población, ya que todo ello tiene una incidencia fuerte sobre los mismo. Existen, pues, en el estudio de costos, factores algo subjetivos que es necesario determinar en cada caso concreto.

De los análisis efectuados, en tres estudios realizados, sobre diferentes circuitos de recogida para numerosos vehículos con cajas compresoras, se ha comprobado una relación directa entre gastos de entretenimiento y consumos de carburante. Ambos están influenciados por:

- Relación recorrido en recolección/recorrido total.
- Tonelaje cargado/tiempo de carga.
- Número de paradas en la recolección.
- Densidad de circulación.
- Perfil del recorrido.
- Habilidad del conductor.
- Características del vehículo.

Como se comprenderá, no es posible determinar a priori qué modelo es el más adecuado para una explotación concreta, dado los numerosos factores que intervienen en su elección. Por otra parte, los trabajos existentes y publicados han sido efectuados, por regla general, por las propias casas constructoras de las cajas de compresión, por lo que sus resultados suelen ser totalmente favorables a sus marcas y no merecen gran credibilidad.

Si prescindimos de otras cualidades requeridas en un camión de recolección, como puede ser la altura de la tolva, ruido de funcionamiento, etc., para efectuar una prueba comparativa del rendimiento en recolección de las diferentes marcas que se hallen en competencia en un determinado momento, recomendamos el siguiente procedimiento:

- Seleccionar varios recorridos representativos del área a recoger por un procedimiento estocástico, eliminando los factores de dispersión fuertes, como pueden ser los turnos, lunes, presentación diferente, etc.
- Asignar varios días de recolección no consecutivos a cada una de las marcas a probar sobre cada uno de los circuitos anteriores, garantizando la aleatoriedad de la asignación.
- Obtener, para cada marca, los totales siguientes, correspondientes al período de experimentación: tiempo (segundos), carga ( $T_m$ ), distancia recorrida en recogida (Km.), número de paradas efectuadas y número de bultos recolectados.
- Obtener, para cada marca, las siguientes cifras específicas:

$$D = T_m/Km; d = \text{paradas}/Km \text{ y } o = \text{bultos}/\text{parada}.$$

- Fijar los resultados de una cualquiera de las marcas como unidad de referencia =  $D_{ref}$ ,  $d_{ref}$  y  $o_{ref}$ .
- Calcular los tiempos específicos en  $s/T_m$  reducidos ( $T_{rx}$ ) para igualdad de densidades de  $T_m/Km$ , paradas/ $Km$  y bultos/parada, del siguiente modo:

$$Tr_x = \frac{T_{real\ total}}{C_{real\ total}} \times \left( \frac{D_x}{D_{ref}} \right) \times \left( \frac{d_{ref}}{d_x} \right) \times \left( \frac{0_{ref}}{0_x} \right)$$

siendo el sufijo x la marca correspondiente. Se obtendrán valores comprendidos entre 1200 y 1700 s/Tm.

- Reducir estos tiempos a costos del personal y/o amortización, si se considera oportuno.

Si este resultado no resulta muy discriminatorio, puede entrarse en el estudio de gastos de carburante, neumáticos, entretenimiento, servicio ofrecido y facilidades financieras, y recomendamos seguir este orden y no el inverso.

Como resumen se puede decir que la elección de un modelo de caja compresora en un mercado amplio, requiere un conocimiento exhaustivo de todos los numerosos y complejos factores que encierra una recolección de basuras, y sólo el conocimiento práctico de las características peculiares de la zona de trabajo, así como de su evolución futura, nos permitiría efectuar una elección acertada. Creemos, por razones obvias, que esta elección debe efectuarla quien realiza el servicio de recolección.

## II.2.- CHASIS

En principio todos los chasis de camiones son aptos para montar una caja compresora de basuras. Pero debemos tener en cuenta los siguientes criterios, que aunque no limitativos, sí son de importancia a la hora de efectuar la elección del chasis más adecuado y que son, entre otros, los siguientes:

- Las cajas compresoras tienen un importante peso muerto en la parte posterior, por lo que habrá que tenerlo en cuenta en lo que se refiere a la carga admisible por el eje posterior y por la suspensión.

- Deben llevar caja de velocidades que permita la marcha lenta que requiere la recolección.
- La toma de fuerza para el mecanismo compresor trabaja casi continuamente, por lo cual debe ser resistente. A pesar de su mayor coste, aconsejamos una toma de fuerza independiente de la transmisión.
- Los embragues deben ser robustos y resistentes a las frecuentes paradas y arrancadas a las que obliga este tipo de trabajo.
- Deben ser bajos, para que la tolva de carga no supere la altura de 1,20 m. Tampoco interesan demasiado bajos, pues pueden encontrarse dificultades en el relleno sanitario al efectuar la descarga.
- El radio de giro debe ser lo más pequeño posible ya que, esencialmente, el trabajo se efectúa en el interior de las ciudades. Deben poder dar media vuelta en una anchura de 14 m. Frecuentemente se adaptará servodirección a pesar de que, debido a estar muy cargados sobre el eje trasero, la dirección queda bastante ligera.

Con relación al motor a emplear, consideramos recomendable el diesel en la mayoría de los casos, pues el de gasolina, al ser muy elevado el consumo de combustible en este servicio, no resulta interesante, dado el mayor precio de la gasolina.

Teniendo en cuenta todos estos factores y dada la enorme manejabilidad y flexibilidad que se exige a estos vehículos, es por lo que actualmente hay tendencia a que los fabricantes de cajas hagan chasis especialmente adaptados a ellas, incorporando los elementos más idóneos para conseguir estos fines.

### II.3.- VEHÍCULOS ELÉCTRICOS.-

Dentro de la evolución antes indicada, y dada la fuerte lucha planteada en las ciudades contra la polución y el ruido, se plantea la conveniencia de usar chasis eléctricos. En la actualidad, su uso es bastante restringido, porque dados sus características y su estado actual de desarrollo, no es posible afrontar con la misma seguridad los enormes problemas que la recolección de basuras suele plantear. Pero no cabe duda, y resulta evidente, que este tipo de vehículo ha de ser, sobre todo en las grandes ciudades, el vehículo del futuro.

Las características más acusadas de un chasis de este tipo son:

- Tienen un precio más elevado de compra que un chasis normal.
- Sus costes de entretenimiento son 50% menores.
- El coste total (amortización + mantenimiento + combustible) por Km. es menor.
- Su autonomía sin recargar baterías es de 40 a 60 Km.
- Tienen un peso muerto importante, debido a la batería.
- No son aptos para la recogida en circuitos con pendientes grandes.
- No producen polución.
- Ofrecen una conducción cómoda y simple
- Son totalmente silenciosos.

En general, se puede decir que circuitos muy experimentados, donde no existan rampas e interese una recogida silenciosa y, por otro lado, la estación de transferencia o relleno sanitario no esté lejano, puede ser interesante la introducción de vehículos eléctricos.

**III.- CARACTERÍSTICAS MINIMAS DE LOS VEHÍCULOS  
DE RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE**

### III.1.- VEHÍCULO RECOLECTOR-COMPACTADOR

Equipo de carga trasera por prensa de compactación y descarga mediante prensa eyectora sin bascular la caja.

#### Características generales:

- . Construcción en acero de alta calidad de al menos 3mm.
- . Boca de carga amplia para objetos de gran volumen, anchura no inferior a 2 m. Altura no superior a 1.2 m.
- . Carga manual y con elevador cargador de contenedores desde 120 a 1.100 litros
- . Descarga con placa eyectora, mediante la elevación de la tapa posterior.
- . Bajo nivel de ruidos durante su operación, máximo 80 db.
- . Sistema de carga continuo y discontinuo
- . Velocidad de carga mínimo de 4 m<sup>3</sup>/min..
- . Carga útil no inferior a 7 Tm..

#### Caja de carga.

- . Capacidad de la caja no inferior a 12 m<sup>3</sup>.
- . De diseño interior redondeado para reforzar la estructura, y exterior liso para evitar la acumulación de residuos y oxidación.

#### Placa eyectora.

- . Lisa y curvada, de fácil mantenimiento, accionada por un cilindro de doble efecto que permita una mayor compactación durante la carga.

### **Tolva.**

- . Construcción de fondo en acero de al menos 6 mm. y límite elástico no inferior 199 kg./mm<sup>2</sup>.
- . Capacidad mínima de la tolva 2 m<sup>3</sup>.
- . Accionada para su elevación durante la descarga mediante cilindros.
- . Debe permitir la descarga de vehículos satélites.

### **Circuito hidráulico.**

- . Bomba hidráulica de engranajes de dos cuerpos, independientes para máquinas base y elevador de contenedores, accionada a través de toma de fuerza y transmisión universal cardan.
- . Presión de trabajo 200 kg/cm<sup>2</sup>. Control por válvula de seguridad.

### **Mandos**

Serán del tipo electro-hidráulicos.

- . Para el circuito de prensa y elevador de contenedores, estarán situados en la parte trasera de la unidad y a ambos lados.
- . Para la elevación de la cola y la placa eyectora en la parte delantera de la caja, para evitar accidentes.

### **Sistema de seguridad**

- Alta seguridad en su manejo, debido a la aplicación de normas estrictas en el diseño y construcción de los mecanismos y mandos.
- Deberá poseer un mando de emergencia que bloquee todos los movimientos de la máquina.

### **Iluminación**

- Equipado con sistema de iluminación para el trabajo nocturno.

### **Elevador de contenedores polivalente**

- Su diseño permitirá la elevación y vaciado de contenedores 120,240,330,800,y 1.100
- Tiempo máximo del ciclo no superior a 20 s.

### **Acabados**

Las superficies del compactador se tratarán contra la corrosión y posteriormente se pintarán mediante dos capas de esmalte sintético.

### **Características del vehículo**

- Peso bruto del vehículo: 20.000 Kg.
- Motor diesel enfriado por agua.
- 6 cilindros en línea
- Potencia no menor de 160 Kw (214 hp).
- 2 ó 3 ejes.
- 7 ó 12 ruedas y llantas.
- Sistema eléctrico de 12 v.
- Dirección hidráulica.

### III.2.-Vehículo satélite recolector-compactador.

Equipo de carga trasera por prensa de compactación, y descarga mediante prensa eyectora sin bascular la caja. Especial para la recogida en calles estrechas y pequeños núcleos de población.

#### Características generales

- . Construcción en acero de alta calidad de al menos 1,5 mm.
- . Boca de carga amplia para objetos de gran volumen.
- . Carga manual y con elevador cargador de contenedores desde 120 a 1.100 litros.
- . Descarga por placa eyector, bien en vertedero o en la tolva de los recolectores-compactadores de mayor tamaño.
- . La duración del ciclo de prensado será máximo de 20 segundos.
- . Alta seguridad en su manejo.

#### Caja de carga

- . Capacidad de la caja no superior a 5 m<sup>3</sup>.
- . Tubo estructural de acero y revestimiento en chapa de 1,5 mm.
- . Solera caja de acero de al menos 3mm. de espesor y 80 Kg/mm<sup>2</sup> de límite elástico.

#### Placa eyectora

- . Tubo estructural de acero y revestimiento en chapa de 1,5 mm. accionada por un cilindro de doble efecto.

#### Prensa compactadora

- En chapa de al menos 4mm., con revestimiento en chapa curvada de mínimo 3 mm.

#### Cilindro hidráulico

- . Bomba hidráulica de engranajes a través de toma de fuerza o transmisión universal cardan.
- . Presión de trabajo: 170 Kg/cm<sup>2</sup>. Control por válvula de seguridad.

#### Mandos

Serán de tipo electro-hidráulicos

- . Para el circuito de prensa y elevador de contenedores, estarán situados en la parte trasera de la unidad y a ambos lados.

#### Sistema de seguridad.

- Alta seguridad en su manejo debido a la aplicación de las normas estrictas en el diseño y la construcción de los mecanismos y mandos.

#### Iluminación.

- Equipado con sistema de iluminación para el trabajo nocturno.

#### Elevador de contenedores polivalente

- Su diseño permitirá la elevación y vaciado de contenedores de 120,240,330,800 y 1.100.
- Tiempo máximo de ciclo no superior a 20 s.

#### Acabados

- Las superficies del compactador se tratarán contra la corrosión y posteriormente se pintarán mediante dos capas de esmalte sintético.

#### Operación descarga

Una vez se ha cargado la unidad, se podrá efectuar la descarga en vertedero, al abrir la puerta manual y accionar la prensa eyectora hasta el límite de apertura.

Para realizar la transferencia al recolector mayor se elevará la carrocería por medios hidráulicos, seguidamente se acercará hasta la tolva del recolector mayor y luego se efectuará la descarga por medio de la prensa eyectora. Al mismo tiempo, es necesario que el recolector mayor esté en ciclo continuo de compactación para así engullir los desperdicios procedentes de la transferencia.

#### Características del vehículo.

- Peso bruto del vehículo: 6.000 Kg.
- Motor diesel enfriado por agua.
- 6 cilindros en línea.
- Potencia no superior a 80 Kw. (110 hp).
- 2 ejes.
- 7 ruedas y llantas
- Sistema eléctrico de 12 V.
- Dirección hidráulica.

#### III.3.- EQUIPO PARA EL LAVADO EXTERIOR E INTERIOR DE CONTENEDORES

El equipo contará con un depósito para el agua y un armario trasero.

El depósito permitirá el almacenaje del agua limpia y del agua usada mediante la división de los compartimentos, lo que permitirá un reparto de cargas adecuado sobre los ejes.

El lavado de los contenedores deberá realizarse en el interior del armario trasero, evitando así la salida de agua contaminada al exterior.

El armario trasero incorporará el sistema de elevación de contenedores.

El agua usada separada de los residuos sólidos deberá depositarse en el compartimento para agua sucia.

#### Depósitos de agua.

- Capacidad total de al menos 14.000 l., dividida en partes iguales.
- Construcción en acero de al menos 4mm. de espesor. Los depósitos tendrán una válvula para la entrada de aire y un domo que permite el acceso al interior.

#### Armario trasero

- Construcción en acero de al menos 4 mm. de espesor. Contará con un sistema que permita la separación del agua sucia y los residuos sólidos.
- Contará con accesos laterales a los mecanismos de elevación de contenedores, cabezales de limpieza y componentes eléctricos.

- La tolva tendrá una puerta que permita el acceso de los contenedores y cierre hidráulico para evitar la caída del agua al exterior.

#### **Circuitos de agua**

- El accionamiento de agua limpia será mediante una bomba de alta presión, incluyendo su sistema de filtración.
- El acondicionamiento de agua será mediante una bomba sumergible.

#### **Circuito óleo-hidráulico**

- La alimentación del aceite será mediante una bomba acoplada a la bomba de agua de alta presión.

#### **Mandos**

Serán del tipo electro-hidráulico.

Los elementos del circuito de limpieza serán accionados por pulsadores en la parte trasera de la unidad.

- . Para la manipulación de los contenedores.
- . Para la apertura y cierre de la puerta del armario.
- . Para seleccionar el tipo de lavado.

#### **Sistemas de seguridad**

- . Deberá incorporar un sistema de paro de emergencia que bloquee todos los movimientos de la unidad.
- . Dispositivo de colocación de cubos para evitar accidentes durante el lavado.

#### **Elementos de limpieza**

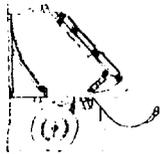
- . Para el lavado interior el equipo deberá tener dos cabezales rotativos en acero inoxidable con giro de 360°.
- . Con accionamiento para lavar todos los puntos interiores de los contenedores.
- . Para el lavado exterior el equipo contará con tres cabezales rotativos.
- . Incorporará una manguera para limpiezas auxiliares de al menos 15 m.

#### ***IV.- INFORMACION GRAFICA***



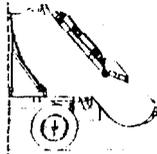
Elevador integrado. Para cubos MGB 120-250-330 l. y contenedores en polietileno y metálicos desde 660 l. hasta 1.100 l. (incluso DIN 30.700)

### CICLO DE PENSADO



#### ABRIR

El autómata programable que gobierna el ciclo inicia la apertura.



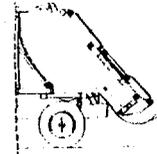
#### BAJAR

Descenso hasta el borde de carga.



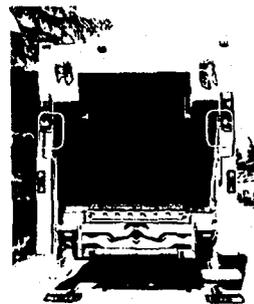
#### CERRAR

La prensa gira hasta la posición de cierre barriendo y precomprimiendo los residuos de la tolva.



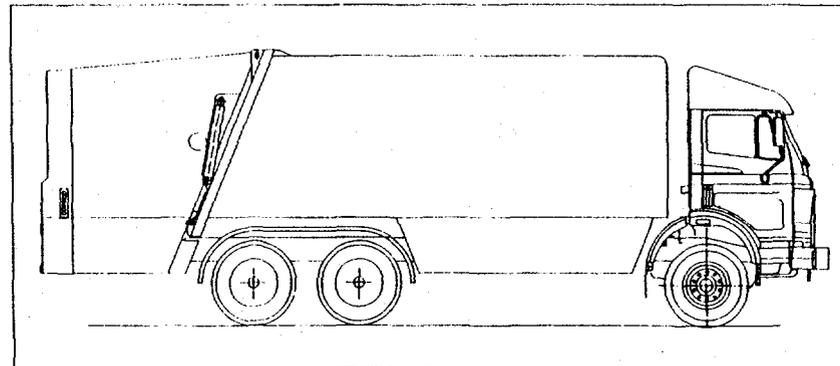
#### SUBIR

Recuperación de la posición inicial comprimiendo todos los residuos.



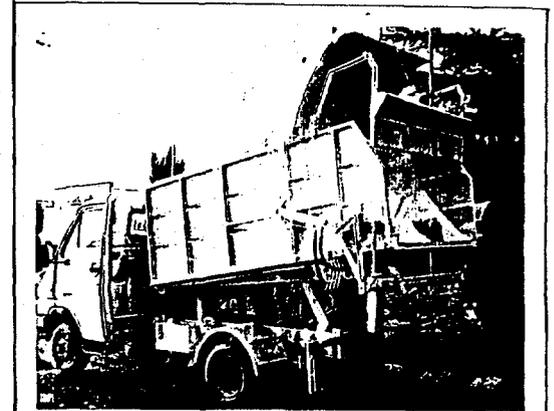
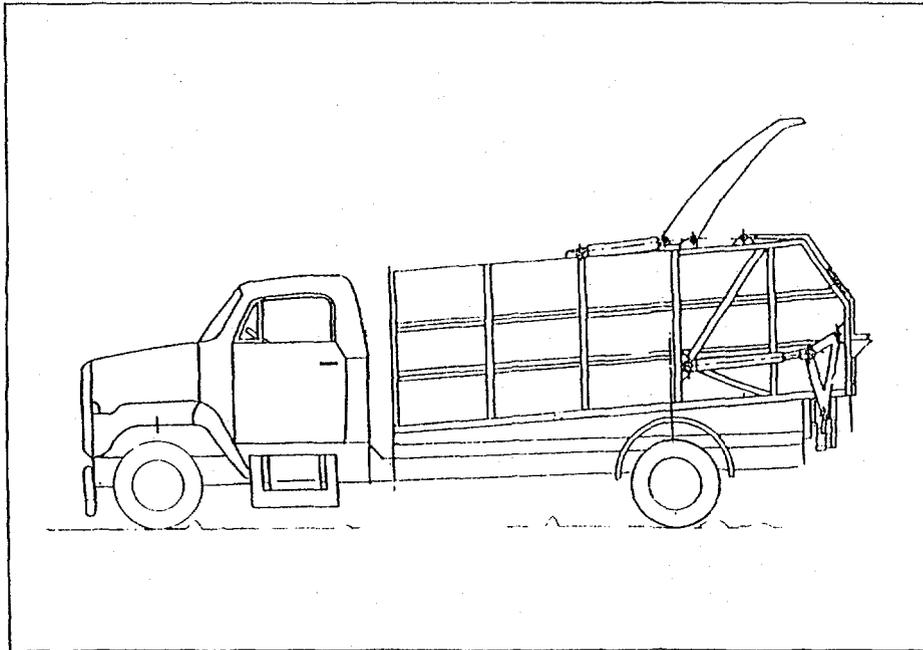
Tolva de carga.  
Capacidad 2,02 m<sup>3</sup>  
Anchura útil: 2.075 mm  
Borde de carga a poca altura  
Construida en una sola pieza sin uniones soldadas.

## COMPACTADOR 16 / 18 / 20 Y 23 m<sup>3</sup>

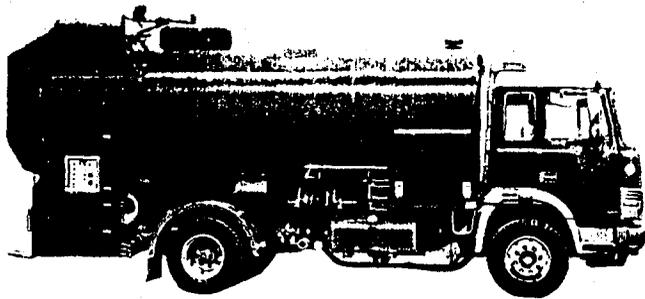


Posibilidad de instalación sobre chasis de 2 y 3 ejes.

**VEHICULO SATELITE PARA RECOGIDA  
DE RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES**



## EQUIPO PARA LAVADO INTERIOR Y EXTERIOR DE CONTENEDORES



*Elevador polivalente para cubos y contenedores.*



*Los cabezales de lavado en acción (Demostración teórica: el equipo incorpora dispositivos de seguridad que hacen imposible su funcionamiento a puerta abierta).*

### *AVACONTENEDORES EN AGUA CALIENTE:*

*Insonorizado.*

*Puertas abatibles en aluminio y metalizado interiormente.*

*Conjunto elevador de contenedores, puertas de los armarios, tuberías, ejes y componentes zincados electrónicamente.*

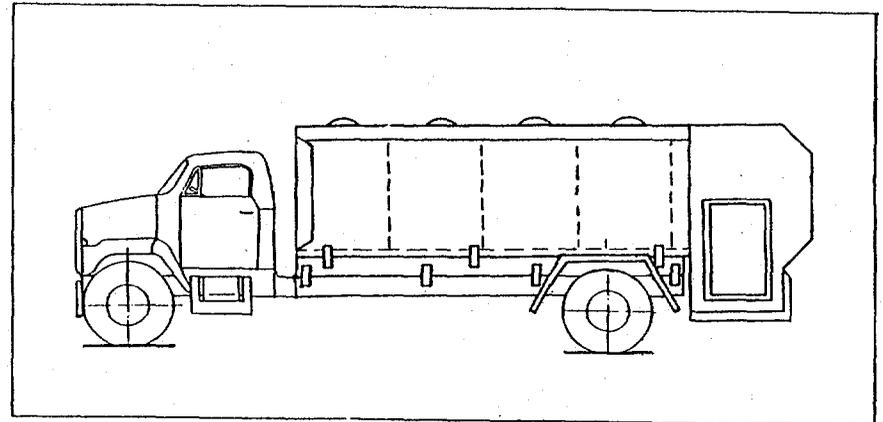
*Bomba de pistones de 120 Kg/cm<sup>2</sup> y 80 l/min a 1000 rpm.*

*Mediante selector, elección del sistema de lavado con agua fría o caliente.*

*Calentador de agua con corriente continua a 24V y consumo máximo de 0,3 Kw.*

*Alimentado mediante el alternador del vehículo y doble serpentín con salida de los humos de combustión por la parte alta de la cisterna a través de chimenea de doble cámara.*

*La temperatura de lavado es de 70°.*



## 4.- RECOLECCIONES ESPECIALES

## **RECOLECCIONES ESPECIALES**

### **ÍNDICE**

- 1.- GENERALIDADES**
- 2.- RECOLECCIÓN DE RESIDUOS VOLUMINOSOS**
- 3.- RECOLECCIÓN SELECTIVA**
- 4.- RECOLECCIÓN DE RESIDUOS INDUSTRIALES**
- 5.- RECOLECCIÓN DE RESIDUOS HOSPITALARIOS**
- 6.- RECOLECCIÓN DE ANIMALES MUERTOS**
- 7.- RECOLECCIÓN DE DESPERDICIOS DE MERCADOS**
- 8.- RECOLECCIÓN DE RESIDUOS DE LA LIMPIEZA DIARIA**

## **1.- GENERALIDADES**

Dentro del total de desperdicios que se producen en el desarrollo normal de la vida de una ciudad, existe un conjunto de ellos que por sus características merecen un tratamiento especial, tratamiento que depende tanto de la naturaleza del desperdicio, cual es el caso de los desechos radioactivos, como el fin de utilización de esos desperdicios, cual es la recolección selectiva.

A efectos de recolección, y dentro del capítulo de recolecciones especiales, los residuos sólidos quedarán encuadrados dentro de una de estas formas:

- Recolección de residuos voluminosos.
- Recolección selectiva.
- Recolección de residuos industriales.
- Recolección de residuos hospitalarios.
- Recolección de animales muertos.
- Recolección de desperdicios de mercados.
- Recolección de residuos de la limpieza viaria.

Con objeto de poder preveer los medios de recolección adecuados a las necesidades de las correspondientes recolecciones especiales, pueden estimarse unas cifras específicas características de la producción de estos tipos de residuos.

Como cifras medias podrían considerarse:

- Edificios comerciales y grandes almacenes: 0.8 a 2 Kg/día x 10 m .
- Industrias: 0.1 a 0.5 Kg/día x m .
- Hospitales: 1.5 Kg/empleador x día, más 5 Kg/cama x día.

## 2.- RECOLECCION DE RESIDUOS VOLUMINOSOS

La recolección de muebles, enseres y trastos inútiles procedentes, por lo general, de particulares y especialmente de comerciantes, constituyen un problema diferente al de las basuras urbanas comunes, principalmente por su gran volumen. Por ello, aunque los servicios de recolección de basura deben solucionar esta recolecta, como un servicio más a los ciudadanos, es conveniente que las personas o entidades que quieran deshacerse de estos objetos lo pongan previamente en conocimiento del organismo adecuado, para que éste, al adoptar las oportunas medidas, pueda acudir al sitio de donde provenga la demanda.

Todo lo anterior es consecuencia de que con los vehículos de recolección hermética o los normales de compresión que hoy día se utilizan en muchos lugares, no es posible absorber estos objetos voluminosos, siendo necesario otro tipo de vehículos, generalmente abiertos. Incluso aunque los embalajes de las casas particulares se pudiesen evacuar conjuntamente con la basura doméstica, debido a que son absorbidos por el vehículo normal de recolección, sería lógico efectuar recolección especial para estos productos cuando proceden de comercios, pues los horarios de éstos no suelen coincidir con los de los particulares, sobre todo si se realiza una recolección nocturna de las basuras domésticas. La producción en Europa de residuos voluminosos domésticos es de 20 a 50 l/hab. x año.

## 3.- RECOLECCION SELECTIVA

Como se indicaba anteriormente, este tipo de recolecta reúne unas características especiales, no por la naturaleza del producto a retirar, sino por el aprovechamiento que del mismo se desea obtener. Si se efectuase una recolección normal, los residuos recolectados deben ser llevados posteriormente a los puntos de descarga. Si se

industrializan los productos contenidos en los desperdicios, se saca en conclusión que la recuperación es costosa, debido a la abundante mano de obra necesaria y a la utilización de complejos medios mecánicos.

Se debe procurar que la recuperación o separación se realice en el mismo punto de producción. En ciertas ciudades así se funciona.

Esta separación de productos en origen aunque actualmente no está utilizada en la medida en que se debe, es casi seguro que con el tiempo se convertirá en una gran necesidad.

## 4.- RECOLECCION DE RESIDUOS INDUSTRIALES

Aunque en la clasificación efectuada anteriormente de las recolectas especiales se ha incluido como capítulo aparte la recolección de desechos radioactivos y de los procedentes de mercados, se ha efectuado así con el fin primordial de destacar la importancia que estas dos fuentes de desperdicios representan, aunque en realidad se pueden considerar como una variante dentro de la recolección de residuos industriales. Es por lo que en este punto consideraremos como desperdicios industriales todos aquellos que, teniendo su origen en la industria, no están dentro de los dos grupos anteriores, o bien sean muy peculiares dado su carácter de toxicidad.

La recolecta de estos productos industriales suele ser fácil, dado la homogeneidad que los mismos presentan en su mayoría, y por lo tanto es posible el que estén perfectamente introducidos en cubos o contenedores apropiados, sobre todo cuando por su naturaleza pueden ser perjudiciales para los operarios, aunque si fuesen muy peligrosos, como se indicó anteriormente, necesitan ser tratados de acuerdo a sus peculiaridades.

Es conveniente el poseer, dentro de la industria, de un lugar adecuado en donde se puedan almacenar dichos desperdicios, por lo menos durante un período de tiempo de dos días.

Con relación a quién efectúa esta recolección, hay varias soluciones, aunque la más extendida en Europa es que la haga el propio industrial.

También pueden considerarse como residuos industriales los escombros de derribo de edificios y obras públicas. Su recolecta y transporte normalmente se hará en contenedores abiertos. La producción de estos residuos dependerá de la actividad constructora de la ciudad.

## 5.- RECOLECCION DE RESIDUOS HOSPITALARIOS

Los residuos clínicos representan un problema con especial transcendencia por el riesgo potencial que presentan para la salud, dado su carácter tóxico en muchos casos.

Los riesgos clínicos incluyen los producidos por la práctica médica, de enfermería, dental, veterinaria, farmacéutica, en investigación, tratamiento, diagnóstico, enseñanza, etc., cuya naturaleza tóxica, infecciosa y nociva, en general, puede constituir un riesgo para la población y el medio ambiente. Tales residuos pueden producirse en:

- Hospitales
- Clínicas
- Centros primarios de salud
- Hospitales psiquiátricos
- Clínicas dentales

- Laboratorios
- Clínicas veterinarias
- Institutos de investigación médica
- Centros de transfusiones
- Centros de fisioterapia
- Mortuorios
- Residencias para crónicos y tercera edad.

### a).- Concepto y clasificación de los residuos hospitalarios.

La actividad sanitaria, como todas las demás, genera residuos, objetos o productos destinados al abandono que deberán ser retirados de las dependencias sanitarias para ser eliminados de forma controlada.

Lo heterogéneo de la actividad de un centro hospitalario hace que se produzcan diferentes tipos de residuos que en base a su composición requieren un tratamiento diferenciado y adecuado al impacto ambiental que puedan producir o a los riesgos sanitarios que lleve implícita su manipulación y eliminación.

La clasificación de los residuos sanitarios puede hacerse en cuatro grupos:

- GRUPO I.- Residuos asimilables a urbanos
- GRUPO II.- Residuos sanitarios no específicos
- GRUPO III.- Residuos sanitarios específicos o de riesgo
- GRUPO IV.- Residuos especiales

Los residuos del Grupo I son aquellos que no plantean exigencias especiales en su gestión. Proceden de actividades que no conlleven contacto directo con el enfermo como las que se realizan en oficinas, cocinas, etc.

En el grupo II están los residuos, que por proceder de actividades clínicas, requieran cierto cuidado en su gestión, únicamente en el ámbito del centro sanitario. Incluyen los materiales de curas, vendas, compresas, gasas, yesos etc.

Los del Grupo III son residuos que requieren medidas especiales de prevención en su manipulación y eliminación, tanto dentro del centro sanitario, como fuera de él, desde los puntos de vista higiénico y medio ambiental. Son residuos que proceden de actividades sanitarias con enfermos infecciosos, residuos anatómicos, sangre, materiales cortantes y punzantes, etc.

Los residuos del Grupo IV son, a su vez, de muy diversas características: tóxicos, peligrosos o radiactivos. Están tipificados en la legislación vigente y requieren diferentes cuidados y formas de tratamiento, según su naturaleza y peligrosidad.

#### **b).- Sistema de operación de los residuos hospitalarios.**

A fin de optimizar el modelo y los costes de operación, los residuos sanitarios se deben gestionar de forma diferenciada, según el grado de peligrosidad que entrañe su manipulación y vertido, tanto desde un punto de vista higiénico y de seguridad de los trabajadores, como en el posible impacto medioambiental que puede causar su transporte y eliminación.

Así el Grupo I, que no necesita tratamiento específico, se envasará y recogerá de acuerdo a las normas municipales en vigor de cada Ayuntamiento, ya que será habitualmente la empresa municipal de recogida la encargada de retirarlos y de depositarlos en un relleno sanitario controlado.

El Grupo II deberá de envasarse en bolsas de mayor resistencia y de color diferenciado. Se deberán transportar en vehículos o contenedores que no compacten los residuos, para evitar la formación de lixiviados fuera del relleno. Se depositarán en relleno controlado como los del grupo anterior.

Los residuos del Grupo III deberán envasarse en recipientes rígidos que sean herméticos, impermeables y resistentes a la perforación.

Los recipientes cerrados herméticamente serán retirados periódicamente de los centros sanitarios y transportados hasta el punto de eliminación. Esto se hará por esterilización o incineración. Los residuos procedentes de la esterilización se considerarán asimilables al Grupo I y se depositarán en relleno controlado. Los residuos procedentes de la combustión, escorias, deberán de analizarse previamente a su vertido, para determinar el contenido en metales pesados y otros productos caracterizados como tóxicos y deberán de llevarse a un relleno de residuos industriales. Caso de que la producción de estos residuos no justifique la esterilización ó incineración, se depositaran en celdas especiales en el relleno sanitario.

Los residuos del Grupo IV deberán de seguir caminos diferentes, en función de su caracterización, dentro de la tabla de residuos tóxicos y peligrosos. Concretamente los residuos citostáticos se envasarán en recipientes herméticos y deberán ser incinerados. El transporte y manipulación deberá hacerse por gestores autorizados.

### c).- Envasado de los residuos

#### Grupo I

- Se depositarán en bolsas de color negro que cumplan las normas municipales correspondientes.

#### Grupo II

- Se depositarán en bolsas de color, diferentes a las utilizadas para el Grupo I de las siguientes características:
  - Opaco
  - Impermeables
  - Resistentes a la humedad
  - Resistencia a la carga estática, mínimo 400 galga
  - No generarán emisiones tóxicas durante su combustión
  - Volumen no superior a 70 litros

#### Grupo III

- Se depositarán en recipientes de un solo uso, de las siguientes características:
  - Opaco
  - Impermeables
  - Resistentes a la humedad
  - Resistentes a la perforación
  - Calculado para un a densidad de material de llenado de 0,3 Kg/litro
  - Provisto de asas de apoyo seguro, resistentes a las caídas y aplilables
  - Una vez lleno deberá poder ser cerrado con toda seguridad para el transporte

- Llevará anagrama del producto que almacena, según la normativa vigente
- Llevará un emblema de material biocontaminado
- No generará emisiones tóxicas durante su combustión

### 6.- RECOLECCIÓN DE ANIMALES MUERTOS

Aunque antigua, este tipo de recolecta aumenta por la abundancia cada día mayor en las ciudades de animales vagabundos e incontrolados, de los que en muchas ocasiones los servicios de limpieza se ven obligados a retirar de las vías públicas, pues su presencia como seres muertos los hace ser focos de olores desagradables y centro de infecciones. Otras veces puede existir gran abundancia de perros muertos si se lleva a cabo una campaña de exterminación.

Por otra parte, junto a esto animales incontrolados, es frecuente el tener que retirar animales muertos de origen particular.

Este tipo de recogida debe ser efectuada en un camión especial sin compresión y con los elementos adecuados para poderlos introducir dentro del vehículo, como puede ser el instalar una grúa pluma en el propio vehículo.

### 7.- RECOLECCION DE DESPERDICIOS DE MERCADOS

Aunque considerada como una actividad industrial, la recolección de desperdicios de un mercado reviste unas características especiales, porque aún dentro de su uniformidad, los productos son mucho más heterogéneos que en una industria normal con dos o tres actividades diferenciadas.

Una normativa a seguir podrá ser, entre otras, la circulación por el interior de los mercados de unos carritos con cubos de plástico fácilmente lavables y poco pesados, que se vaciasen en contenedores abiertos que posteriormente fuesen recolectados por camiones, o en compactadores fijos.

Como es lógico, la fórmula más idónea no puede ser puramente teórica, y en los casos concretos de cada mercado existente, se debe buscar aquella que, manteniéndose dentro del nivel más alto de higiene, se adapte en las mejores condiciones a la realidad existente.

#### **8.- RECOLECCION DE RESIDUOS DE LA LIMPIEZA DIARIA**

Los residuos procedentes de la limpieza de las vías públicas están compuestos en su mayoría por elementos inertes. Dependiendo de la época, deben tenerse presentes la caída de la hoja y la poda de los árboles.

Ahora bien, un servicio de limpieza municipal enfocado con una proyección hacia la red viaria, no debe abarcar solamente aspectos de limpieza en el concepto de recolección de basuras, sino que debe ampliarse a los servicios de entretenimiento de calles y limpieza viaria propiamente dicha.

Los productos procedentes de la limpieza de la vía pública serán retiradas por los vehículos recolectores de basuras.

5.- ANALISIS DE ALTERNATIVAS  
DEL TRATAMIENTO Y DISPOSICION FINAL  
DE LOS RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES

**ANALISIS DE ALTERNATIVAS DEL TRATAMIENTO Y  
DISPOSICION FINAL DE LOS R.S.M.**

**INDICE**

**1.- INTRODUCCION**

**2.- PROCEDIMIENTOS DE ELIMINACION**

**2.1. VERTIDO CONTROLADO**

**2.1.1. Sistemas disponibles**

**2.1.2. Implantación actual**

**2.2. TRATAMIENTO CON RECICLADO Y COMPOSTAJE**

**2.2.1. Sistemas disponibles**

**2.2.2. Implantación actual**

**2.3. INCINERACION**

**2.3.1. Sistemas disponibles**

**2.3.2. Aspectos medioambientales**

**2.3.3. Aspectos tecnológicos**

**2.3.4. Aspectos económicos**

**2.3.5. Implantación actual**

**3.- CONCLUSIONES**

## **1.- INTRODUCCION**

Los residuos sólidos municipales (R.S.M.) forman parte de la realidad diaria en todas y cada una de las entidades de población. El volumen de desperdicios urbanos ha llegado a tales niveles, que su recolección y eliminación constituye uno de los problemas principales a que se enfrentan los municipios. Los factores que han dado lugar a esta situación son:

- rápido crecimiento demográfico.
- concentración de la población en centros urbanos.
- utilización de bienes materiales de rápido envejecimiento.
- uso, cada vez mas generalizado, de envases sin retorno.

Estas, y otras circunstancias, sitúan a los R.S.M. en la lista de agresores del medio ambiente (M.A.) presionando la necesidad de adoptar medidas de tratamiento que eliminen su impacto negativo.

Hoy en día, la generación de R.S.M. alcanza cifras del orden de 0,8 a 1 kg/persona/día, siendo esta cantidad incrementada entre el 10 y el 30% en las ciudades con gran concentración demográfica. Estas cifras se acrecientan cuando se consideran los residuos comerciales, municipales, limpieza viaria y los industriales asimilables a urbanos.

Por otro lado, el ciudadano está cada día mas concienciado con el progresivo deterioro del M.A. y exige soluciones que no supongan un impacto negativo sobre el mismo. Los métodos más ó menos tradicionales son cuestionados y la legislación se

vuelve cada vez más exigente. Aparecen nuevas tecnologías y con él surge y se pone de moda toda una terminología que propugna el aprovechamiento de subproductos reciclables, el aprovechamiento energético, la reducción y clasificación en origen, la eliminación.

Ante esta realidad, las autoridades municipales se encuentran en una situación en ocasiones confusa y, en no pocas, preocupante. Como consecuencia, hoy se precisa una racionalización en la gestión integral de los R.S.M. y para cada caso alcanzar una solución adecuada que tenga en cuenta los aspectos ambientales, técnicos, económicos y sociales.

Estos aspectos, con ser todos muy importantes, su importancia relativa condiciona y dificulta el procedimiento de gestión a utilizar en cada caso particular.

En este sentido, no se debe de olvidar la precaria situación en general, de las arcas municipales; por lo que uno de los aspectos más importantes, a tener en cuenta, es el coste de las medidas de eliminación, que a escala adecuada es muy elevado; baste decir, que en el actual nivel de gestión, unánimemente considerado como poco satisfactorio en la mayoría de los casos, los costes originados suponen del 15 al 20% de los presupuestos municipales. Por ello, las soluciones se deben de orientar hacia procedimientos que, asegurando la calidad del tratamiento, sean capaces de ser operados a un coste lo más bajo posible.

Dado que el coste bruto es creciente con la calidad del proceso, la única posibilidad de que un método o proceso de alta calidad ambiental ofrezca un coste bajo, es que de él se derive algún subproducto con valor económico, cuya venta dé como resultado un coste neto aceptable.

## 2.- PROCEDIMIENTOS DE ELIMINACION

En la actualidad, existe el interés en tratar de clasificar en origen los residuos y reducir su volumen, y aunque éste supone un objetivo muy loable, no se debe de olvidar que no está exento de dificultades.

Básicamente, las alternativas utilizadas en la actualidad pueden resumirse en:

- vertido controlado, también llamado relleno sanitario.
- compostaje.
- reciclado.
- incineración.

No existe un único procedimiento que pueda ser considerado como el idóneo para la generalidad de los casos. Cada municipio o mancomunidad de municipios presentan características determinadas en cuanto al volumen, composición cualitativa, etc... de sus residuos, las cuales, además, son mutables con el tiempo. Esta realidad variopinta hace que las soluciones adecuadas sean diversas y diferenciadas en el espacio y en el tiempo.

La legislación, fundamentalmente en el aspecto ambiental, es enormemente dinámica en los últimos tiempos y supone un nivel de exigencias desconocido e insospechado en épocas pasadas no muy lejanas. Por otra parte, las soluciones a adoptar deben de establecerse con un horizonte de futuro de al menos dos décadas. Esto supone que entre los parámetros a considerar, además de la realidad actual, está la previsión de su evolución futura. Por ello, la alternativa seleccionada deberá dotarse de la

suficiente flexibilidad para adaptarse a las posibles situaciones futuras, que probablemente se diferenciarán de las previstas en la actualidad.

Es, pues, de capital importancia tener acierto en la solución a tomar, ya que de la misma va a depender el que la gestión de la eliminación de los R.S.M. sea o no eficaz y/u óptima en un futuro de largo plazo.

A la hora de evaluar las diferentes alternativas, deben de tomarse en consideración, para cada una de ellas, los siguientes aspectos fundamentales: ecológico, tecnológico y económico.

A continuación se analizan los procedimientos básicos vigentes en la actualidad.

## 2.1. VERTIDO CONTROLADO

El vertido incontrolado ha sido el procedimiento tradicionalmente empleado para la eliminación de los R.S.U., que ha ido evolucionando hacia el actual sistema de explotación controlada, bajo unas condiciones que permiten su control y vigilancia, evitando los riesgos inherentes a todo vertido: producción de lixiviados, incendios, presencia de roedores, malos olores, rebusca (pepena) de subproductos en condiciones sanitarias inaceptables, etc.

Los actuales vertederos controlados, también llamados rellenos sanitarios tienen como objetivo y condiciones:

- eliminar los R.S.M., con un horizonte de varios años, superior a 15 años.
- asegurar una protección adecuada del M.A. en el entorno del vertedero.
- preveer y conseguir una apropiada recuperación del paisaje.

el procedimiento consiste en:

- . depositar los R.S.U. en capas sobre el terreno.
- . reducir su volumen por compactación.
- . cubrirlos con tierra.

tomando en consideración factores ambientales como:

- . producción de lixiviados.
- . formación de gases.
- . ruidos, olores, incendios.
- . contaminación del aire, suelo y aguas.
- . ratas, perros, gatos, mosquitos, pájaros.
- . rotura del paisaje (hacerlo compatible con el entorno).

### 2.1.1. Sistemas disponibles

Los vertederos controlados pueden ser de varios tipos:

- . alta densidad sin cubrición.
- . media densidad con cubrición.
- . baja densidad con cubrición.
- . compactación en pacas de alta densidad.

- a) Los de alta densidad son aquéllos donde se consigue una fermentación aerobia de la basura casi total, reduciéndose al mínimo la fermentación anaerobia de la

materia orgánica. Se emplean para pequeños tonelajes, entre 30 y 150 t/día, las densidades máximas que se consiguen son del orden de 0,8 t/m<sup>3</sup>.

Se operan extendiendo los residuos en capas no superiores a 30 cm., espesor que disminuye en función de la humedad ambiental y la pluviosidad.

Los residuos se extienden en capas para su aireación durante un período mínimo de 25 días. En esta aireación influye mucho la humedad y pluviosidad pudiendo oscilar, entonces, el tiempo de aireación y fermentación entre 20 y 45 días. Por lo indicado, para una explotación correcta de este tipo de vertederos es necesaria una superficie muy grande. Por eso es adecuada la utilización de este sistema en vertederos pequeños y medianos.

Para una correcta operación de estos vertederos es necesario disponer de 3 zonas de explotación claramente definidas:

- . zona de vertido.
- . zona en fase de fermentación.
- . zona en fase de mineralización.

Cada vertido tiene que pasar por estas fases hasta que se efectúa un nuevo vertido encima.

La maquinaria que se utiliza en este tipo de vertederos es una máquina compactadora trituradora específica y con un peso superior a las 20t., aunque éllo es función de la superficie en contacto con el residuo. Es decir, el parámetro a tener en cuenta es el peso por superficie en contacto, que debe de ser de 100 kg/cm<sup>2</sup>.

En este tipo de vertederos, si la operación es buena, y se llega a la mineralización de la materia orgánica, la producción de lixiviados es pequeña.

Resumiendo, se puede decir que las ventajas de esta clase de vertederos son:

- . no cubrición.
  - . pocos lixiviados.
- b) Los de media densidad son aquéllos donde se consiguen densidades entre 0,6 y 0,8 t/m<sup>3</sup>, tomándose como media 0,7 t/m<sup>3</sup>, o sea, 700 kg. por m<sup>3</sup>. de vertedero.

Para conseguir esta densidad, las capas o tortas no deben ser superiores a 60 cm., sin trituración previa de los residuos, y 75 cm. con trituración previa.

Los sistemas de operación principalmente utilizados en estos vertederos son: zanja, rampa, zona o áreas, o la combinación de dos ó más.

- el sistema de zanja consiste en realizar una zanja en el terreno de 3 a 4 m. de profundidad y una anchura tres veces el ancho de la máquina compactadora, aprovechando la tierra procedente de la excavación para el recubrimiento posterior. La cubrición será diaria.

La capacidad es de 200 a 300 t/día pudiendo emplearse un solo piso. Si se quiere utilizar más pisos, ya que se dispone de tierras o de poca superficie, es necesario combinar este sistema con el de zonas o áreas que luego se describe. Este tipo de sistema debe de emplearse en terrenos con poca pendiente y con el nivel freático profundo.

La posibilidad de realizar sucesivas capas, es función no sólo de las tierras disponibles sino también de la configuración final que se le dé al vertedero, cuando se selle definitivamente, donde entran una serie de factores ambientales, de entorno y de utilización a tener en cuenta.

- el sistema de rampa consiste en extender y compactar los R.S.M. en una rampa. Esta rampa será la del talud del terreno, escavando, previamente, las tierras disponibles que se utilizarán para la cubrición.

Las capas serán de 60 cm. y la tongada o torta no superará los 2,5 m. de altura. La pendiente de la rampa será función de la máquina compactadora (normalmente se emplean taludes de 3 a 1).

La capacidad de este sistema es muy versátil pudiendo ir de 100 a 500 t/día, obteniéndose una densidad ligeramente superior a los otros sistemas, debido a que el grado de compactación es mayor trabajando el compactador en posición inclinada que horizontal.

- el sistema de áreas o zonas consiste en extender los residuos sobre el terreno y compactarlas posteriormente. Este sistema se emplea en lugares tales como: canteras, cañadas, vaguadas y hondonadas, siendo necesario el aporte de tierras para su cubrición.

El área de vertido, suele ser la superficie para el vertido de un día, teniendo en cuenta que no se debe de superar 2,5 m. de altura de las tongadas o tortas, echando capas de 60 cm., que han de ser extendidas y compactadas antes de echar la capa siguiente. Este sistema puede utilizarse en combinación con los sistemas antes enumerados.

La capacidad de vertido de este sistema es muy grande y es función del terreno disponible, pudiendo llegar a capacidades de 500 ó más t/día.

- c) Los de baja densidad son aquéllos donde se consiguen densidades de 0,5 a 0,6 t/m<sup>3</sup>, tomándose como media 0,5 t/m<sup>3</sup>.

Este sistema es el normalmente utilizado para vertederos grandes, superiores a 300 t/día. No existen capas de vertido sino tongadas o tortas cuyo espesor es función del terreno disponible, la cantidad de tierras de cubrición y la cantidad de residuos depositados. De todas formas, no deben de utilizarse tongadas o tortas superiores a 2,5 m. de alto; pues si se utilizan tongadas más altas, que abaratan la explotación, la densidad alcanzada es inferior, lo que se traduce en desprendimientos de taludes, bolsas de gas y menor vida del vertedero.

Este sistema se puede mejorar utilizando trituración previa, que incrementa la densidad y, por tanto, la vida del mismo.

Las ventajas del vertedero de baja densidad se pueden resumir como sigue:

- . gran capacidad.
- . explotación barata.
- . posibilidad de recuperar biogás.
- . el mejor depósito para zonas de alta pluviometría.

- d) El tratamiento de los R.S.M., mediante su transformación en pacas de alta densidad, se presenta, en la actualidad, como una tercera vía complementaria a los vertederos convencionales descritos anteriormente. En éstos, en el mejor de

los casos, se pueden obtener densidades de 1.200 kg/m<sup>3</sup>, y ésto si se realiza una trituración previa; pero cuando se utiliza trituración el coste de explotación se encarece, por cuanto son necesarias unas instalaciones caras, transporte a granel de los residuos desde la planta de trituración hasta el vertedero, y un problema de operación aún no bien resuelto, como es los frecuentes atranques en los molinos trituradores.

Ante estos inconvenientes el embalado a alta densidad de los R.S.M. se presenta como una medida alternativa y complementaria al vertedero convencional.

El sistema se compone, básicamente, de una prensa continua, que es alimentada de R.S.M. mediante una cinta transportadora. Un carro de prensado, de accionamiento horizontal, comprime los residuos hacia el interior de la cámara de compactación, cuando el producto ha alcanzado el grado de compactación requerido, es eyectado paulatinamente del interior de la máquina al exterior, donde un sistema automático de atado, ata la bala con alambre de acero, para que ésta, con una densidad de 1.200 kg/m<sup>3</sup>. pueda ser manejada con facilidad.

Estas balas se transportan, también con gran facilidad, a cualquier tipo de vertedero, no siendo necesario ningún tipo de vehículo de transporte especial, simplemente en camiones plataforma convencionales.

Los R.S.M. al ser prensados y compactados en la prensa, sufren un escurrido de los líquidos que puedan contener. Estos líquidos se diluyen con agua. Una vez diluidos se drenan hasta una pequeña planta de tratamiento de aguas, donde mediante un proceso de floculación, se eliminan los lodos, pudiéndose volver a reutilizar el agua para el sistema de dilución y limpieza de las instalaciones. Los lodos se llevan al mismo vertedero de las pacas.

Gran parte de la humedad original de los R.S.M. es eliminada en el proceso de prensado, quedando en las pacas una humedad del 20 al 22% en peso. Con humedades inferiores al 25% la fermentación anaeróbica, generadora de biogás, es extremadamente lenta. Asimismo y debido a la alta densidad de las pacas, el nivel de oxígeno en su interior es muy bajo, por lo que los procesos de oxidación y posterior fermentación aeróbica son prácticamente inexistentes y, consecuentemente, no existen malos olores.

Las pacas se pueden colocar fácilmente en el depósito controlado, cubriéndolas o no con tierra, apilándolas en superficie con una estabilidad muy superior al sistema convencional, en los taludes formados por caballones.

Las ventajas fundamentales de este sistema son:

- . aumento de la vida útil del vertedero convencional, del 70 al 80%.
- . ahorro de un 50% de tierras de cubrición.
- . ausencia de productos arrastrados por el viento: plásticos ligeros, papel, etc.
- . ausencia total de olores.
- . bajos costes de operación.

### *2.1.2. Implantación actual*

Aún hoy en día, el relleno es la alternativa más extendida. Sin embargo, en el futuro este procedimiento irá siendo reemplazado parcialmente por otros. El motivo de este cambio se debe fundamentalmente a las siguientes consideraciones:

- el crecimiento demográfico, las grandes concentraciones urbanas, el agotamien-

to de los vertederos actuales y el de los utilizados en el pasado supone una menor disponibilidad de terrenos aptos para el vertido.

- en muchas ciudades o comunidades, la orografía del lugar en que se encuentran ubicadas dificulta, en unos casos, e imposibilita, en otros, la localización aceptable de vertederos.
- el aumento creciente de la producción de R.S.M. exige un incremento de las necesidades de vertido que, en ocasiones, no pueden ser satisfechas por las posibilidades del entorno.
- la localización de vertederos en zonas cada vez más alejadas de los núcleos urbanos supone un encarecimiento del transporte de los residuos.
- una mayor exigencia de las nuevas reglamentaciones medioambientales relativas a: localización, construcción y operación de nuevos vertederos, supone mayores costos de vertido.

Por todo lo anterior, se deduce que el vertido, aunque las técnicas de operación mejoran cada día, como es el caso de compactación en pacas antes descrito, no es ya considerado como la solución general para la eliminación de los R.S.M.

Hoy ya no se piensa que la protección del M.A. solo depende de la calidad del aire y del agua sino también de tener un suelo limpio. El saneamiento de vertederos y de suelos contaminados va a suponer una importante carga en el futuro.

No hay duda que verter es una clara manifestación de la incapacidad del hombre actual para resolver los problemas derivados de sus crecientes necesidades consumistas.

El vertido va a seguir siendo usado, pero con mayor control y con menor impacto ambiental y, por ello, con mayor costo. Además, los tratamientos alternativos, en la generalidad de los casos, tienen unos residuos finales que hay que eliminar, y en muchos casos serán reservadas las posibles y escasas oportunidades de localización de vertederos para el vertido de dichos residuos finales.

## 2.2. TRATAMIENTO CON RECICLADO Y COMPOSTAJE

### 2.2.1. *Sistemas disponibles*

La finalidad de estos sistemas es:

- . eliminar los R.S.M.
- . recuperar los productos comercializables.
- . obtener subproductos derivados.

Entre los productos comercializables están:

los combustibles:

- . papel
- . cartón
- . plástico

y los inertes:

- . vidrio.
- . metales férricos.
- . metales no férricos.

y entre los subproductos derivados:

- . materia orgánica fermentada (compost)
- . combustible residual (RDF)
- . biogás

Existen varios tipos de plantas de tratamiento y reciclado, que de acuerdo con un criterio lógico se pueden agrupar en:

- . plantas de recuperación o reciclado
- . plantas de compostaje.
- . plantas de compostaje y reciclado.
- . plantas de reciclado con obtención de compost y RDF
- . plantas de reciclado con obtención de biogás, RDF y digestado.

En las plantas de tratamiento y reciclado se pueden considerar dos formas de proceso en función del tipo de fermentación de la materia orgánica contenida en los residuos:

- . proceso por vía aerobia.
- . proceso por vía anaerobia.

En el primer caso solo se consigue recuperar materiales combustibles e inertes y compost a partir de la materia orgánica. En el segundo, además de los elementos anteriores y un abono orgánico llamado "digestado" de unas mejores cualidades, se consigue biogás de gran riqueza energética. En ambos casos, puede producirse material combustible, en forma de pellets o briquetas, conocido como RDF (refuse derived fuel) mediante una tecnología adecuada.

Partiendo de la necesidad de la versatilidad de la planta de tratamiento la línea de proceso desarrollada es:

- . almacenamiento.
- . alimentación.
- . disgregación o dilaceración en tromel.
- . separación y clasificación de productos (densos, semipesados, ligeros).
- . tratamiento del combustible residual, RDF.
- . fermentación de la materia orgánica (compost).
- . afino de la materia orgánica fermentada.

El almacenamiento puede realizarse en foso o en plaza cubierta con una capacidad de dos días de producción.

Las líneas de tratamiento siempre deben ser dos como mínimo para facilitar el mantenimiento y posibles reparaciones y su capacidad oscilará entre 10 y 20 t/h.

Antes de la separación es necesario la disgregación de R.S.M. para facilitar la siguiente operación. Esta disgregación nunca puede provocar la rotura de los elementos que componen el R.S.M. y en particular de los inertes. La separación puede realizarse por tamaños o por densidades. El problema es que la densidad se enmascara con el alto contenido de humedad que lleva el conjunto del R.S.M. debido a la materia orgánica.

La clasificación de los distintos productos recuperados puede ser mecánica o manual pero, debido a la heterogeneidad del R.S.M. y a que las instalaciones tienen que ser lo más simples posibles, la solución normalmente adoptada es la clasificación

manual en condiciones seguras e higiénicas. Los productos recuperados y clasificados reciben a continuación su tratamiento específico que será función también de la cantidad del mismo; los ligeros, son prensados, y los densos son triturados y limpiados en el caso de vidrio, o limpiados y prensados en el caso de la chatarra y el laterío.

El R.S.M. se compone de inertes, combustible y materia orgánica, siendo éstas dos últimas fracciones las que se llevan casi todo el porcentaje; por eso el tratamiento de estas dos fracciones son el alma de la instalación, siempre y cuando la separación previa dé unos resultados medios y mejor si son óptimos.

Partiendo de lo indicado anteriormente y de la posible venta de productos recuperados ligeros, plástico, papel y cartón; la fracción combustible tiene una línea de tratamiento específica que consiste: primero, en captar los ligeros existentes en la línea de orgánicos, segundo, en eliminar los inertes, tercero en homogeneizar y aumentar la densidad del producto. El R.D.F. obtenido por este procedimiento tienen un poder calorífico inferior de 4 a 5 termias por Kg. y representa el 25-30% en peso del total de R.S.M.

La línea de tratamiento de la fracción orgánica se compone de dos etapas o fases: la primera consiste en su "Fermentación" y la segunda en su "Afino" las dos son importantes y ambas conllevan la obtención de un abono orgánico.

La fermentación consiste en una transformación biológica de la materia orgánica contenida en R.S.M. para la obtención de un humus rico en microorganismos, conteniendo los factores de crecimiento y los oligoelementos necesarios para el desarrollo de las plantas. Esta fermentación puede ser aerobia y anaerobia, la aerobia es con presencia de grandes cantidades de aire y la anaerobia es en ausencia total de aire.

#### a) *Proceso por vía aerobia*

Si bien el proceso para la obtención de productos reciclados y R.D.F. puede ser común, para la obtención del compost y abono orgánico existen vías diferentes:

- Tratamiento por volteo, en grandes eras de fermentación. Este proceso dura tres a cuatro meses en función del ambiente y el grado de humedad, y requiere un proceso de maduración que dura uno ó dos meses adicionales.
- Tratamiento por proceso en continuo mediante tambor giratorio, o digestor. Con este proceso se reduce el tiempo de fermentación a un mes y el proceso de maduración dura otro mes.
- Tratamiento por fermentación acelerada. Mediante insuflación o aspiración de aire. Con este proceso se reduce el tiempo de fermentación a un mes y el proceso de maduración dura otro mes.

#### b) *Proceso de vía anaerobia*

En este proceso, se consigue eliminar las grandes superficies en eras de fermentación, maduración y la presencia de lixiviados, obteniéndose un biogás de gran riqueza energética.

Producciones medias:

- Biogás: Con un contenido de 65% de metano y una producción de 780 Kw/h. por tonelada de R.S.M., 6.100 m<sup>3</sup>, por tonelada de R.S.U., con un poder calorífico de 5.000 Kcal/m<sup>3</sup>. sin depurar.

- Abono orgánico: Digestado: 430 kg. por tonelada de R.S.U. introducido en el digestor.
- Materiales recuperables: chatarra y (R.D.F.) combustible.

En la fermentación intervienen varios factores que son la humedad, la temperatura, el p.H., y la relación carbono/nitrógeno. La humedad oscila entre el 60-70% al principio, y entre 25-30% al final; por debajo de esta humedad la fermentación se para, y por encima de la anterior la materia orgánica se pudre, aunque en ambos casos interviene la presencia o ausencia de aire. En cuanto a la temperatura, se parte de la temperatura ambiente para elevarse hasta 60 - 70°C en función del proceso para descender paulatinamente hasta la temperatura ambiente. En cuanto al p.H. sucede que el R.S.M. tiene un p.H. ligeramente ácido 5-6, durante el proceso de fermentación el p.H. es alcalino 8-8,5 y terminada la fermentación el p.H. es casi neutro 7-7,5. Por supuesto, en función de los procesos indicados en los párrafos anteriores, los factores antes comentados pueden sufrir oscilaciones entre los valores antes indicados. El último factor que interviene en la fermentación es la relación Carbono/Nitrógeno (C/N) que determina si el proceso está concluido y si el resultado es bueno.

El Afino de la materia orgánica fermentada consiste en eliminar todos los elementos que han fermentado y todos los inertes. Para separar estas tres fracciones normalmente se utiliza la siguiente línea de proceso:

- Disgregación.
- Separación: (por densidades y por tamaños).
- Molienda.
- Separación por tamaños.

Antes de proceder a realizar el afino es necesario controlar los cuatro factores antes comentados que indicarán si la fermentación está concluida, lo cual significa que la humedad estará entre el 25 y 35%, la temperatura entre 15 y 25°C, el p.H. entre 7 y 8 y la relación C/N entre 16 y 20.

El proceso de Afino comienza con la disgregación del producto lo cual es más fácil si la humedad está dentro de los límites antes indicados, cuanto mejor sea esta primera fase del proceso mejor será el resultado de la fase siguiente. La separación es el alma del afino y consiste en obtener las tres fracciones antes indicadas: materia orgánica fermentada, (Compost), combustible residual e inerte, esta separación puede hacerse por tamaños, por densidades o por la combinación de ambas, siendo aconsejable el último proceso: primero eliminación por separación densimétrica de los inertes y, previa molienda o sin ella, después eliminación de la fracción superior a un cierto tamaño, la cual se considera fracción combustible de un poder calorífico de 3 a 4 termias por Kg., resultando el resto un compost de excelente calidad.

Si se quiere obtener un producto de buena apariencia puede ser aconsejable su trituración o molienda separando los tamaños grandes u obteniendo dos productos: compost grueso y compost fino. La cantidad de compost obtenido partiendo de la composición media del R.S.U. antes indicada puede oscilar entre 28-32%.

### 2.2.2. *Implantación actual*

La fracción orgánica putrescible de los R.S.M. en su descomposición aeróbica da lugar a un producto llamado compost, apto para mejorar suelos. El porcentaje en los R.S.M. de materia susceptible de ser compostada depende de la composición cualitativa de los mismos, alcanzando en la generalidad de los casos alrededor del 30% del volumen. El resto de materiales reciclables y no biodegradables deben ser eliminados,

y ello lleva consigo la necesidad de un tratamiento posterior o vertido de los rechazos del compostaje.

Elementos clave para el éxito de este tipo de tratamiento es la calidad del producto obtenido así como las regulaciones locales potencialmente restrictivas en cuanto al empleo del compost. Dado el encarecimiento que supone el transporte de este producto, el consumo del mismo debe ser en zonas próximas a su producción.

Los resultados económicos de esta alternativa presentan en bastantes casos aspectos negativos motivados, entre otras causas, a: baja calidad del producto, rechazo por los agricultores, bajos precios en el mercado frente a los costos de producción, etc...

En los países desarrollados y en aquéllos con tierra sin escasez de componentes orgánicos, esta alternativa del compostaje representa una participación minoritaria, cuando no mínima, en el tratamiento de los R.S.M.

El reciclado se presenta como una alternativa altamente atractiva. ¿Qué mejor solución al problema de los R.S.M. que la de su reutilización?. Pero en realidad aún queda, en este sentido, un largo camino por recorrer. Japón, un país pequeño, densamente poblado y con una modélica disciplina ciudadana apenas llega a reciclar el 40% de sus R.S.M.

Los materiales susceptibles de recuperación son, básicamente: papel (periódicos y cartón), vidrio, materiales férricos, aluminio y plásticos. El proceso de separación y recuperación es costoso y su máxima eficacia se consigue cuando se realiza en origen. Tal es el caso del vidrio, plástico y papel. Sin embargo, su rendimiento económico es dudoso, estando condicionando, entre otros factores, por los precios que tienen los productos recuperados en el mercado. En muchos casos, lo más razonable es su eliminación mediante la combustión de los mismos.

En cuanto a la separación en origen, la recogida selectiva de baterías y de medicamentos no usados son procedimientos muy aconsejables y que algunos países han empezado a aplicar para mejorar los sistemas de recuperación de subproductos comercializables y aprovechables. De todas formas aunque el reciclado y compostaje tienen una gran rentabilidad de imagen y política, desde el punto de vista económico son los peores.

### 2.3. INCINERACION

La incineración es la alternativa que en los últimos tiempos está tomando una participación creciente en la eliminación de los R.S.M. Su utilización reporta ciertos beneficios como pueden ser:

- Reducción de la necesidad de vertido. Con la incineración se reduce el peso de los R.S.M. a un 25-30% y el volumen a un 10% del original. El residuo resultante lo componen las cenizas, que al tener un volumen muy inferior al de los R.S.M. de los que proceden, supone una notoria prolongación de la vida del vertedero de apoyo. En muchos casos el reciclaje de las cenizas disminuye, aún más, la necesidad de vertido.
- Puede aprovechar el contenido energético de los R.S.M. con lo que se utiliza una fuente adicional de energía renovable.
- Desde el punto de vista contaminante, con un adecuado control de la combustión y dotando de la instalación apropiada para tratamiento de los gases de combustión se consiguen unas emisiones mínimas a la atmósfera.

### 2.3.1. Sistemas disponibles

Existen varias opciones técnicas para la eliminación con recuperación energética de los R.S.M.. Algunas de ellas, como la pirólisis, la gasificación, etc... se encuentran en fase de investigación previas a la de desarrollo y comercialización. Las utilizadas hasta el momento son las que corresponden a la incineración de los R.S.M. en su estado de recogida y transporte, o posteriormente a su acondicionamiento en un tratamiento previo. El producto combustible derivado de este tratamiento previo es lo que en la terminología anglosajona se denomina RDF (Refuse Derived Fuel).

En la obtención del RDF, los R.S.M. son tratados con objeto de reducir el tamaño de las partículas y eliminar los elementos no combustibles, obteniéndose con ello un combustible más homogéneo y con mayor poder calorífico. Los materiales eliminados (vidrio, materiales magnéticos, etc...) son recuperados y convenientemente reciclados. El proceso de obtención del RDF supone un incremento en la inversión y en los costos de operación, y debido a ello su implantación, por el momento, ha sido más bien reducida.

La incineración en bruto, es decir de los R.S.M. sin tratamiento previo, responde al proceso denominado en la terminología anglosajona como "Mass-burning". Este sistema se encuentra en un estado avanzado en su desarrollo tecnológico, cuya madurez está plenamente alcanzada. Las parrillas de incineración y las calderas de recuperación térmica están bien probadas y los sistemas de limpieza de gases están bien establecidos. Esta técnica responde a un proceso bien conocido en la práctica, muy probado y con una disponibilidad aceptable, que en las plantas construidas en la actualidad alcanzan 7.750-8.000 h/año.

### 2.3.2. Aspectos medioambientales

Las emisiones derivadas del proceso de incineración y que merecen su consideración por su posible incidencia en el M.A. son fundamentalmente: partículas, gases ácidos, metales pesados y compuestos orgánicos.

El control de las partículas sólidas (polvo y metales pesados contenidos en dichas partículas) de los gases de combustión ha sido realizado desde prácticamente las primeras plantas. Su separación se consigue mediante ciclones, filtros electrostáticos y filtros de mangas. En las plantas modernas el sistema empleado es el de filtros electrostático o de mangas, dado el alto rendimiento que con los mismos se consigue.

Hasta la actualidad, éste ha sido el único y prácticamente generalizado tratamiento dado a los gases de la combustión, antes de su exhaustación a la atmósfera. Actualmente, la gran mayoría de las plantas no tienen tratamientos adicionales y a pesar de encontrarse próximas a/o en los mismos centros urbanos, no se ha constatado que sus efluentes hayan afectado a la población.

Las mayores exigencias actuales de la legislación medio-ambiental requieren el control y la reducción en las emisiones de otro tipo de sustancias. Así, y a título de ejemplo, en la tabla 1 aparecen los valores límites exigidos por la Comunidad Económica Europea (Directiva CEE 89/369) en la emisión a la atmósfera de un conjunto de componentes en los gases.

Ante estos requisitos, se precisa la instalación de equipos de tratamiento de gases, adicionales a los tradicionales filtros. Estas nuevas instalaciones suponen un aumento

importante en la inversión, cuyo valor suele representar un 20% adicional, con el consiguiente incremento en los costos de tratamiento de los R.S.M.

El control del ClI, FI I se consigue mediante lavado de los gases con adición de Ca (OH)<sub>2</sub>. Este proceso puede realizarse en vía seca, semiseca y húmeda.

La reducción de los compuestos orgánicos se consigue mediante un control adecuado de la combustión. En este sentido la Directiva de la CEE 89/369 requiere que después de la última inyección de aire, los gases procedentes de la combustión de los residuos han de alcanzar de forma controlada y homogénea, incluso en las condiciones más desfavorables, una temperatura mínima de 850°C, durante al menos dos segundos, y en presencia de un 6% de oxígeno, como mínimo. Los micropoluentes policlorados (dioxinas y furanos) son casi totalmente eliminados cuando se garantizan unas condiciones de combustión adecuadas, en las que la temperatura, tiempo de residencia, oxígeno y turbulencia son los factores fundamentales. Además, la separación de polvo y lavado de gases también tiene efectos muy positivos en la reducción de estas emisiones.

En cuanto a las cenizas su generación supone el 25-50% de los R.S.M. incinerados. Aproximadamente, el 90% de las mismas se recogen en el fondo del hogar y el resto, que corresponden a las cenizas volantes, en los equipos de filtración. Hoy en día, es generalmente aceptado que los residuos de la incineración son materiales no objetables y que incluso pueden ser propuestos para su utilización. Así, es de uso frecuente, el empleo de las cenizas del hogar como material de construcción de carreteras, aislante sonoro, etc...

Las cenizas volantes frecuentemente son mezcladas con las del fondo del hogar, para proceder a su vertido conjunto. Sin embargo, en algunos países, con reglamenta-

ción más estricta, son estabilizadas mediante la adición de cemento con objeto de obtener una gran reducción en la posible lixiviación de los metales pesados.

Como resumen, se puede decir que con los modernos sistemas de tratamiento para limpieza de gases se alcanzan reducciones en las emisiones muy importantes, que pueden evaluarse en: más del 99% de las partículas de polvo y con ellas los metales pesados, con excepción del mercurio; las dioxinas son también muy eficientemente eliminadas con rendimientos del 97-99% reduciéndose frecuentemente a niveles inferiores al detectable; para el ClI el 95% y el SO<sub>2</sub> el 80%, dependiendo de la cantidad de absorbente inyectado.

Teniendo en cuenta que no es posible alcanzar una solución a la gestión diaria de los R.S.M. sin que tenga impacto ambiental alguno, la incineración es un método de tratamiento altamente competitivo desde el punto de vista ambiental. Se puede afirmar que se trata de la alternativa tecnológica con menor agresividad al medio ambiente.

### 2.3.3. Aspectos tecnológicos

Los principales componentes de las instalaciones de incineración, como pueden ser los hornos-calderas, los equipos de tratamiento de gases, manipulación de los R.S.M. y de las cenizas, así como el resto de componentes para la utilización de la energía térmica ya sea en forma de vapor, agua caliente y/o generación eléctrica, han alcanzado su estado de madurez tecnológica.

La energía recuperada de los residuos presenta diversas formas de utilización. En la generalidad de los casos suele utilizarse para generación eléctrica complementaria, cuando ello es posible, con un aprovechamiento térmico adicional. Este es el caso, relativamente frecuente en aquellos países con una climatología e infraestructura

adecuada, en los que se aprovecha parte de dicha energía recuperada en calefacción urbana. Otros casos de aprovechamiento térmico se presentan cuando en las proximidades de la planta incineradora existe la posibilidad de suministro de vapor a industrias que lo requieran en su proceso.

En la combustión de los R.S.M., y como consecuencia de algunos de sus componentes, se producen unos gases de carácter corrosivo. Especial relevancia tiene la corrosión debido al cloro, constituyente habitual de los R.S.M., que dá lugar a importantes ataques en las superficies de intercambio de calor de las calderas. Los niveles de corrosión están prácticamente determinados por el rango de temperaturas presentes en las partes metálicas de la caldera de incineración, los valores extremos de dicho rango se encuentran en el sobrecalentador, en su cota máxima, y en el economizador en la mínima.

La figura 1 muestra la curva típica de corrosión por los gases ácidos producidos en la combustión de los R.S.M., tanto en lo referente a la corrosión por alta temperatura como por baja temperatura (punto de rocío en ácido).

En las instalaciones actuales de incineración de R.S.M. generando electricidad, la determinación de las características del vapor de alimentación a la turbina se ha realizado intentando compaginar un doble compromiso. Por un lado, cuanto mayor es la presión y temperatura del vapor la eficiencia de la planta aumenta, incrementándose con ello la potencia eléctrica conseguida; por otra parte, al elevarse la temperatura, el peligro de corrosión aumenta y con ello la disponibilidad de la planta disminuye.

Dados estos condicionantes, la solución, en la mayoría de los casos, ha sido la de generar vapor en la caldera a presiones del orden de 35-45 Kg/cm<sup>2</sup>. y con temperaturas de 370-420°C. Estos valores son muy inferiores a los usuales en centrales térmicas para

la generación eléctrica, y los rendimientos son también inferiores a los conseguidos en las mismas.

La energía eléctrica se genera en un turboalternador de condensación con extracciones intermedias utilizando un ciclo térmico convencional, similar a la de las centrales térmicas que queman combustibles fósiles.

Las características corrosivas de los gases suponen una limitación en el rendimiento del aprovechamiento del contenido energético de los R.S.M.. Sin embargo, dada la experiencia adquirida en el diseño y operación de estas plantas, la disponibilidad alcanzada en las mismas es muy alta (7500-8000 h/año), operando ininterrumpidamente 24 horas al día y durante espacios de tiempo muy prolongados entre las paradas precisas para el mantenimiento de sus componentes electromecánicos.

#### 2.3.4. Aspectos económicos

El objetivo primario de una planta de incineración es la reducción del volumen de materiales a verter. Los costos deben estar justificados por el servicio público ofrecido, el ahorro en la necesidad de nuevos vertederos, en el medio y largo plazo, y en la capacidad de la planta para generar electricidad y/o energía térmica, partiendo de una fuente renovable. La obtención de beneficio no es, en general, el objetivo municipal primario de este tipo de instalaciones.

Los ingresos vienen fundamentalmente de la venta de la energía generada y del canon por eliminación de los R.S.M.. Los posibles ingresos adicionales por materiales recuperados, cual es el caso de la chatarra férrica, suponen una aportación más bien marginal. En cuanto a la composición de los costos, los gastos de amortización suponen el 30-40% y los gastos de operación el 60-70%.

El proceso de utilización de la energía recuperada está influido por una gran variedad de circunstancias ajenas al propio proceso de incineración. Así, el empleo de la energía térmica, suministrando vapor o agua caliente, está condicionado a la existencia de una demanda de dichos fluidos térmicos, al volumen de dicha demanda, a los posibles precios de venta de la energía térmica, los cuales a su vez están afectados por los costos de los combustibles alternativos, etc.... Por ello, en aquellos casos en que existe este tipo de mercado y suministro, los resultados económicos difieren según los valores que determinan todo este tipo de variables. Por otro lado, en una gran parte de las plantas incineradoras los ingresos más relevantes provienen de la venta de la energía eléctrica generada.

En el aspecto económico, una de las características relevantes de este tipo de instalaciones es el de la importante cuantía que requieren sus inversiones. Esta situación queda aún más resaltada por los requerimientos de las últimas reglamentaciones medio ambientales que conducen a la necesidad de dotar a estas plantas de unos equipos de tratamiento de efluentes que suponen un incremento en la inversión del orden del 15-20%. Debido a esta situación, que origina un esfuerzo financiero muy importante para los municipios, es práctica habitual, que organismos públicos supramunicipales apoyen económicamente estas instalaciones.

En la figura 2 puede apreciarse la estimación de las inversiones en este tipo de plantas en función de la capacidad nominal de las mismas. Como puede observarse, la inversión por tonelada/día de capacidad nominal de la planta se incrementa conforme disminuye dicha capacidad, aumentando de forma drástica para plantas de tamaño muy pequeño.

El canon, o tasa que deben abonar los municipios, por el servicio de incineración de los R.S.M., es muy sensible frente a una serie de parámetros. Analicemos dichas

sensibilidades, lo que nos va a permitir sacar una serie de conclusiones sobre el interés de este tipo de instalaciones, al considerar el costo de su servicio y su capacidad competitiva frente a otras alternativas en la eliminación de los R.S.M.

En las figuras 3, 4 y 5 se representa el importe del canon para diversos valores de los parámetros que sobre el mismo inciden así como su sensibilidad a cada uno de dichos parámetros.

Para el caso central, en cada planta se han considerado las siguientes hipótesis:

- Disponibilidad de la planta ..... 7500 h/a
- Saturación de la planta en el año 20 ..... 95%
- Crecimiento anual en la producción de R.S.U. .... 1,5%
- PCI ..... 2000 Kcal/kg
- Precio de venta de la energía eléctrica ..... 8,2 pta/KWh
- Subvención a la inversión ..... 25%
- Tasa interna de rentabilidad de la inversión neta ..... 10%
- Valor monetario ..... Ptas. año 1992
- Período considerado ..... 20 años de operación

La sensibilidad a la capacidad nominal de la planta viene representada por la curva 1 de la figura 3.

El canon resulta ser muy sensible al tamaño de la planta. Este es el motivo por el que resulta tan beneficioso el que una planta de incineración elimine los R.S.M. de un gran número de habitantes, aunque pertenezcan a diversos municipios. Las ventajas

económicas son evidentes y tan solo pueden ser afectadas por el posible incremento en el costo de transporte. Por ello, en cada caso, es conveniente el realizar un estudio al efecto.

Llama la atención el hecho de que el construir, por ejemplo, dos plantas de 500 t/d. supone frente a una de 1000 t/d. un aumento en el canon del orden del 60% (1700 pta/A).

La sensibilidad al costo de la planta viene representada por la curva 2 de la figura 3, la cual se refiere a un incremento del 30% sobre los valores tomados para el caso central.

La determinación del canon, en el caso central, se ha realizado considerando los costos de las plantas según la figura 2. Dichos costos son estimados. Hay que tener en cuenta que, para un mismo tamaño de planta, el costo de la misma está afectado por circunstancias específicas de cada caso. Así, influyen, entre otras, las siguientes: nivel de precios de la obra civil en cada país, nivel de precios de la construcción electromecánica, aspectos relacionados con la ubicación de la planta, nivel de la calidad arquitectónica y estética, etc...

Como puede apreciarse, un aumento del 30% en el costo de la planta supone para plantas de un cierto tamaño (alrededor de las 1000 t/d.), un aumento del canon de unas 1000 pts/t.

La sensibilidad a la subvención viene representada por la curva 3 de la figura 3, la cual se refiere a una planta no subvencionada.

También es muy sensible el canon a la subvención. Una planta de 1000 t/d. no subvencionada tiene una tasa de eliminación de unas 1150 pts/t. superior al caso de estar subvencionada con un 25% del costo.

Por un lado, la eliminación de los R.S.U. supone una fuerte inversión, y por otro, el canon de incineración es muy sensible a la posible subvención. Ambas circunstancias hacen que, en muchos países, la construcción de las plantas de incineración sean en parte subvencionadas por organismos públicos supramunicipales.

La sensibilidad a la saturación de la planta viene representada por la curva 4 de la figura 3.

Considerando, como ya se dijo en apartados anteriores, una tasa de crecimiento de los R.S.U. producidos del 1,5% y una saturación de la capacidad nominal, al cabo de 20 años, del 95%. La curva 4 representa el hipotético caso de una planta incinerando el 100% de su capacidad nominal desde su primer año de operación.

El canon es muy sensible a la saturación de la planta. Así, para una de 1000 t/d., el canon se reduce aproximadamente 1500 pta/t. lo que supone una reducción del orden del 53%.

Esta situación hace que sea de sumo interés la modularización de una planta en función de la producción inicial y de la expectativa del crecimiento en la producción futura de R.S.U.. Es importante prever un crecimiento de la capacidad de incineración con la construcción de nueva/s línea/s de cuerdo con la realidad en la producción de R.S.U. y al mismo tiempo procurar no disponer de una excesiva capacidad de incineración ociosa, lo que supondría un aumento en la tasa de eliminación.

La sensibilidad al precio de venta de la energía eléctrica viene representada por la figura 4. La curva 1 corresponde al caso central, 8,2 pta/KWh y las 2 y 3 a los precios de 10 y 7 pta/KWh respectivamente.

Del examen de dicha figura se desprende que el canon es sensible al precio de venta del KWh. Esto es especialmente relevante, tanto desde el punto de vista absoluto y mucho más desde el relativo, para las plantas de cierto tamaño, perdiendo peso específico en las pequeñas. Esto es así porque, conforme aumenta el tamaño de la planta, la partida correspondiente a la venta de energía eléctrica incrementa su incidencia porcentual, sobre el total de los ingresos, frente a la proporcionada vía canon. Esta situación se debe, fundamentalmente, a que los gastos fijos por tonelada incinerada disminuyen con el tamaño de la planta y además la eficiencia en la conversión energética aumenta con dicho tamaño.

Para una planta de 1000 t/d., el porcentaje de variación del canon, frente al valor central (8,2 pta/KWh) es sensiblemente el mismo, aunque de signo contrario, que el porcentaje de variación del precio de la energía eléctrica vendida frente a las 8,2 pta/KWh consideradas como valor central.

La sensibilidad al PCI viene representada por la figura 5. La curva 1 corresponde al caso central (2000 Kcal/kg), en tanto que las 2 y 3 se refieren a los casos de 1800 Kcal/kg y 2200 Kcal/kg respectivamente.

La variación del PCI tiene cierta incidencia en el canon. Así, en una planta de 1000 t/d., oscilaciones porcentuales del mismo, frente al valor central de 2000 Kcal/kg., corresponde a cambios porcentuales similares, aunque de signo contrario, en el valor del canon.

Aunque no es de esperar, en general, incrementos muy altos en el PCI de los R.S.M. en el medio plazo, sin embargo sí es muy interesante incinerar con los R.S.U. otro tipo de residuos como los comerciales y los industriales asimilables a urbanos, los cuales suelen tener un PCI superior a los de los R.S.M.. Con ello puede conseguirse reducciones importantes en el canon, tanto por la elevación del PCI como por la del tamaño de la

planta, consiguiendo al mismo tiempo solucionar el problema de la eliminación de estos últimos residuos adicionales.

Con objeto de aumentar la eficiencia en la conversión energética, se han estudiado procesos o sistemas alternativos al tradicionalmente empleado en las plantas incineradoras.

En España, se ha desarrollado un proceso que supera las limitaciones en las características del vapor generado y a las que se ha hecho anteriormente referencia. Básicamente consiste en superar las limitaciones impuestas por la corrosión de los tubos de las calderas, mediante el uso de combustibles adicionales.

Con estos sistemas, se obtiene un aumento importante en la eficiencia de la conversión de la energía térmica de los R.S.M. así como un notorio incremento en la producción de energía eléctrica neta para la venta. Esto repercute en el canon resultante, consiguiéndose una disminución del mismo. Dicha reducción supone una cantidad, variable según los diversos casos, y que oscila entre 800 y 2000 pta/t. Este ahorro se obtiene con incrementos razonables tanto en la inversión como en los gastos operativos.

Con estos nuevos procesos, al conseguirse una disminución en el costo de la incineración, esta alternativa presentará, en una mayor casuística, una situación altamente competitiva, no solo en los aspectos ecológicos, técnicos y sociales sino también en el económico.

### **2.3.5. Implantación actual**

La utilización de la incineración como proceso de eliminación de los R.S.M. es una tecnología ampliamente implantada y utilizada, en el momento actual. En la tabla 2 puede observarse el grado de utilización que esta tecnología tiene en varios países.

La observación de dicha tabla indica que la incineración es intensamente empleada en países como los del centro y norte de Europa y Japón, en lo que la escasez de terreno, la alta demografía y la existencia de importantes aglomeraciones urbanas es una característica común. En otros, como es el caso de Estados Unidos, sur de Europa y Reino Unido, existe un importante potencial para el desarrollo en la implantación de este sistema.

Hoy en día, en la generalidad de los países, la incineración está presente en el escenario correspondiente a la gestión de los residuos. Su participación crecerá en el futuro, conforme vayan aumentando las exigencias de las regulaciones medio ambientales aplicables a otras alternativas.

### **3. CONCLUSIONES**

Como resumen se debe de concluir que tanto el vertido, compostaje, reciclado, e incineración no son en sí mismos alternativas tecnológicas excluyentes, sino en cada caso la solución idónea consiste en la combinación adecuada de cada una de ellas. Dicha solución depende de factores como: tamaño, condicionantes económicos, condicionantes sociales, presiones ambientales, mercado para los subproductos recuperados, mercado para la energía, etc.

**TABLA 1**

DIRECTIVA 89/369 DE LA CEE DEL 8 JUNIO 1989

VALORES LIMITES DE EMISION EN mg/mm<sup>3</sup>

(a 273°K, 101,3 kPa, 11 % O<sub>2</sub> ó 0,9% CO<sub>2</sub>, gas seco)

CONTAMINANTE	mg/mm <sup>3</sup>
Partículas totales	30
Metales pesados	
Pb + Cr + Cu + Mn	5
Ni + As	1
Cd + Hg	0,2
Acido clorhídrico (ClH)	50
Acido fluorhídrico (FH)	2
Dióxido azufre (SO <sub>2</sub> )	300
Monóxido de carbono (CO)	100
Compuestos orgánicos (expresados como carbono total)	20

**TABLA 2**

IMPLANTACION ACTUAL DE LA INCINERACION EN DIVERSOS PAISES

	Nº (1)	% (2)
ALEMANIA	47	35
AUSTRIA	3	18
BELGICA	28	30
DINAMARCA	63	70
ESPAÑA	22	7
FRANCIA	225	35
HOLANDA	12	40
HUNGRIA	1	7
ITALIA	70	18
JAPON		68
LUXEMBURGO	1	70
REINO UNIDO	36	10
SUECIA	24	60
SUIZA	25	80
SINGAPUR		60
USA	150	13

(1) : Número de plantas

(2) : % de los R.S.U. incinerados, sobre el total de producidos

GRADO DE CORROSION EN FUNCION DE LA TEMPERATURA DE LA PARED METALICA DEL TUBO

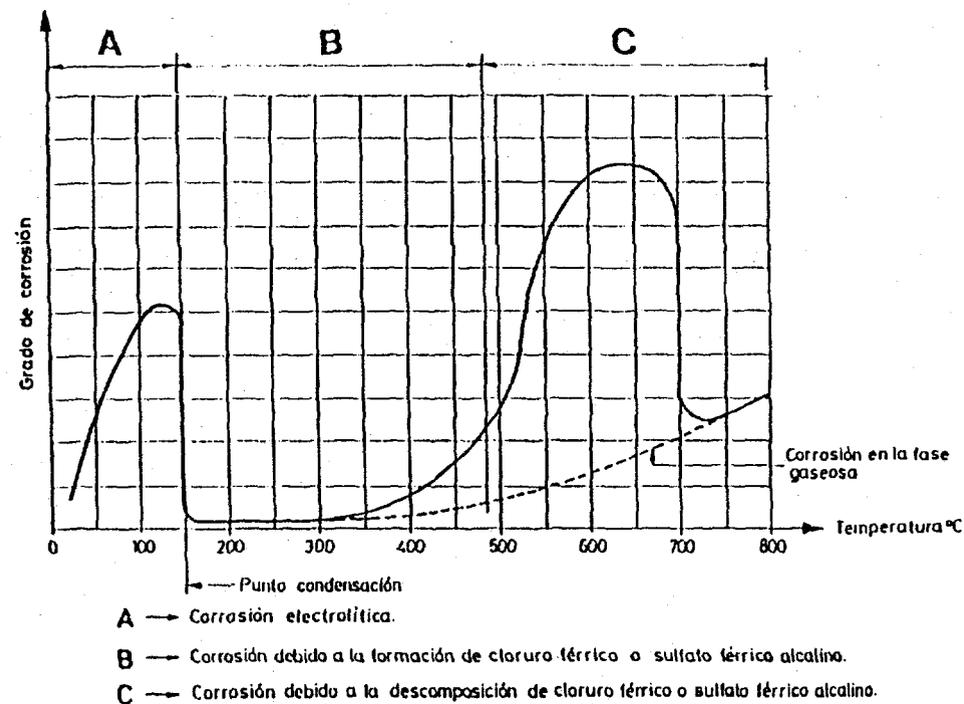


FIGURA 1

INVERSIONES EN PLANTAS DE ICINERACION

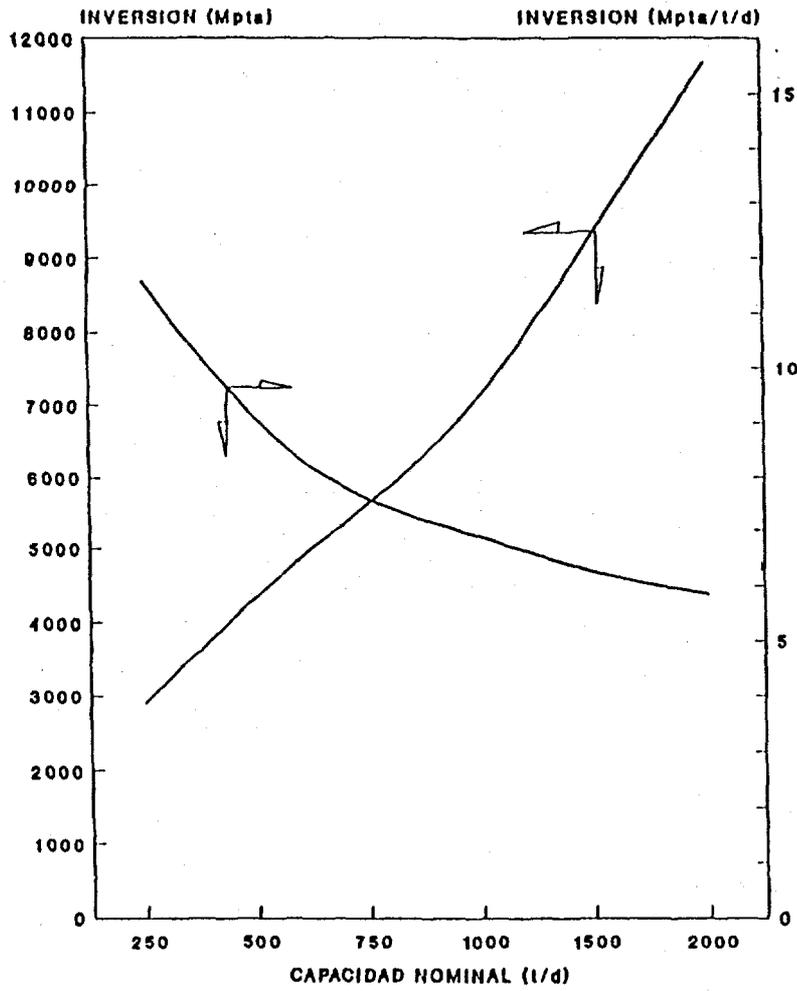


FIGURA 2

CANON, SENSIBILIDAD A LA INVERSION, A LA SUBVENCION Y A LA SATURACION DE LA PLANTA

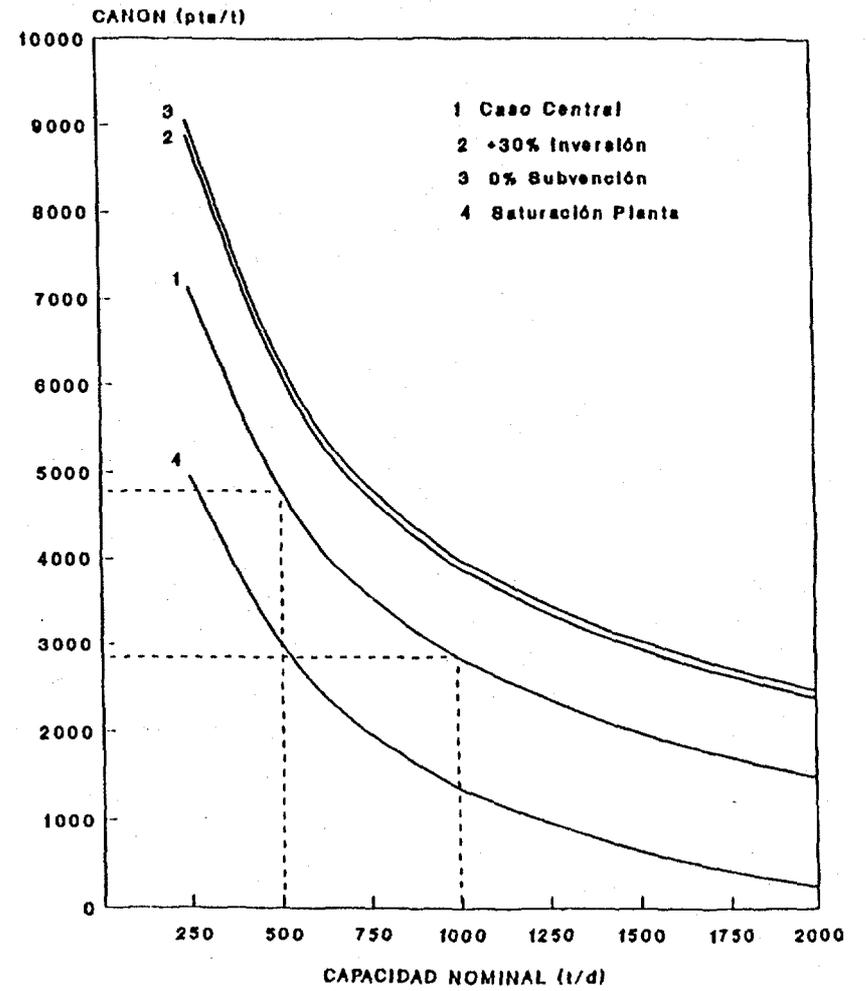


FIGURA 3

**SENSIBILIDAD DEL CANON AL PRECIO DE LA ENERGIA ELECTRICA**

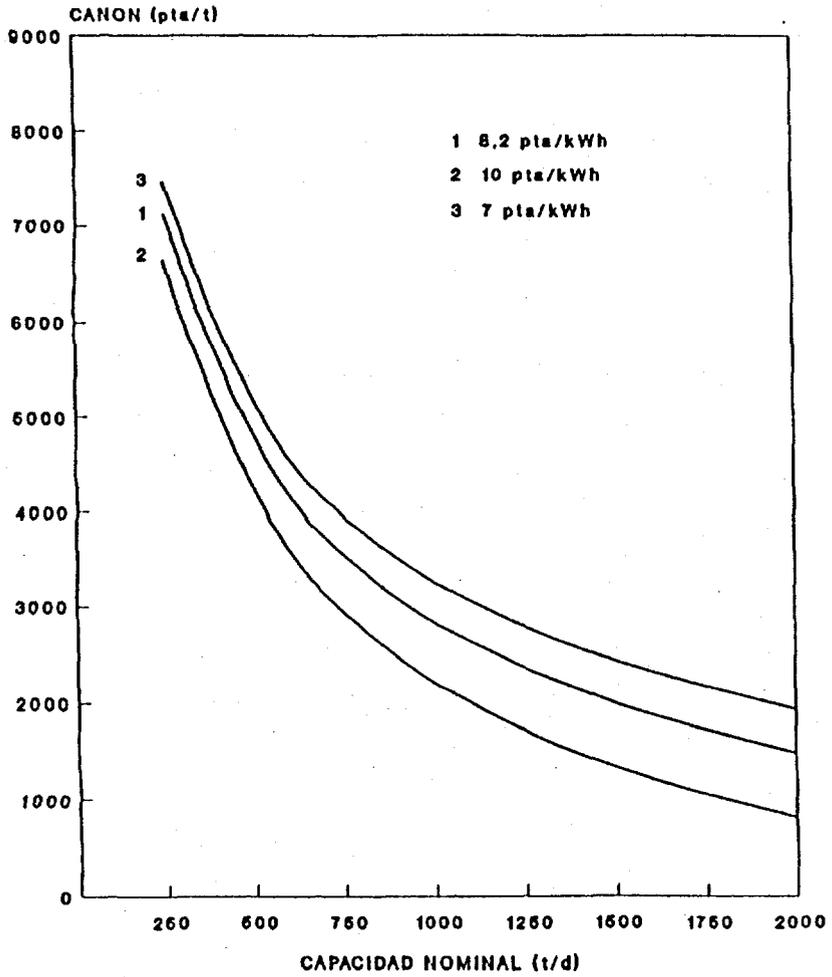


FIGURA 4

**SENSIBILIDAD DEL CANON AL P.C.I.**

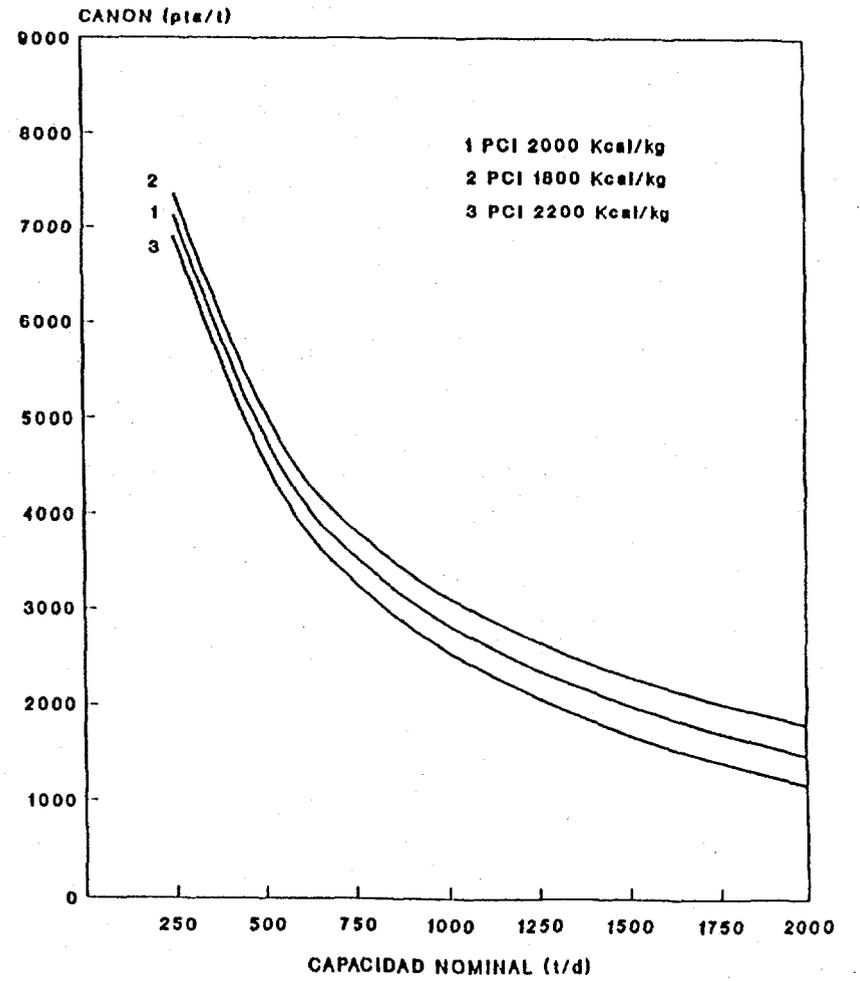


FIGURA 5

6.- RELLENO SANITARIO

## RELLENO SANITARIO

### INDICE

- I. CARACTERÍSTICAS, PLANIFICACIÓN Y DESTINO FINAL DE LOS RELLENOS SANITARIOS CONTROLADOS
  - I.1.- CARACTERÍSTICAS DE LOS RELLENOS SANITARIOS CONTROLADOS
  - I.2.- CARACTERÍSTICAS DE LA DESCOMPOSICIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS
  - I.3.- VENTAJAS E INCONVENIENTES DE LOS RELLENOS SANITARIOS CONTROLADOS.
  - I.4.- PLANIFICACIÓN
  - I.5.- DELIMITACIÓN
  - I.6.- DESTINO FINAL
  
- II.- TRATAMIENTO O MANEJO DE LAS BASURAS
  - II.1.- OPERACIONES EN LOS RELLENOS SANITARIOS CONTROLADOS
  - II.2.- MÉTODOS DE TRABAJO
  - II.3.- ESTRUCTURA
  - II.4.- MATERIALES DE RECUBRIMIENTO PARA RELLENOS SANITARIOS DE MEDIA DENSIDAD
  - II.5.- MEDIDAS DE CONTROL

**III.- ORGANIZACIÓN DE LAS INSTALACIONES Y SERVICIOS**

**III.1.- ACONDICIONAMIENTO DEL LUGAR**

**III.1.1. TALAS, DESBROCES Y REPLANTEOS**

**III.1.2. ACCESOS**

**III.1.3. CUNETA PARA RECOLECCIÓN DE AGUAS SUPERFICIALES**

**III.1.4. DRENAJE PARA LA RECOLECCIÓN DE LIXIVIADOS**

**III.2.- EDIFICIOS**

**III.3.- SERVICIOS**

**III.4.- CERCADO**

**III.5.- PLANTACIONES PROTECTORAS DE ÁRBOLES**

**IV.- MAQUINARIA Y EQUIPOS**

**IV.1.- GENERALIDADES**

**IV.2.- FUNCIÓN DE LA MAQUINARIA**

**IV.3.- ANÁLISIS DE LOS DIFERENTES TIPOS DE MAQUINAS**

**V.- OPERACIONES DEL RELLENO SANITARIO**

**VI.- CLAUSURA DE UN RELLENO SANITARIO CONTROLADO**

**VI.1.- GENERALIDADES**

**VI.2.- CARACTERÍSTICAS DE UN RELLENO SANITARIO**

**VI.3.- USOS DEL RELLENO SANITARIO UNA VEZ COMPLETO**

**VI.4.- INFORMACION GRAFICA**

**VII.- GESTIÓN DE UN RELLENO SANITARIO CONTROLADO**

**I.- CARACTERÍSTICAS, PLANIFICACIÓN Y DESTINO FINAL  
DE LOS RELLENOS SANITARIOS CONTROLADOS**

## **I.1.- CARACTERÍSTICAS DE LOS RELLENOS SANITARIOS CONTROLADOS**

Un Relleno sanitario controlado es un método de eliminación de basuras en que éstas se depositan y extienden en capas finas sobre el terreno, se compactan hasta el menor volumen práctico que sea posible y se cubren a diario con tierra, de forma que se minimice la contaminación ambiental.

La realización de un relleno sanitario de forma controlada constituye un proyecto ingenieril que requiere un planeamiento profundo y especificaciones detalladas, una construcción cuidada y una operación eficiente.

Las operaciones fundamentales en el proceso de un relleno sanitario controlado de basuras son las siguientes:

- . Deposición de los residuos, de acuerdo con un método determinado y siguiendo un plan preestablecido, en la zona del relleno sanitario prevista que ha sido previamente acondicionada.
- . Extensión y compactación de los residuos en capas de poco espesor (de uno a dos metros).
- . Recubrimiento diario con una capa de tierra.
- . Compactación diaria del material de recubrimiento.

Los métodos de relleno y explotación varían de acuerdo con las circunstancias particulares y condicionamientos físicos de cada lugar de vertido y el tipo de residuos sólidos a manejar.

## 1.2.- CARACTERÍSTICAS DE LA DESCOMPOSICIÓN DE LOS RESIDUOS SOLIDOS

Los residuos sólidos depositados en un relleno sanitario se degradan química y biológicamente produciendo productos sólidos, líquidos y gaseosos. Los metales son oxidados y las sustancias de naturaleza orgánica e inorgánica son utilizadas por los microorganismos en los procesos de síntesis aerobios y anaerobios. Los productos líquidos procedentes de la degradación, tal como ácidos orgánicos, aceleran la actividad química dentro del relleno.

Algunos factores que afectan la degradación son: el carácter heterogéneo en constitución y tamaño de las basuras y sus propiedades físicas, químicas y biológicas; así, mientras que los residuos alimenticios se degradan rápidamente, otros materiales tales como papel, textiles y maderas, lo hacen de forma más lenta y hay otros como plásticos, gomas, cerámica y cristal y restos de derribos que son altamente resistentes a la descomposición o no descomponibles.

Igualmente las condiciones del relleno, disponibilidad de oxígeno y humedad, temperatura, poblaciones microbianas y tipo de síntesis, afectan la degradación de los productos vertidos. Esta descomposición sigue normalmente una secuencia que comienza siendo aerobia, luego se va agotando el oxígeno libre disponible y da lugar a procesos de tipo anaerobio, en los que se producen fundamentalmente anhídrido carbónico y metano. Las temperaturas en el interior del relleno se mantienen entre los 15°C y 65°C debido a la actividad microbiana.

La descomposición de los residuos ocasiona una reducción de volumen de éstos que continúa hasta su completa estabilización, lo que da lugar a cambios físicos en la estructura del relleno que varía a lo largo de los años hasta que por fin se estabiliza totalmente.

Este asentamiento de los vertederos se produce también debido a la compactación natural de los residuos por su propio peso.

## 1.3.- VENTAJAS E INCONVENIENTES DE LOS RELLENOS SANITARIOS CONTROLADOS

Las ventajas del relleno sanitario controlado sobre otros métodos de eliminación de basuras son:

- La inversión inicial de capital y costos de explotación son bajos comparados con otros métodos de eliminación de residuos, siempre que exista un terreno adecuado disponible.
- Un relleno sanitario reúne condiciones más flexibles siendo capaz de admitir mayor volumen de basura con pequeñas dotaciones adicionales de personal y equipos.
- Un relleno sanitario puede recibir casi todo tipo de residuos sólidos, eliminando la necesidad de segregación de éstos.
- Los equipos a utilizar pueden ser aplicados a otras funciones de tipo similar y el terreno, si se ha elegido de forma apropiada, puede ser mejorado con las operaciones de relleno.
- El terreno necesario para un relleno sanitario controlado es menor que para uno incontrolado, debido a la compactación de las basuras. Inversamente, a igualdad de áreas, la cantidad de residuos admitidos será mayor en relleno sanitario controlado.

- . Una vez acondicionado el sitio, o parte de él, las operaciones pueden comenzar inmediatamente, ya que no se precisa la construcción de instalaciones especiales.

- . El relleno sanitario es un método "definitivo" de eliminación en el que no se producen residuos que precisen una eliminación posterior.

- . Los materiales voluminosos no causan normalmente problemas en las operaciones.

- . Terrenos inservibles o de bajo valor pueden ser reconvertidos en áreas apropiadas para usos diversos.

Los inconvenientes que presentan los rellenos sanitarios controlados son los siguientes:

- . Requieren extensiones considerables de terreno.

- . Las condiciones climáticas pueden afectar de forma adversa a las operaciones.

- . La prevención de la contaminación del agua puede ser un problema difícil y costoso.

- . Si la distancia hasta el relleno sanitario es grande, los costes de transporte pueden ser elevados.

#### 1.4.- PLANIFICACIÓN

Todo relleno sanitario deberá realizarse según un proyecto de ingeniería. Mediante la aplicación de principios y métodos adecuados se conseguirá una operación eficiente y los resultados apetecidos, sin que surjan más problemas que los lógicos de explotación y mantenimiento, ya que los otros problemas que pudieran surgir deben tomarse en cuenta en las etapas iniciales del desarrollo de los trabajos, con el fin de evitar que se produzcan.

La primera etapa a llevar a cabo para el establecimiento de un relleno sanitario es la de *planificación inicial*. En este período se llevarán a cabo estudios del tipo de residuos a eliminar en el relleno sanitario y las cantidades para hacer una estimación de la vida del mismo. Toda esta información constituye el punto de partida para la selección, diseño y operación del relleno sanitario.

Un aspecto muy importante de esta planificación inicial son las consideraciones sociales, políticas y económicas que pueden influenciar el desarrollo de las futuras operaciones de relleno.

Los datos a obtener para realizar un plan funcional son los siguientes:

##### *Datos del terreno.-*

- . Inventario de los límites de propiedad.

- . Provisión de derechos de acceso, localización de conducciones, estructuras y caminos, dando detalles sobre todas ellas.

- . Planos con curvas de nivel.
- . Fotografías aéreas.
- . Interrelación del terreno con las áreas circundantes.
- . Condiciones de superficie, tales como existencia de rocas, áreas pantanosas, etc.
- . Posibilidad de compra o alquiler del terreno.

*Datos del suelo.-*

- . Profundidad de las capas del suelo
- . Tipos y localización de suelos.
- . Descripción de la clasificación del suelo, granulometría, permeabilidad, compacidad y otras características pertinentes.

*Datos geológicos.-*

- . Tipo de formación geológica.
- . Localización y litología de la capa rocosa.
- . Localización de recarga de acuíferos.
- . Depósitos de arenas y gravas.

*Datos hidrológicos.-*

- . Caudales y formas de escorrentías.
- . Localización de aguas subterráneas, caudales y dirección de flujo.
- . Localización de pozos, cursos de agua, embalses, etc...

*Datos biológicos.-*

- . Flora y fauna existente
- . Localización de bosques y reservas de animales en la zona.

*Datos climáticos.-*

- . Velocidad y dirección del viento.
- . Pluviometría.
- . Temperaturas.

*Datos de planificación del área*

- . Mapas de distribución en zonas.
- . Utilizaciones del terreno adyacente en la actualidad.
- . Direcciones de expansión.
- . Arterias de acceso y comunicación.
- . Planes de ordenación territorial y/o urbanística.

*Datos perceptivos.-*

- . Vistas sobre el sitio.
- . Areas de conflicto estético más probable.
- . Areas de generación de molestias y conflictos probables.

*Datos sobre los residuos.-*

- . Cantidades a verter por día.
- . Tipo de residuos a verter.

Aportaciones esporádicas de residuos de características peculiares o en cantidades apreciables.

La segunda etapa, *planificación formal*, consiste en el análisis de todos éstos datos para determinar el potencial del sitio o sitios elegidos, efectos de la operación y usos futuros de los terrenos, y los factores que requerirán soluciones específicas dentro del planteamiento general.

El análisis de la información debe ser seguido de un estudio sobre los factores operativos y equipos, de acuerdo a las características del sitio. Este informe debe incluir: métodos de vertido, relleno y compactación a utilizar, tipos de equipo de excavación y compactación, ordenación anticipada de las secuencias de vertido y relleno, área necesaria para almacenamiento, operaciones de mantenimiento, pesado y administración, procedencia y tipos de los residuos, y estimación diaria de las cantidades y tipos de material de recubrimiento a utilizar.

A partir del informe, se formularán los planes detallados de operación, en los que estarán incluidos los accesos generales a cada una de las zonas, métodos de aislamiento y de control de materias arrastrables por el viento, planes de excavación, explanación y altura total del vertido, así como de replanteo para facilitar el acceso y conseguir condiciones estéticas aceptables, sistema de drenajes e instalaciones de pesado, edificios de administración, almacenes y talleres, sistemas de protección de fuegos, etc.

## 1.5.- DELIMITACIÓN

La localización de un relleno sanitario controlado se selecciona en base a las condiciones ambientales, sociopolíticas y económicas.

Las condiciones ambientales que determinan fundamentalmente la localización de un relleno sanitario son la posibilidad de contaminación de aguas por efecto del vertido y la compactibilidad de la ubicación del relleno sanitario en el área.

En cuanto al aspecto social, la aceptación del relleno sanitario en el área depende fundamentalmente de que la imagen de éste sea positiva. Para ésto, el relleno sanitario debe funcionar de una forma eficiente. Un buen diseño proveerá mejoras físicas dentro y fuera del lugar de operaciones, lo que conducirá a crear un entorno que sea aceptado por el público.

La consecución de un buen diseño se basa en cuatro puntos:

- a) Organización racional del lugar de vertido, cuidando una buena distribución de las áreas y el acceso a ellas, y aislamiento adecuado del exterior.
- b) Adaptación de las nuevas formas y estructuras a las características del terreno circundante.
- c) Cuidado de los detalles, especialmente en los aspectos visuales y funcionales.
- d) Cuidado de las formas y técnicas de replanteo.

Las consideraciones económicas a tener en cuenta para la localización de un relleno sanitario estriban fundamentalmente en encontrar un óptimo entre el valor del terreno por un lado y las distancias a recorrer por otro. Existe una razón inversa entre el precio de los terrenos y la distancia, siendo aquel por lo general menor cuanto mayor es la distancia de los centros urbanos, lo que significa mayores gastos de transporte.

No hay que olvidar de todas formas que, una vez cumplida su función, el terreno puede convertirse en un área valiosa, cuyo potencial sería menor si estuviera muy alejado del área urbana. Otro aspecto a tener en cuenta es la inversión necesaria para el acondicionamiento previo del terreno.

#### 1.6.- DESTINO FINAL

Antes de utilizar un terreno como relleno sanitario deben hacerse algunos planes para su utilización una vez que haya sido llenado.

La utilización futura influenciará las prácticas de operación.

En principio, son muchos los posibles usos a dar a un relleno sanitario una vez lleno, y cada uno de ellos requiere hacerse una serie de consideraciones y análisis para determinar si son factibles.

Un relleno sanitario que no ha sido planeado con vistas a su utilización posterior necesitará, probablemente, que se realicen trabajos de corrección, lo que significa desperdiciar esfuerzos.

Un desarrollo bien planeado implica investigar tanto los recursos que ofrece el sitio, como las formas de realizar el vertido, con el fin de determinar cuál es la forma más eficaz de aprovechar al máximo el potencial del lugar.

La mayor limitación que se presenta para el uso posterior de relleno sanitario sanitario es la capacidad del terreno para aguantar cargas de edificios o estructuras. Debido a que el asentamiento no es uniforme, el relleno sanitario no puede utilizarse para ningún fin que requiera un subsuelo de gran estabilidad.

Las utilidades más normales a dar al relleno sanitario son de tipo recreativo, o dejarlo como espacios abiertos agrícolas, y para actividades institucionales de diversa índole, que necesiten de amplios espacios abiertos para esparcimientos, campos de deporte o estructuras de poco peso.

El ritmo de llenado y el tiempo que tarde en completarse un relleno sanitario depende de muchas variables. El tiempo dependerá del tamaño del mismo y volumen diario de residuos a verter, el ritmo será función de las prácticas de operación, principalmente de hasta qué punto se ha compactado el material. Desde el principio de las operaciones, éstas deben conjugarse con la utilización futura, aunque sea a largo plazo. Otra política a seguir, es la liberación de zonas independientemente, según se vayan completando, como un paso intermedio antes del desarrollo final. Esta es una alternativa a tener en cuenta durante las operaciones de vertido

## **II.- TRATAMIENTO O MANEJO DE LAS BASURAS**

## **II.1.- OPERACIONES EN LOS RELLENOS SANITARIOS CONTROLADOS**

En un principio los rellenos sanitarios controlados recurrían a las dos técnicas siguientes:

- 1) Limitación del espesor de las basuras para conseguir una transformación aerobia de la materia orgánica en compuestos estables.
- 2) Cubrición diaria con una capa de tierra de los residuos para evitar la proliferación de insectos y roedores, vuelo de papeles, peligro de incendios, malos olores y mal aspecto del vertedero.

Se puede comprobar que la falta de compactación de las capas impedía un buen asentamiento de la masa, al disminuir el volumen de los residuos en el transcurso de la fermentación.

A causa de ésto, aparecieron nuevas técnicas de relleno con compactación, en las que se mantenía la cubrición diaria, pero la fermentación en vez de ser aerobia se produce anaeróbica.

Las técnicas fueron avanzando y los procesos se fueron mejorando, hasta llegar en la actualidad al proceso de compactación con trituración in situ, con fermentación aerobia. Los resultados obtenidos son magníficos.

Con ésto se consigue aumentar la vida útil del relleno sanitario, al necesitar menos espacio que en los métodos anteriores para un mismo volumen de basuras.

En resumen, las formas de operación en un relleno sanitario controlado son: Compactación de baja densidad con cubrición, compactación con trituración de media densidad con cubrición y compactación con trituración de alta densidad sin cubrición.

### **1.- Compactación de baja densidad**

La basura es extendida por un pala cargadora ó similar. Se llega a conseguir una densidad de 500 Kg./m<sup>3</sup>.; es necesario cubrirla diariamente.

Los problemas que presenta esta forma de operación son:

- . La baja densidad no retrasa la fermentación anaeróbica, por lo que se producen gases hidrocarbonados de mal olor que buscan la salida por el punto más débil y además forman bolsadas con peligro de explosiones.
- . La cubrición diaria, además de reducir la vida del relleno sanitario, encarece su operación.
- . Cuando el relleno sanitario está ubicado en climas lluviosos a veces los camiones no pueden entrar a la plataforma de vertido.
- . Las aguas pluviales se filtran con facilidad en la masa del relleno, produciendo más cantidad de lixiviados.

### **2.- Compactación con trituración de media densidad.-**

Este sistema necesita de maquinaria especializada. Se llega a densidades de 800 Kg./m<sup>3</sup>. La inversión es algo mayor que en el sistema anterior debido a la especialización de la maquinaria.

Las ventajas e inconvenientes de este sistema son:

- . Precisa cubrición de tierras, aunque no diariamente. Pero es conveniente que se realice diariamente.
- . La fermentación es anaeróbica, si bien se retrasa al aumentar la densidad. No se producen olores.
- . Los camiones pueden circular por el relleno sanitario.

### **3.- Compactación con trituración de alta densidad.**

Es el sistema más moderno. Se consiguen densidades del orden de 1.100 Kg./m<sup>3</sup>. La fermentación es aeróbica.

Las ventajas e inconvenientes de este sistema son:

- . No precisa cubrición de tierras.
- . La fermentación es aeróbica, debido a que la basura se extiende en capas muy finas, permitiendo el paso del oxígeno al borde inferior de la basura.
- . No se puede extender otra capa de basura encima hasta que finalice el proceso de fermentación. Esto se produce a las dos meses de extender la capa.
- . Necesita grandes superficies.

Después de extendida y compactada la capa, es necesario volver a pasar la máquina cada quince días, hasta su completa fermentación, con el consiguiente encarecimiento del proceso.

#### COMPARACIÓN ENTRE LOS SISTEMAS DE MEDIA Y ALTA DENSIDAD

	Media densidad	Alta densidad
Maquinaria	Especializada	Especializada
Densidad	800 Kg./m <sup>3</sup> .	1.100 Kg./m <sup>3</sup>
Cubrición tierras	De vez en cuando	No precisa
Fermentación	Semi-anaeróbica	Aeróbica
Altura capa vertido	1 Metro	30 cm.
Formación lixiviados	Pocos	Casi ninguno
Extensión otra capa	Inmediata	A los dos meses
Frecuencia repaso	No precisa	Cada 10 ó 15 días
Capacidad de trabajo	35 Tm./hora	20 Tm./hora
Producción de gases	Se producen algunos	Se producen pocos
Roedores	No	No
Insectos	Algunos	Algunos
Preparación terreno	No	Sí
Maquinaria de apoyo	Sí	Sí

## II.2.- MÉTODOS DE TRABAJO

En cuanto al lugar donde estén ubicados los rellenos sanitarios se pueden incluir en dos clases generales: rellenos sanitarios en áreas y rellenos sanitarios en depresiones.

Los primeros comprenden aquellos situados en lugares llanos, tales como marismas, llanuras litorales o terrenos llanos no utilizables para otro fin. Los segundos son los que utilizan depresiones naturales o artificiales, tales como barrancos, depresiones o irregularidades naturales del terreno, ó bien canteras o arenales agotados. Cada una de estas clases se subdivide en otras de acuerdo al tipo específico de operación utilizado.

Los métodos de trabajo básicos utilizados, son:

- a) Métodos de zanjas o trincheras.
- b) Método de áreas parciales.
- c) Método de taludes o rampas.

#### a) Método de zanjas o trincheras.-

Este método se basa en la apertura de una zanja, en cuyo interior se vierten los residuos que se esparcen luego en finas capas, se compactan y recubren con las tierras procedentes de la excavación de la zanja. Este método se adapta bien a terrenos llanos cuando el nivel freático no se encuentra próximo a la superficie. Normalmente las tierras procedentes de la excavación de las zanjas pueden utilizarse para recubrimiento, con un mínimo de transporte, este sistema no es adecuado para el relleno sanitario de alta densidad.

#### b) Método de áreas parciales.-

En un relleno sanitario desarrollado por "áreas" los camiones de transporte depositan los residuos sobre el terreno. Seguidamente, un bulldozer o máquina especial esparce y compacta las basuras, recubiertas cada cierto tiempo con una capa de tierra que también es compactada, o no se recubren si es relleno sanitario de alta densidad.

Este método se adapta bien a terrenos llanos o con poca pendiente. También puede utilizarse en huecos de canteras o explotaciones mineras a cielo abierto abandonadas, barrancos, vaguadas y otras depresiones del terreno. Normalmente, las tierras de recubrimiento se llevan de zonas próximas o se obtienen en el mismo sitio.

*c) Método de taludes o rampas.-*

En los rellenos sanitarios llevados por el método de taludes (variante de los métodos de área y zanjas), los residuos sólidos se vierten sobre el terreno en pendiente. Se extienden las basuras en finas capas sobre el talud, compactándolo, al mismo tiempo, con el peso de la máquina. El material de recubrimiento se obtiene, por lo general, de excavaciones practicadas justamente al pie del frente de trabajo, extendiéndolo por la ladera y compactando. Este método se adapta a toda clase de terrenos, y no se recubren si es vertedero de alta densidad.

### II.3.-ESTRUCTURA

*A) Relleno sanitario de media densidad*

La unidad de construcción común a todos estos métodos es la celda o célula. Todos los residuos sólidos recibidos se extienden y compactan en capas en un área determinada. Al final de la formación de la célula se cubren completamente con una capa continua de tierra que es también compactada. Las basuras compactadas y la capa de tierra constituyen una celda. Una serie de celdas adyacentes, todas de la misma altura, constituyen un nivel.

Las dimensiones de la celda están determinadas por el volumen de los residuos compactados diariamente, lo que depende de la densidad original de las basuras. La densidad de las basuras una vez compactadas debe ser como mínimo de 0,7 tm./m<sup>3</sup>. ó mayor si existen cantidades apreciables de escombros, cristal o materiales de tipo inorgánico bien compactados. Esta densidad puede resultar difícil de conseguir en caso de que proliferen materiales tales como ramas de árboles, fibras sintéticas, neumáticos, etc..., ya que normalmente tienden a esponjarse una vez que se retire la carga compactadora. En estos casos es conveniente extender los materiales en capas de unos 60 cms. de espesor, cubrirlos con una capa de tierra de 20 cms. y extender y compactar sobre ellos una capa de basura normal, con lo que el peso de esta capa mantiene los materiales elásticos comprimidos.

Una operación adecuada se consigue manteniendo un área de trabajo no excesivamente ancha, aunque lo suficiente para permitir la descarga y maniobra holgada de camiones y máquinas. Nunca debe ser de una anchura superior a los 25 ó 30 metros.

La altura de la célula debe ser tal que no produzca problemas graves de asentamiento posterior de los sólidos, por lo que una altura moderada de 2,5 metros suele ser la utilizada comúnmente en la mayoría de los casos. De todas formas, un factor importante es mantener el volumen de material de recubrimiento necesario a un mínimo, mientras que se pueda eliminar eficientemente el mayor volumen posible de basuras.

El volumen de material de recubrimiento depende del área superficial de basuras a cubrir y del espesor precisado. Lógicamente la configuración de las células puede afectar grandemente el volumen de material de recubrimiento requerido, debiendo mantenerse por tanto el área superficial a un mínimo.

En general, la célula debe ser más o menos cuadrada, con las paredes laterales con la mayor inclinación práctica posible.

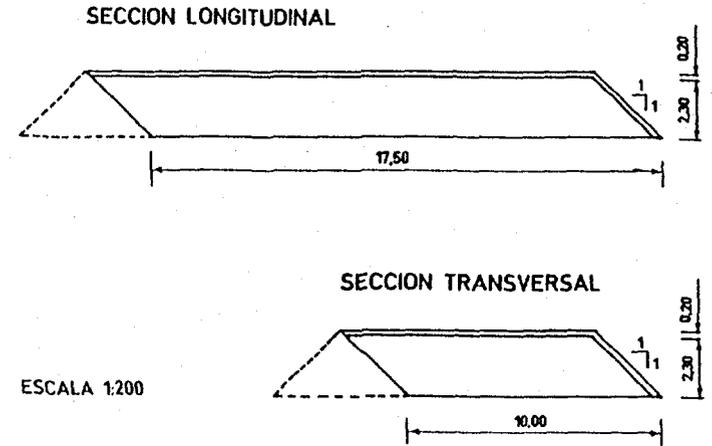
Una inclinación de 25° a 35° no solo mantiene el área a recubrir a un mínimo, sino que se conseguirá una buena compactación de las basuras, especialmente si se va distribuyendo en capas de unos 100 cms. de espesor y se trabaja desde el fondo a la cima de la pendiente.

Cuando se utilizan barrancos para el vertido de basuras, aunque las operaciones de compactación y recubrimiento son las mismas, hay que realizar una serie de obras específicas de acondicionamiento.

A grandes rasgos, para poder utilizar un barranco como relleno sanitario de basuras es necesario comenzar por preparar el terreno de tal manera que las aguas pluviales no fluyan de las laderas hacia el centro, sino que sean desviadas. Por otra parte, hay que construir, aguas abajo, un cierre o dique de tierra apisonada, que sirva como muro de contención.

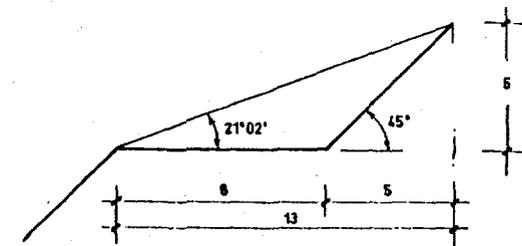
A través de este dique, mediante una red adecuada de tuberías de drenaje, se recogerán las filtraciones de agua, evacuándose fuera del recinto del relleno sanitario.

### CELULA DE VERTIDO DIARIO EN EXPLOTACION



RESIDUOS SOLIDOS	402,6 M <sup>3</sup>
MATERIAL DE RECUBRIMIENTO	56,2 M <sup>3</sup>
CELULA TIPO DE VERTIDO DIARIO	458,8 M <sup>3</sup>

### SECCION TIPO TERRAZAS



ESCALA 1:200

## B) *Relleno sanitario de alta densidad*

El relleno sanitario de alta densidad es el sistema más moderno utilizado en la actualidad. Este sistema no necesita recubrimiento de tierras, por eso el método de explotación es diferente al sistema de media densidad.

La basura se extiende en capas de 25 ó 30 cm. y se tritura y compacta hasta conseguir una densidad de 1.100 Kg./m<sup>3</sup>. Para permitir la fermentación aerobia, no se puede cubrir la capa con tierras, ni se puede extender otra capa encima hasta pasados dos meses, que es cuando puede darse por finalizada la fermentación.

La superficie del vertedero se divide en zonas y estas zonas deben tener la superficie necesaria para poder extender la basura de un día en capas de 30 cm. de espesor y como no se pueden verter nuevas capas hasta pasados dos meses es necesario, por lo menos, dividir la superficie en 60 zonas para trabajar cada día en una diferente y comenzar a los dos meses a extender otra capa.

## II.4.-MATERIALES DE RECUBRIMIENTO PARA RELLENOS SANITARIOS DE MEDIA DENSIDAD

El material de recubrimiento a utilizar debe reunir las condiciones óptimas para que sirva las funciones siguientes en el mejor grado posible:

- Evitar que los roedores excaven.
- Evitar la proliferación de aves y moscas.
- Reducir la filtración de agua.
- Reducir la salida incontrolada de gases de fermentación.
- Proporcionar buen aspecto.

- Retener los materiales arrastrables por el viento.
- Mantener la vegetación.
- Ser permeable a los gases en los casos en que exista un buen drenaje.

El cubrimiento de las basuras con una capa de tierra compactada ofrece asimismo protección contra la propagación de incendios, ya que éstos quedarían confinados dentro de la célula. La utilización de un material de buena compactad y baja permeabilidad es una excelente medida contra incendios, ya que minimiza el flujo de oxígeno dentro del relleno sanitario.

En general, el material utilizado para cubrir el nivel final debe ser capaz de mantener la vegetación, por lo que debe contener las sustancias nutritivas y tener una capacidad de retención de humedad adecuadas, además de un grosor mínimo de 60 cm.

Igualmente la cubierta de tierra sirve a veces como piso de los caminos usados por los vehículos del relleno sanitario, por lo que debe permitir su paso en cualquier condición climática y por tanto debe ser lo suficientemente permeable.

Las divergencias de criterios que se presentan cuando se requiere el cumplimiento de varias funciones, se pueden solventar aplicando en los lugares precisos varias capas de materiales distintos, cada uno de los cuales cumplirá su misión específica.

Con estos fines deben analizarse los suelos disponibles en los lugares a ubicar los rellenos sanitarios, así como estimar el volumen disponible y determinar la profundidad de la excavación.

Prácticamente los únicos materiales no utilizables bajo ningún aspecto para recubrimiento son las turbas y suelos de alto contenido orgánico.

La turba contiene gran cantidad de huecos y su contenido en agua puede oscilar entre el 100 y el 400 por ciento del peso de materia seca, siendo así imposible de compactar tanto húmeda como seca. Los suelos con más de un 20 por ciento de materia y puede variar mucho su contenido en agua.

Igualmente debe evitarse el uso de materiales que contengan piedras o bloques grandes, ya que impiden una compactación adecuada.

## II.5.- MEDIDAS DE CONTROL

### A) *Control de las aguas superficiales y subterráneas*

Los cursos de aguas superficiales deben ser desviados del relleno sanitario. Deben instalarse tuberías en las escorrentías, torrenteras y barrancos que transporten las aguas de drenaje de las zonas altas a través del relleno sanitario y canales abiertos que desvíen el drenaje del área circundante.

Un relleno sanitario situado en una llanura debe protegerse mediante diques impermeables. La cresta del dique debe ser lo suficientemente ancha para poder realizar trabajos de mantenimiento ó incluso para el paso de vehículos.

El recubrimiento final del relleno sanitario debe ser explanado y nivelado para permitir el drenaje de las aguas pluviales. El tipo de explanación dependerá de la capacidad del material para soportar la erosión y del uso final planificado para el lugar. Pueden también construirse canales temporales o permanentes para interceptar y eliminar las aguas del drenaje superficial.

También pueden utilizarse sumideros y pozos colectores desde los que se pueden bombear las aguas recogidas en ellos y evitar que se inunden.

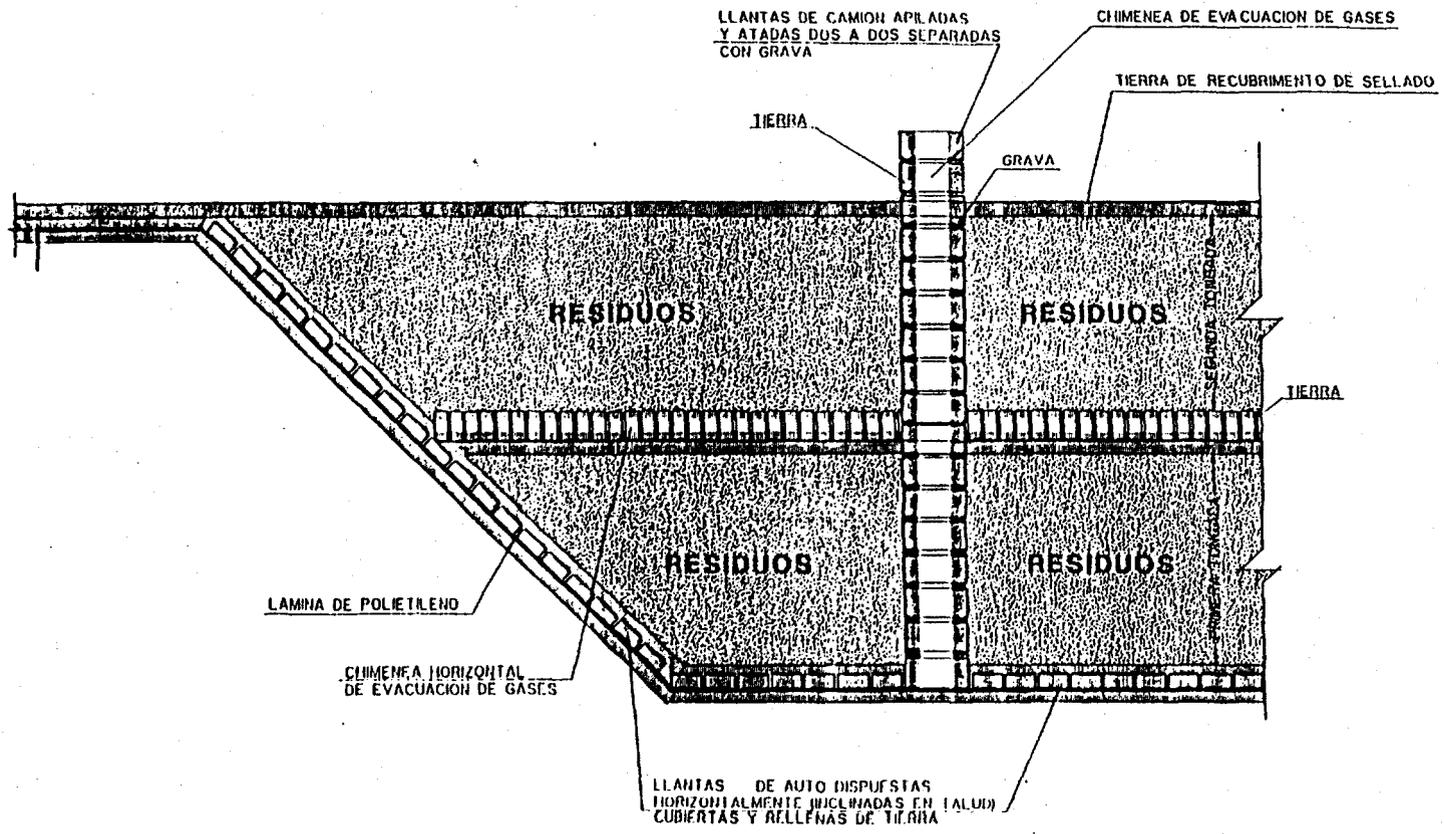
Las aguas superficiales que pasen por el relleno sanitario no deben ser enviadas a los cauces sin un tratamiento previo.

En cuanto a las aguas subterráneas, un punto básico de partida es que éstas no sufran ninguna influencia del relleno sanitario. Sin embargo, las aguas que percolan por el relleno no sufren una dilución total en las aguas subterráneas, debido a que los acuíferos tienen un flujo normalmente laminar.

Los contaminantes inorgánicos y formas de vida anaerobia pueden llegar hasta grandes distancias a través del suelo y las formaciones rocosas, mientras que las sustancias orgánicas y bacterias coliformes sufren dispersiones bastamentecres.

Para controlar el movimiento de fluidos tiene que hacerse un *recubrimiento impermeable de fondo*. Uno de los más usuales es una capa de suelo arcilloso bien compactado de 30 centímetros a 60 centímetros de grosor, que debe mantenerse húmeda para evitar las grietas al secarse. En caso de no disponer de suelo arcilloso se pueden añadir, y/ó para mayor seguridad, aditivos arcillosos naturales, tales como montmorilonita o incluso aislantes sintéticos, tales como asfalto o láminas de goma, polietileno o cloruro de polivinilo, en películas protegidas en ambos lados por capas de arena. En estos casos, para mayor protección y como mejora en la operación de relleno, se deben utilizar neumáticos usados, como protección de la lámina impermeabilizante del vaso del depósito de residuos, antes de comenzar el vertido de los mismos, en los rellenos sanitarios y en los de seguridad de residuos tóxicos se cubre la superficie total de la lámina con una capa de neumáticos, colocados horizontalmente y en contacto unos con otros. (Ver gráfico *pág. siguiente*)

En todos estos casos debe pensarse en alguna forma de eliminar los líquidos del interior del relleno, bien mediante una red de drenaje interna o con pozos desde donde se bombee el agua.



DETALLE DE DISPOSICION DE LLANTAS PARA PROTECCION DE LA LAMINA IMPERMEABLE Y FORMACION DE DRENAJE DE GASES

Hasta el momento se han realizado pocos estudios sobre la composición de los lixiviados de un vertedero, aunque los realizados indican que aquellos son líquidos complejos de características variables, ya que la mayoría de los contaminantes en el lixiviado son solubles en agua. Los métodos convencionales de depuración de tipo químico o biológico son posiblemente los más adecuados y efectivos.

Para poder decidir si un relleno sanitario está contaminando las aguas superficiales y subterráneas pueden utilizarse una serie de pozos de observación y estaciones de muestreo para observar periódicamente la calidad del agua. Para evaluar el potencial de contaminación se necesitan datos sobre la calidad del agua, aguas arriba y aguas abajo del relleno sanitario.

#### B) *Control del movimiento de gases*

En los procesos anaeróbicos de fermentación de las basuras en un relleno sanitario, se producen una serie de gases de descomposición formados por metano, anhídrido carbónico y trazas de sulfuro de hidrógeno y otros gases.

El metano es un gas altamente explosivo que se puede almacenar embolsadas en el relleno sanitario o desplazarse y acumularse en concentraciones explosivas en alcantarillas y cavidades subterráneas cercanas. Tanto el metano como el anhídrido carbónico y los otros gases, pueden matar la vegetación al desplazar al oxígeno de la zona de las raíces. Por otro lado, el anhídrido carbónico, al pasar a ácido en su contacto con el agua, puede disolver las materias minerales y aumentar la dureza y contenido en minerales de los lixiviados y, por tanto, también de las áreas circundantes.

Por lo general, no se presentan problemas cuando los gases del vertedero se pueden dispersar en la atmósfera. Sin embargo, si la cobertura del vertedero es relativamente impermeable, el metano tratará de salir a la atmósfera moviéndose lateralmente a través de un material más permeable.

Si las condiciones hidrológicas y geológicas del terreno no son adecuadas para controlar el movimiento de los gases, habría que realizar obras que suplan estas deficiencias.

Existen los siguientes métodos para el control de los gases:

##### *- Métodos permeables.-*

El movimiento lateral de los gases puede prevenirse utilizando un material que bajo cualquier circunstancia sea más permeable que el terreno circundante para permitir el paso del gas a su través hacia la atmósfera. Para este fin se pueden emplear conductos y zanjas de ventilación rellenos de grava, cuya superficie debe mantenerse libre de tierra y vegetación que podrían impedir la ventilación.

También puede instalarse un sistema de colección de gases justo debajo de la superficie de un recubrimiento relativamente impermeable, mediante chimeneas de ventilación atravesándolo y una red de tubos colectores colocada sobre zanjas de grava, encima de la superficie de las basuras.

Para esta finalidad, también pueden utilizarse los neumáticos usados, consiguiendo de paso una mejor operación del relleno, formando:

- chimeneas de salida del biogás, apilando y atando los neumáticos, que previamente han sido rellenas en su interior con tierra. A medida que asciende la superficie del relleno se sube la chimenea

mediante la colocación de más neumáticos y se va relleno el interior de la chimenea con grava. (Ver gráfico pág. anterior)

- conductos horizontales, que se cubren con los residuos y el material de cubrición, formados por llantas colocadas en posición vertical, convenientemente atadas, sobre la superficie del relleno para facilitar la conducción del biogás hacia las chimeneas de evacuación. Estos conductos se situarán en cotas de 6 a 8 m., a medida que el relleno va ascendiendo.

Como norma general, se emplearán en las chimeneas llantas de mayor diámetro que para los conductos horizontales.

#### - Métodos impermeables.-

El movimiento de los gases en el vertedero puede también controlarse mediante materiales que sean más impermeables que el terreno circundante, en forma de barreras impermeables que retengan el gas y lo obliguen a circular hacia la superficie.

### C) Control de las temperaturas

Cuando se efectúa el vertido, recubrimiento y la posterior compactación de los residuos y tierras se inicia una fuerte fermentación aeróbica, mediante la cual se elevarán las temperaturas de la masa de reacción rápidamente. Dicha elevación de temperaturas es muy beneficiosa, ya que permite una esterilización completa, destruyendo los microorganismos que pudiesen existir en las basuras. La temperatura óptima para esta esterilización está comprendida entre los 53° y los 63° C. con una humedad del orden del 40%.

Por lo anteriormente expuesto, vemos el gran interés que tiene el control de las temperaturas, al objeto de mantener la masa de fermentación entre estos límites, durante el mayor tiempo posible.

Para realizar dicho control de temperaturas se emplean dos sistemas que a continuación vamos a citar:

- 1º).- Por termómetros, introduciendo éstos a profundidad adecuada y midiendo su escala.
- 2º).- Se introducen ampollas con parafina y ceras industriales, cuyos puntos de fusión sean entre 43° y 75°C. Dichas ampollas están introducidas en un portampollas que se protege con un tubo de polietileno provisto de fisuras laterales de forma escalonada.

Dichas ampollas se introducen en los puntos donde se quiere controlar la temperatura y al ser extraídas con el producto fundido habremos observado que hemos superado la temperatura de fusión. De esta forma, el control de temperatura se efectúa con estas ampollas y, únicamente, se utilizan los termómetros anteriormente citados cuando se quiere medir una temperatura exacta para el buen funcionamiento de la fermentación

Mediante el control de temperaturas anteriormente citado se logrará una esterilización de la masa en fermentación, ya que los microorganismos patógenos más usuales mueren a temperaturas inferiores a las que se alcanzan en las zonas en donde se hayan efectuado el vertido, recubrimiento y compactación.

El tipo de fermentación será tal que no producirá malos olores, ni gases, lo que se consigue controlando el equilibrio entre fermentación aeróbica y anaeróbica, lográndose una fermentación aeróbica moderada.

### **III.- ACONDICIONAMIENTO DEL LUGAR**

### **III.1.- ACONDICIONAMIENTO DEL LUGAR**

La planificación de un relleno sanitario debe indicar como se ha de acondicionar un terreno para realizar las operaciones de vertido de una manera apropiada. A continuación se mencionan las obras de acondicionamiento necesarias.

#### **III.1.1.- TALAS, DESBROCES Y REPLANTEOS**

Los árboles, arbustos y matas que obstaculicen la maquinaria o vehículos del relleno sanitario deben ser eliminados. Los árboles deben ser cortados a ras del suelo para que los tocones no impidan la compactación u obstruyan el paso de vehículos. Las matas o hierbas pueden ser aplastadas o arrancadas en las áreas de trabajo. Estas operaciones conviene hacerlas a medida que se va ocupando todo el lugar para evitar la erosión del terreno. La operación no debe ser indiscriminada, debiendo dejarse intacta toda la vegetación que no sea estrictamente molesta y que pueda servir como barrera visual y mejorar la apariencia del sitio.

Paralelamente se puede comenzar con las operaciones de replanteo alrededor del lugar con los mismos fines y con vistas al momento en el que el relleno sanitario se clausure y el terreno se destine a otras finalidades.

#### **III.1.2.- ACCESOS**

Deben existir accesos permanentes al relleno sanitario desde los caminos de aproximación más cercanos. En rellenos sanitarios grandes esta permanencia también debe aplicarse a los caminos que conduzcan desde la entrada a la zona de trabajo. Estos accesos deben diseñarse para manejar el volumen máximo de tráfico estimado, ser de dos direcciones o con apartaderos y con pendientes apropiadas a las limitaciones de los vehículos y equipos. Igualmente, su estructura debe ser lo suficientemente fuerte como para aguantar las pesadas cargas que han de soportar.

El firme del camino permanente estará formado por 50 cm. de material seleccionado, 20 cm. de macadam y triple riego asfáltico. Puede sustituirse el triple riego asfáltico por una capa de aglomerado bituminoso de 6 cm. de espesor.

El ancho del camino será de 7 m. y se dispondrán cunetas perimetrales en toda su longitud.

Los accesos interiores, desde el área de servicio hasta el área de vertido, se utilizan normalmente para transportar los residuos hasta el lugar exacto de vertido y dado que éste va cambiando constantemente, basta con caminos de tierra compactada con una capa superficial de zahorra de 30 cm. de espesor, que permita un buen drenaje.

### III.1.3.- CUNETA PARA RECOLECCION DE AGUAS SUPERFICIALES

Dado que el área destinada para el relleno sanitario posee unas zonas de escorrentías definidas se impone la construcción de cunetas para la recolección de aguas pluviales.

Esta cuneta recoge todas las aguas pluviales caídas en la zona donde no se ha depositado basura alguna y por lo tanto están exentas de cualquier tipo de contaminación y por consiguiente se evacuan libremente.

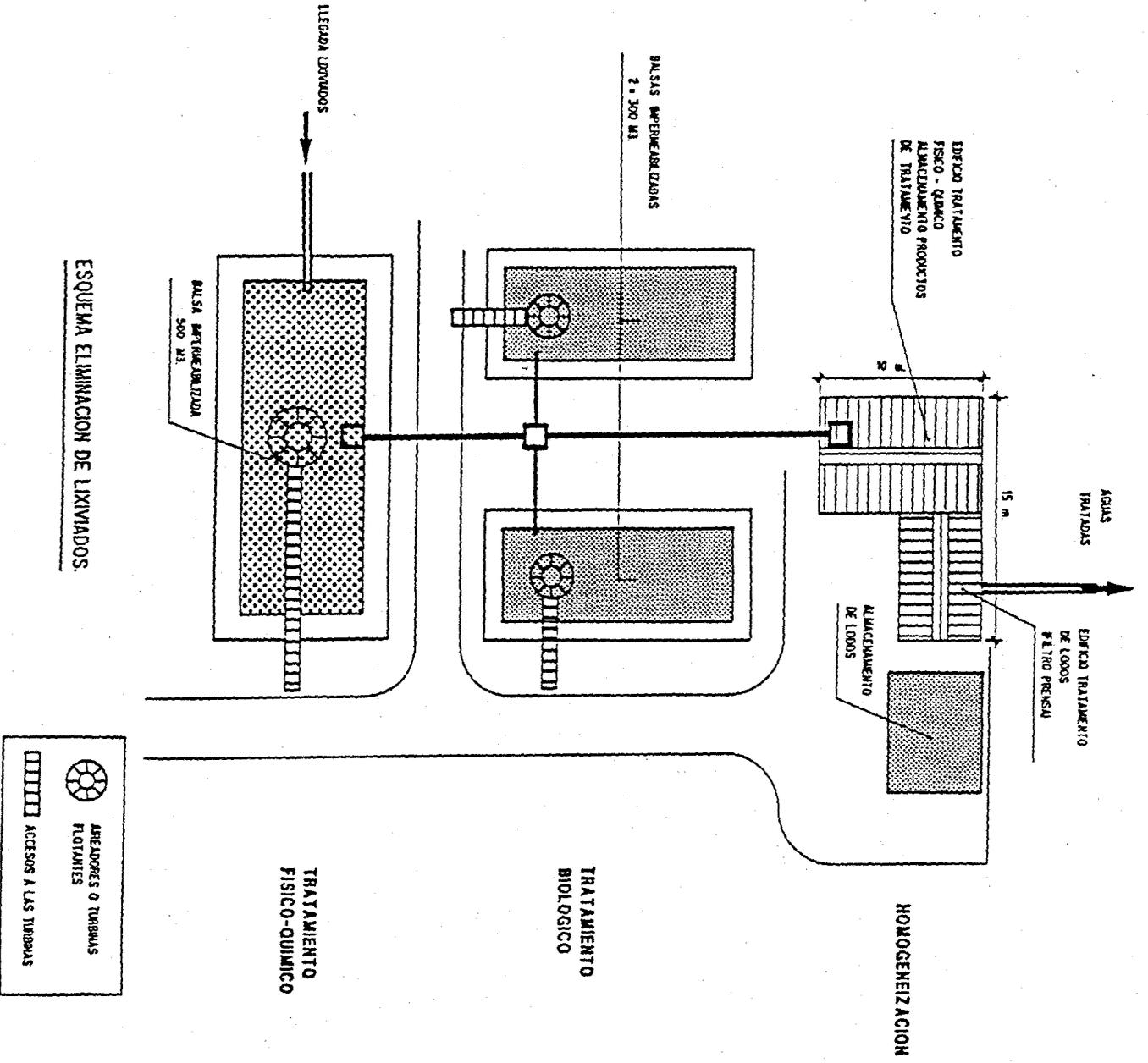
### III.1.4.- DRENAJE PARA LA RECOGIDA DE LIXIVIADOS

Para evitar que tanto las aguas pluviales que han tenido contacto con la masa del relleno, como los purines que se desprenden de la masa del vertido debido a la

humedad de los residuos sólidos urbanos, contaminen las aguas o fuentes situadas en las proximidades del relleno, se construirán unas zanjas de drenaje rellenas de áridos apropiados (grava), con lo que se consigue una reducción importante de los sólidos disueltos de lixiviados. En los tramos finales de estas zanjas de drenaje se incluyen tubos de drenaje que conducen todos los lixiviados filtrados por la acción de los áridos, a un pozo o fosa decantadora desde donde periódicamente son bombeados a la masa del vertedero para que se produzca la evaporación. A tal fin se empleará una bomba centrífuga.

A medida que la zona de vertido se va ampliando se construirán otras zanjas de drenaje similares a las indicadas anteriormente, con lo que se consigue una amplia red de drenaje, que abarca tanto la zona interior como la exterior al frente del vertido.

Opcionalmente, y como sistema idóneo se puede resolver el tratamiento de los lixiviados, mediante una planta depuradora específica, según esquema. (ver *pág. siguiente*)



ESQUEMA ELIMINACION DE LIXIVIADOS

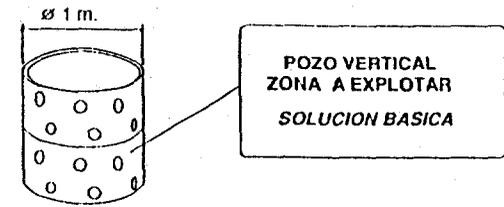
### III.1.5.- SISTEMA DE ELIMINACION DE GASES

Para la eliminación y control de los gases producidos, se instalarán pozos de captación, formados por tubos de hormigón perforado de 1 m. de diámetro. Estos pozos se reparten en toda la superficie y se colocan al tresbolillo, la distancia entre ellos será de 50 a 60 m.

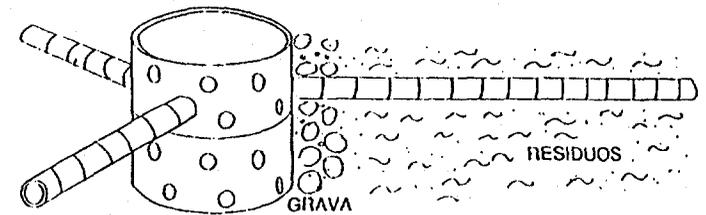
En la parte superior de cada pozo se instala un quemador.

Cuando el volumen gas producido es elevado puede interesar instalar un sistema superficial de tuberías que colecten el gas de cada pozo y lo transporten a una central de aprovechamiento.

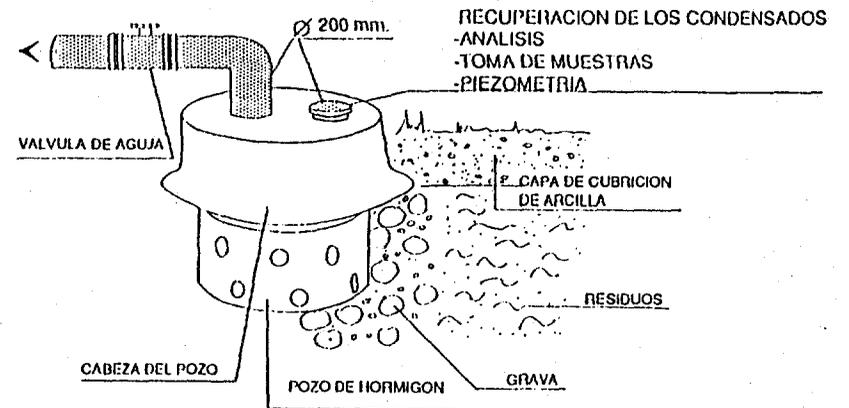
### RECOGIDA DE BIOGAS



POZO VERTICAL CON DRENAJE HORIZONTAL



CABEZA DEL POZO



### III.2.- EDIFICIOS

En todo relleno sanitario, por pequeño que sea, se precisa alguna estructura cerrada que sirva como oficina de control y archivo de datos y albergue los servicios precisos para los empleados.

Dado que el relleno sanitario debe funcionar en todo tipo de condiciones climáticas se precisa algún tipo de protección contra los elementos, tanto para el personal como para la maquinaria. El personal debe disponer de servicios sanitarios (duchas, servicios, roperos) y de un botiquín donde atender lesiones leves, así como de una habitación donde guarecerse de las inclemencias del tiempo o permanecer en los periodos de descanso.

Se debe disponer asimismo de estructuras que protejan la maquinaria cuando no está en servicio y de un pequeño taller de reparaciones y almacén de repuestos.

Los vertederos planeados para menos de 5 años puede dotarse de estructuras provisionales, preferentemente móviles, y ubicarse teniendo en cuenta el plan de operación previsto y las características del terreno e influencia del relleno sanitario.

De acuerdo con esto, se construirá una nave para refugio del material móvil, taller, almacén y para oficinas y laboratorio.

### III.3.- SERVICIOS

Todo relleno sanitario debe estar dotado de electricidad y agua, bien mediante la extensión de líneas y conducciones existentes, ó disponer de sus propios recursos (grupos electrógenos, pozos de agua potable o cisternas de abastecimiento).

Se debe disponer de agua potable, así como agua para servicios sanitarios, extinción de incendios, control de polvo y limpieza de vehículos y máquina.

También se debe disponer de comunicación por teléfono o radio.

#### a).- Sistema para la prevención de incendios

El incidente principal que puede ocurrir en un relleno sanitario es el fuego; como ya hemos indicado, este riesgo es muy grande en los rellenos sanitarios incontrolados.

Es prácticamente nulo en un Relleno Sanitario Controlado, porque la masa es compacta, y la basura se encuentra en celdas estancas y la entrada de aire está limitada, debido a la compactación. No obstante si se declara el fuego, puede subsistir una combustión lenta hasta con una débil aireación.

Es dudoso que el fuego puede producirse espontáneamente en los rellenos sanitarios controlados. Realmente, el incendio tiene origen exterior; malevolencia, imprudencia de un fumador, mal estado del tubo de escape de un vehículo, recepción de cenizas mal apagadas, etc... Hay que destacar que las basuras actuales contienen una proporción importante de elementos fácilmente inflamables, lo que puede favorecer los incendios.

Se establecerán las siguientes medidas para la prevención de incendios:

- 1º) Se formará en las cercanías del frente de vertido una franja contra fuegos de 20 m. de ancho, consistente en dejar esta franja totalmente libre de cualquier tipo de vegetación.

2º) Se mantendrá una reserva de tierra dedicada especialmente para la lucha contra incendios, distinta a la destinada para ejecución regular de la cobertura de las basuras.

*b).- Sistema de iluminación*

Si hay recolección nocturna se dotará al relleno sanitario de la correspondiente energía eléctrica, disponiendo de unos báculos o torres con reflectores, situados en el área de vertido y en el área de servicio.

*c).- Sistema de agua*

Cuando no existe en las proximidades ninguna conducción de agua, y en el terreno no existen manantiales, como se dijo antes, asimismo se colocará un depósito en la nave-almacén para suministro de agua para las instalaciones de la nave y de las oficinas.

#### III.4.- CERCADO

Un relleno sanitario debe de estar cercado, con el fin de controlar ó limitar el acceso a él de toda persona ajena al servicio, niños, así como perros ó cualquier otro animal grande. También para impedir las vistas sobre el relleno sanitario y demarcar los límites de la propiedad.

Con este fin el relleno sanitario en todo su perímetro estará cercado por una valla resistente de 2m. de altura y dotado de una puerta de 8m. de ancha y 2 de altura.

Las características principales de los materiales a emplear en el cercado son los siguientes:

- Postes de tubo de acero electrosoldado, de 48 mm. de diámetro y galvanizados en caliente con un recubrimiento de 80 micras.
- Malla de simple torsión, galvanizada o plastificado de 40 mm. de luz y 2,2 mm. de diámetro de alambre.
- Longitud total de los postes 2,4 m.
- Empotramiento de los postes 0,40 m. en zapatas de concreto de 0,3 x 0,3 x 0,40 m3.
- Separación de los postes en el terreno 3m.
- Separación de jabalcones en el terreno 30 m.
- Altura de la malla 2m.

Para controlar papeles, plásticos y trapos arrastrables por el viento se pueden utilizar vallas portátiles en las proximidades del punto de trabajo.

#### III.5.- PLANTACIONES PROTECTORAS DE ARBOLES

La idea de la existencia de un relleno sanitario de basuras no es nunca aceptada de buen grado por el público y existe un lógico temor a molestias y a una depreciación de la zona como consecuencia del mismo.

Para conseguir una buena imagen del relleno sanitario controlado es necesario una buena operación y crear un equilibrio entre las características del lugar y las operaciones de vertido con el paisaje circundante.

Una de las condiciones indispensables para conseguir un ambiente aceptable por el público es rodear el lugar con una plantación de árboles que constituyan una cortina vegetal que, además de evitar que el viento arrastre papeles y desechos de liviano peso, proteja el paisaje.

***IV.- MAQUINARIA Y EQUIPOS***

#### IV.1.- GENERALIDADES

Existe una gran variedad de maquinaria y equipos disponible para la operación de rellenos sanitarios. Los tipos seleccionados dependerá de la cantidad y tipos de residuos a manejar y los métodos de operación empleados. Dado que la inversión de capital y los costos de operación son elevados, la selección debe basarse en una evaluación de las funciones a realizar, los costos y la versatilidad de las distintas máquinas para aplicarse a varias funciones.

#### IV.2.- FUNCIONES DE LA MAQUINARIA

La maquinaria de relleno sanitarios puede clasificarse en tres categorías fundamentales:

- La implicada directamente en manejar los residuos sólidos.
- La utilizada para manejar el material de recubrimiento.
- La que realiza funciones auxiliares.

**Manejo de las basuras.** Aunque esta operación es similar a la de movimiento de tierras, al ser los residuos sólidos menos densos, más compactables y heterogéneos existen una serie de diferencias.

La energía necesaria para mover un volumen dado de basura es menor que para el mismo volumen de tierra.

Las basuras son poco compactables por vibración, debiendo hacerse su compactación aprovechando el peso de la máquina. Siendo mayor la compactación cuanto

mayor y más pesada sea la máquina, cuyo límite es la presión específica de hundimiento o cuantas más veces pase por encima de los residuos o cuanto más delgada sea la capa de éstos. El número óptimo de pasadas depende de la humedad y composición de los residuos, oscilando por lo general entre 2 y 5.

- **Manejo del material de recubrimiento.** Esta es una operación normal del movimiento y nivelación de tierras aunque no precisa un control riguroso de la humedad para conseguir el máximo de compactación. En la nivelación se debe dar la inclinación adecuada para el drenaje de la superficie. Según la naturaleza del material, se pueden utilizar máquinas con neumáticos (gravas, arenas y tierras arcillosas) o bien máquinas de cadenas, equipadas con quebrantadores de rocas si es preciso. Las condiciones climáticas pueden hacer variar las características de los materiales, debiendo utilizarse unas máquinas u otras según conveniga. Las máquinas con neumáticos no son recomendables debido a su baja flotación en las basuras.
- **Funciones auxiliares.** Un relleno sanitario requiere también máquinas auxiliares para construcción y mantenimiento de accesos, control de polvo, extinción de incendios y contribuir a las operaciones de descarga. Algunas de estas funciones pueden llevarse a cabo por la maquinaria del relleno sanitario, si es lo suficientemente versátil, mientras que otras son más específicas, debiendo disponerse de aquéllas bien de forma exclusiva o compartiéndolas con otros servicios.

#### IV.3.- ANALISIS DE LOS DIFERENTES TIPOS DE MAQUINAS

En las páginas que siguen se hará una descripción y corto análisis crítico de cada tipo de máquina y sus características.

- **Tractores de cadenas.**

Las máquinas oruga, en todas sus denominaciones reúnen todas las buenas condiciones en cuanto a tracción y flotación.

El bulldozer de cadenas es excelente para trabajos de excavación y movimiento sobre superficies inestables, aunque se mueve como máximo a 15 Km./h. en los dos sentidos.

Es excelente para distribución y nivelación de residuos, así como excavación y extensión del material de recubrimiento, sirviéndose asimismo para compactar.

La pala cargadora de cadenas es excelente para excavar, pero al ser la pala más estrecha no es tan eficaz para extender como el bulldozer. Existe una amplia gama de cucharas que pueden aplicarse a los más variables usos, tales como coger objetos como troncos de árboles, postes, o aplastar electrodomésticos y colocarlos de forma adecuada en el relleno sanitario.

Los tractores de cadenas tienen una capacidad limitada para el transporte de materiales, no siendo aplicables en distancias de más de 100 metros.

- **Tractores de neumáticos.**

Tanto los bulldozer como las palas cargadoras pueden ser también de neumáticos, lo que hace que sean más rápidas, pero menos eficaces al excavar, debido a la menor superficie de contacto con el suelo en comparación con los tractores de cadenas. Tienen igualmente menos fuerza de tracción y peor estabilidad. Su eficacia para compactar tierras es similar a la de los tractores de cadenas, ya que

aunque la superficie comprimida sobre el suelo sea menor, pueden hacer mayor número de pasadas en el mismo tiempo.

Para transporte de materiales su aplicabilidad aumenta hasta distancias de 200 metros.

Los bulldozer de neumáticos no se usa normalmente en relleno sanitarios, ya que al tener menos flotación no sirve para nivelar las basuras.

La pala cargadora de neumáticos goza de la ventaja de su movilidad, estando normalmente dotada, de una cuchara de uso múltiple, que puede usarse para cargar material de recubrimiento en camiones o incluso transportarlo a pequeñas distancias.

Los tractores, sobre todo los de neumáticos, son máquinas versátiles, que pueden usarse en otras funciones auxiliares del relleno sanitario tales como preparación de caminos, explanaciones de terreno, etc...

- **Compactadoras**

En general, estas máquinas son modificaciones específicas para relleno sanitarios de las compactadoras para construcción de carreteras y de las máquinas trituradoras de troncos.

Su estructura y motores son similares a las de los tractores, aunque normalmente de mayor tamaño, siendo su característica fundamental el poseer ruedas de acero equipadas con accesorios concentradores de carga, lo que hace que tengan mayor facilidad para aplastar y compactar que los tractores de cadenas o neumáticos.

La compactadora es una máquina excelente para extender y compactar residuos en superficies llanas o inclinadas lisas, operando relativamente bien en pendientes moderadas, pero carece de tracción para excavar. dado que puede operar a velocidades relativamente altas, en los dos sentidos, y produce densidades altas, su mejor aplicación es para extender y compactar los residuos y el material de recubrimiento.

#### - Maquinaria auxiliar

El uso de maquinaria auxiliar de movimiento de tierras y construcción de carreteras puede ser tan limitado que sea preferible compartirla con otros servicios municipales, alquilarla ó realizar las obras mediante contrata.

**V.- OPERACIONES DEL RELLENO SANITARIO**

## V.- OPERACIONES DEL RELLENO SANITARIO

Debido a que un relleno sanitario se va llenando de día a día, es preciso hacerlo de acuerdo con un plan detallado que describa las operaciones de rutina y anticipe las situaciones anormales a las que haya que hacer frente. Este plan describirá la marcha del relleno sanitario y por él se guiarán los empleados. El plan debe, de todas formas, permanecer abierto a revisión, aunque todas las modificaciones deben ser anotadas con la explicación correspondiente.

El plan de Operaciones debe describir los siguientes puntos:

### a).- Hora de operación.-

Depende de cuando se traigan las basuras, lo que se hace generalmente durante las horas normales de trabajo. Sin embargo, como la recolección de basuras es nocturna y diurna, el relleno sanitario no puede operar durante dos turnos de trabajo, pues encareceríamos la explotación; por ello, se debe estudiar cuál es el horario más apropiado.

El relleno sanitario debe estar abierto solamente mientras estén trabajando en él.

### b).- Flujo de tráfico y descarga.-

El flujo de tráfico en el relleno sanitario puede afectar a la eficacia de las operaciones en éste. Los itinerarios a seguir hacia el lugar de vertido deben estar perfectamente señalizados con letreros que dirijan a los conductores hacia las distintas zonas de vertido, en caso de que las haya establecidas para distintos tipos de residuos.

### c).- Manejo de los residuos.-

Los residuos proceden de viviendas, establecimientos comerciales, instituciones, operaciones municipales, industrias y explotaciones agrícolas, etc... Algunos de estos residuos requieren métodos especiales de manejo. Solo deben excluirse aquellos residuos que no puedan enterrarse con suficientes condiciones de seguridad.

Los residuos domésticos, comerciales e industriales suelen ser fácilmente compactables y muy heterogéneos (papel, latas, botellas, cajas, desperdicios, etc.), lo que hace que necesiten poca presión, pero a su vez actúan de colchón de las capas inferiores, que pueden no haber quedado suficientemente compactadas.

Este problema puede evitarse si se extienden en capas finas de no más de 1 m. y se compactan con varias pasadas. Los residuos muy elásticos deben verterse cerca del fondo de la celda, de forma que puedan compactarse sobre ellos los residuos más densos, debiendo hacerse pasadas hasta que el conductor perciba que la superficie ha llegado a un estado de asentamiento aceptable.

Los residuos de instituciones tales como escuelas, asilos, etc... suelen ser del mismo tipo que los domésticos.

Los restos de animales muertos si son de pequeño tamaño pueden eliminarse con el resto de los residuos. Los animales grandes deben enterrarse, preferiblemente desmembrados, en la fosa de animales muertos y deben cubrirse con cal viva y unos 60 cm. de tierra compactada.

Los residuos voluminosos tales como carrocerías de coche, electrodomésticos desechados, muebles, escombros, troncos de árboles, etc... deben ser aplastados o

troceados sobre el suelo antes de incorporarlos al relleno sanitario, debiendo colocarse en el fondo de la celda o un área especialmente destinada para ellos. Estos residuos no suelen degradarse, lo que hace que en un vertido mixto den lugar a un asentamiento desigual. Así y todo, aunque no contengan materias descomponibles, deben quedar completamente cubierto al final de cada jornada para evitar su invasión por roedores. Los escombros de características apropiadas pueden ser almacenados para su utilización en la construcción de caminos en el vertedero.

Los residuos de procesos industriales pueden ser de características tan variadas que debe obtenerse información sobre su naturaleza y de las propias industrias y determinar así la forma de eliminación más apropiada, o si deben ser excluidos. Es muy importante evaluar la influencia de estos residuos sobre el entorno, así como sobre la salud y seguridad del personal que ha de manejarlos. Estos residuos pueden presentarse bajo las formas más variadas y sus características de degradación pueden ser asimismo muy dispares.

Los materiales elásticos o arrastrables por el viento deben ser cubiertos inmediatamente. Las láminas grandes de metal, plástico o madera deben disponerse en forma paralela para evitar que queden huecos.

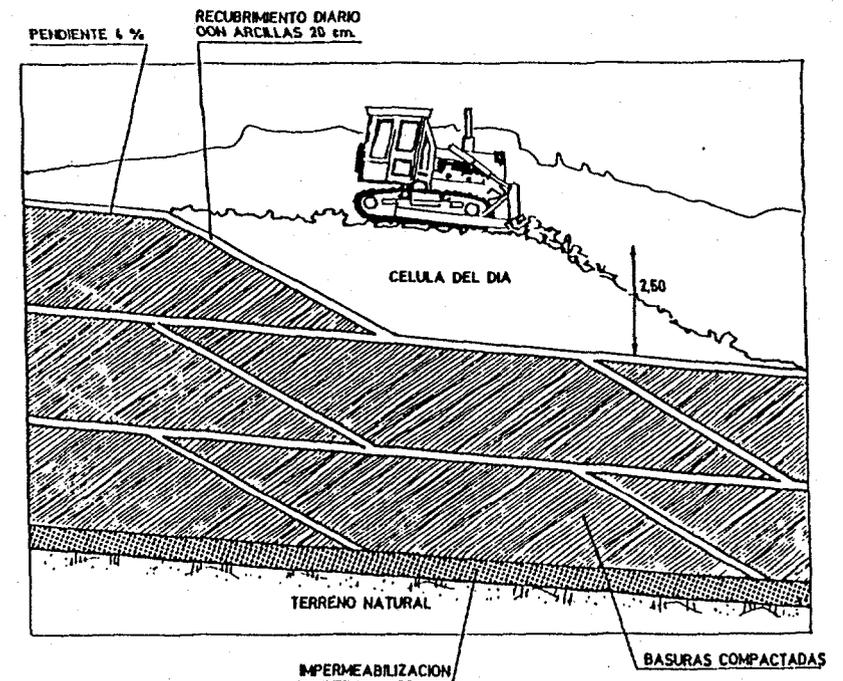
Los gránulos, virutas y polvo pueden ocasionar problemas al personal, que debe estar suficientemente protegido, y ocasionar daños por abrasión o corrosión en la maquinaria del relleno sanitario, por lo que deben ser cubiertos inmediatamente.

Los productos manufacturados defectuosos que se desechan para eliminarlos del mercado deben ser cubiertos inmediatamente para evitar que posibles rebuscadores o el mismo personal del relleno sanitario los recuperen, pues pueden producir daños y enfermedades infecciosas a los mismos.

Los residuos volátiles o inflamables (pinturas, líquidos de limpieza en seco, virutas de magnesio, etc...) en forma de polvo, sólida o líquida no son admitidos en el relleno sanitario.

Residuos tales como fangos de planta de tratamiento y depuración de aguas y estiércol animal pueden eliminarse normalmente o, en caso de estar muy húmedos, mezclarse con residuos secos absorbentes y cubrirse inmediatamente.

Residuos de carácter tóxico o radiactivo o los recipientes en que estuvieron contenidos no son admitidos en el relleno sanitario, debiendo existir agencia especializadas para su manejo.



El nivelado y las pendientes de las capas deben estar perfectamente especificadas, sin que excedan del 2 al 4% para que escurra el agua sin que produzca erosión. Los taludes laterales deben tener una pendiente inferior 1/2.

**e).- Mantenimiento.-**

El buen mantenimiento del relleno sanitario es fundamental para que su aspecto sea aceptable. Los problemas que suelen presentarse con mayor frecuencia son debidos al polvo, materiales arrastrables por el viento, ratas, moscas e incluso bandadas de pájaros.

El polvo puede ser eliminado mediante riegos frecuentes de los caminos, aplicación de materiales delicuescentes, conglomeración con aceites o con materiales bituminosos u hormigón.

El control de materiales arrastrables por el viento se consigue manteniendo un área de trabajo lo menor posible y debidamente rodeada de vallas para atrapar papeles y plásticos que se limpian todos los días.

La trituración y compactación de la basura diaria disminuye el problema de las ratas, moscas y pájaros. En caso de que el problema se presente se pueden aplicar

raticidas e insecticidas. Los pájaros son ya más difíciles de eliminar, pudiendo aplicarse varios métodos de resultado dudoso, siendo la mejor solución el mantener la zona de trabajo limitado al mínimo.

**f).- Fuegos.-**

No debe permitirse el quemado de ningún tipo de residuos en el relleno sanitario, aunque ocasionalmente se pueden producir fuegos por diversas causas.

Ya está previsto, como se detalló antes, el sistema para el control de fuegos, tanto localizados como más extensos estando el personal y equipos debidamente preparados para hacer frente a cualquier contingencia.

El material de recubrimiento sirve de aislante en fuegos localizados que se puedan apagar con un extintor portátil. En fuegos más extensos los residuos deben ser esparcidos, regados con agua y recubiertos de tierra.

En caso de que un camión traiga residuos ardiendo, debe ser desviado lejos de la zona de trabajo hacia un área en que se puedan descargar los residuos y extinguirse al fuego.

**VI.-CLAUSURA DE UN RELLENO SANITARIO CONTROLADO**

## **VI.1.- GENERALIDADES**

La recuperación de terrenos mediante relleno y elevación del nivel del suelo es uno de los mayores beneficios que producen los rellenos sanitarios controlados. El relleno sanitario, una vez completo, puede ser utilizado para otros fines.

Vamos a comentar brevemente algunas de las características que reúne el relleno sanitario, así como los posibles usos a dar al terreno. Un concepto fundamental es planificar la utilización posterior conjuntamente con las distintas fases de planificación y explotación del relleno sanitario.

## **VI.2.- CARACTERÍSTICAS DE UN RELLENO SANITARIO**

El relleno sanitario está formado por celdas y niveles que contienen una gran variedad de materiales de características físicas, químicas y biológicas muy heterogéneas y de descomposición muy desigual, por lo que se ha de hacer una planificación cuidadosa en cuanto a control de agua y gases, configuración de las celdas, materiales de recubrimiento y mantenimiento periódico.

### **a).- Descomposición.-**

La mayoría de los materiales del relleno sanitario se descomponen, aunque en proporciones muy variables. Los desperdicios domésticos lo hacen rápidamente, produciéndose ácidos orgánicos que aceleran el proceso. Residuos vegetales, papeles, maderas, cueros y textiles se descomponen a velocidades progresivamente menores. Los residuos metálicos pueden estar bien compactados y se oxidan lentamente con ayuda de los ácidos orgánicos procedentes de la descomposición de los desperdicios domésticos. El cristal y materiales cerámicos no se

degradan, aunque ofrecen una buena compactación. Los plásticos y gomas no son degradables y además difíciles de compactar. Las piedras, cenizas y escombros no se descomponen, pero pueden ser fácilmente compactados.

#### b).- Densidad.-

La densidad de un relleno sanitario es bastante variable debido a los distintos materiales que los constituyen y al grado de compactación y descomposición de éstos. Generalmente se puede conseguir una densidad media de 800 Kg./m<sup>3</sup>. En el relleno sanitario se pueden presentar áreas duras y blandas debido a los materiales subyacentes. La densidad afecta características tales como el asentamiento y la resistencia del terreno.

#### c).- Asentamiento.-

Los asentamientos en el relleno sanitario se producen como consecuencia de la descomposición de los residuos, filtrado de los finos, relleno de huecos, cargas superimpuestas y por su propio peso o el de las estructuras colocadas sobre él.

El asentamiento es paulatino a lo largo del tiempo, hasta que cesa después de un período determinado.

La descomposición de los residuos se ve acelerada por el contacto con el agua y, por tanto, también el asentamiento del relleno sanitario, que es más lento si el agua que percola lo hace en cantidad limitada, lo cual es función de las condiciones climáticas de la zona.

El asentamiento dependerá del tipo de residuos eliminados, tipo de material de recubrimiento y proporción volumétrica entre ambos, grado de compactación, etc...

El asentamiento puede producir grietas en el material de recubrimiento, lo que hace salir los residuos al exterior, con posibilidad de invasión de ratas e insectos, infiltración de aguas y evacuación de gases. También pueden producirse depresiones donde se acumula el agua o se infiltre a través del vertedero.

El asentamiento puede hacer tambalear, o incluso hundir, a las estructuras construidas sobre el relleno sanitario, así como dañar las conducciones de servicio que surcan aquéllas.

Dado que todo relleno sanitario se asienta, su superficie debe ser inspeccionada periódicamente, añadiendo material de relleno para nivelarla siempre que sea preciso.

#### d).- Resistencia.-

La resistencia o tensión admisible de un relleno sanitario es la medida, expresada como carga por unidad de superficie (Kg/cm<sup>2</sup>), de su capacidad para sostener cimentaciones y mantenerlas intactas.

Aunque existen muy pocos datos sobre este aspecto, la tensión admisible suele oscilar entre 0,25 y 0,40 Kg/cm<sup>2</sup>. De todas formas, ya que no existe un procedimiento específico para la interpretación de los resultados, los valores obtenidos deben utilizarse con mucha precaución.

#### e).- Gases.-

La producción de gases continua una vez completado el relleno sanitario, pudiendo acumularse en el suelo, o en las estructuras, causar explosiones o dañar la vegetación.

El diseño del sistema de control de gases debe ajustarse a la utilización final planeada para el relleno sanitario relleno y evitar así problemas.

**f).- Corrosión.-**

Los productos de descomposición de un relleno sanitario son muy corrosivos, lo que hace que las conducciones enterradas en él deben resistir esta acción, debiendo protegerse igualmente todos los materiales estructurales, susceptibles de corroerse.

**VI.3.- USOS DEL RELLENO SANITARIO UNA VEZ COMPLETO**

Existen varias utilidades apropiadas a dar a un relleno sanitario una vez relleno y cada una de ellas debe ser evaluada bajo los puntos de vista técnico y económico en la planificación general del relleno sanitario.

**a).- Zona verde.-**

Este es uno de los usos más corrientes, ya que no requiere la construcción de estructuras complicadas y cumple la función social para la comunidad.

Se requiere un mantenimiento periódico de su superficie, así como un control de los gases y aguas procedentes del relleno sanitario y mantenimiento de los drenajes de éstas.

Dependiendo del grosor y tipo de material de recubrimiento, se elegirá el tipo de vegetación. Plantas de raíces poco profundas, tales como algunas hierbas, flores y arbustos, en los casos en que la capa final sea fina. También influirá el clima de la zona en la sección de la cobertura vegetal.

Deben considerarse las necesidades de riego y segado. en general, no es aconsejable regar la superficie del relleno sanitario, debido al agua que se puede infiltrar en el mismo.

**b).- Zona agrícola**

El terreno del relleno sanitario puede hacerse productivo, convirtiéndolo en pastos o zona agrícola. En este último caso la capa final de material de recubrimiento debe ser de características y grosor apropiado para cada tipo de cultivo.

En este caso es conveniente colocar una primera capa de material impermeable (arcilla), justo encima de los residuos, y tierra vegetal en las demás capas.

**c).- Construcción**

Esta es una de las aplicaciones más problemáticas a dar al relleno sanitario, debiendo elaborarse muy cuidadosamente los planos que se hagan a este respecto.

En cualquier caso, los costes de diseño, construcción y mantenimiento de edificios son considerablemente mayores que cuando se hacen sobre un suelo normal.

Se puede planear el relleno sanitario de forma que queden islas de terreno original donde asentar las estructuras. También se pueden hacer islas artificiales sobre el relleno sanitario, bien por vertido y compactación de material adecuado sobre los residuos, o excavando y rellenando. Aunque ésta es una técnica muy costosa e inconveniente, pueden también utilizarse pilotes que atraviesen el relleno sanitario y se entierren en el terreno, para soportar la estructura; pero en

este caso hay que considerar cuidadosamente todos los tipos de tensiones a que estarán sometidos y también el problema de la corrosión.

Generalmente, lo que suele construirse son estructuras ligeras, especialmente diseñadas para que resistan las posibles variaciones de asentamiento. Las carreteras, aparcamiento y caminos deben pavimentarse con un material flexible y de fácil reparación.

No sólo son problemas estructurales los que se presentan, sino también los producidos por los gases del relleno sanitario. Las estructuras deben quedar aisladas de la influencia de los gases, o bien estar dotadas de tuberías por donde éstos puedan salir al exterior.

Las conducciones de servicio a los edificios deben ser igualmente flexibles, no corroibles y estar dispuestas de forma que una variación en su asentamiento no impida su funcionamiento normal.

#### **d).- Areas de recreo**

Los rellenos sanitarios rellenos pueden utilizarse también para instalaciones de tipo recreativo, tales como campos de golf o de fútbol, parques, pistas de patinaje, teatros al aire libre, etc., que sólo requieran estructuras ligeras que no presentan demasiados problemas de construcción.

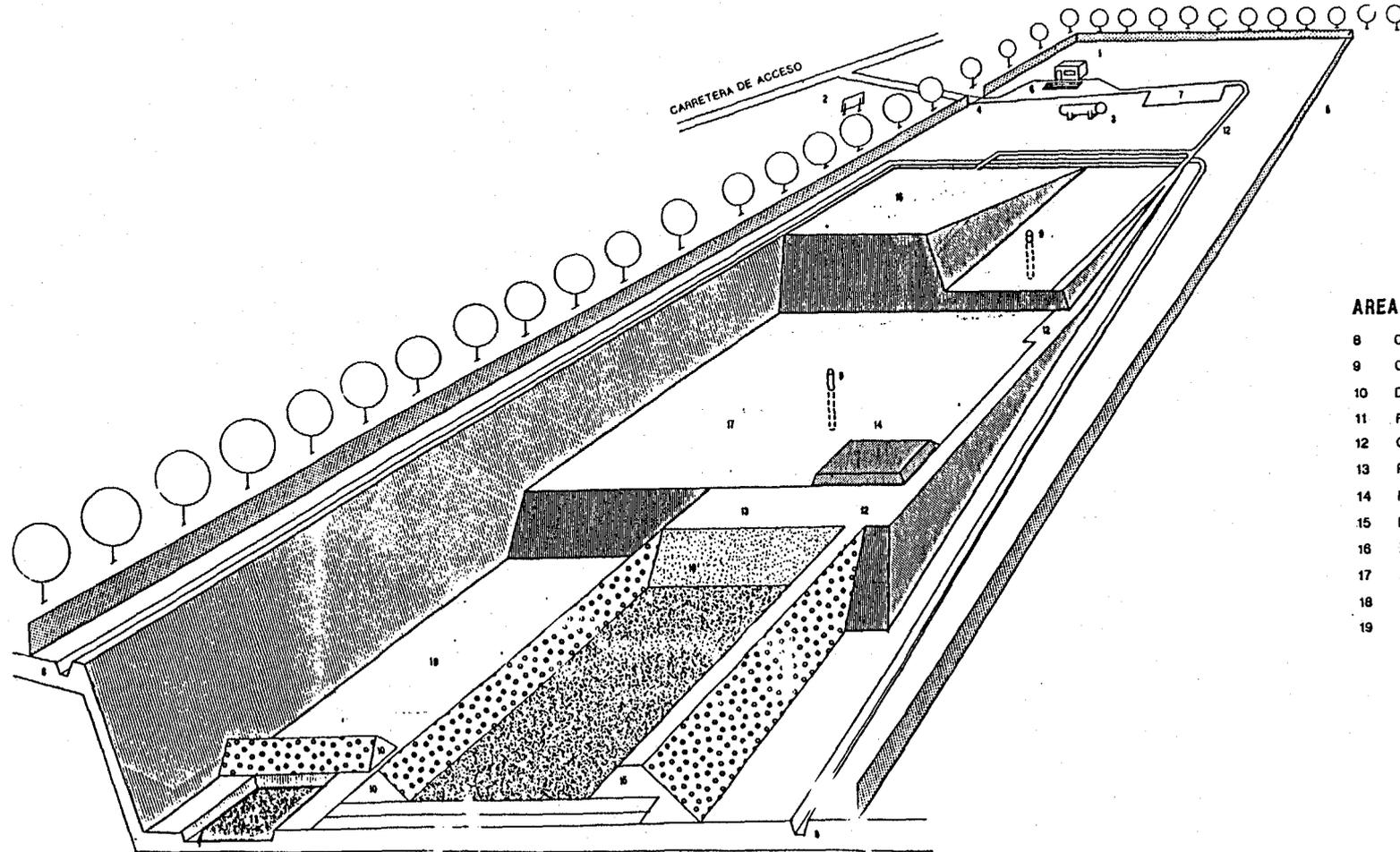
En estos casos el mantenimiento del terreno debe ser más cuidadoso, debido a la alteración intensiva que puede sufrir con el uso. Un mantenimiento periódico requiere nivelación, siembra y relleno de material de recubrimiento.

En las páginas siguientes se incluye una información gráfica sobre sistemas de rellenos sanitarios controlados.

#### **VI.4.- INFORMACION GRAFICA**

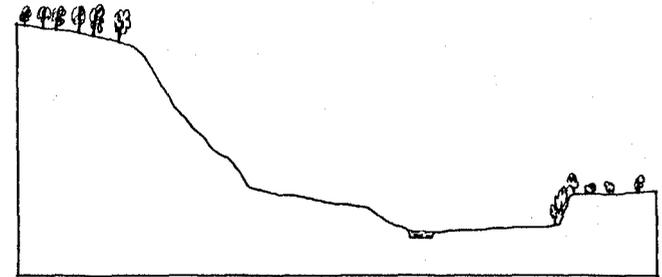
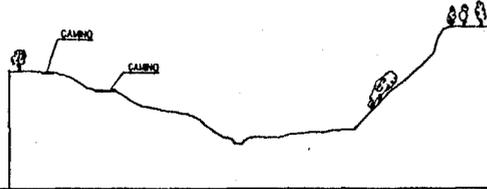
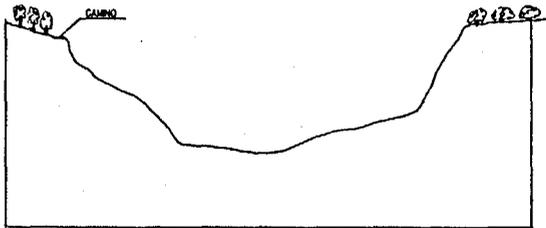
### AREA DE SERVICIO

- 1 PUESTO DE CONTROL
- 2 SEÑALIZACION
- 3 CISTERNA DE AGUA
- 4 PUERTA DE ACCESO
- 5 CERRAMIENTO
- 6 BASCULA
- 7 APARCAMIENTO

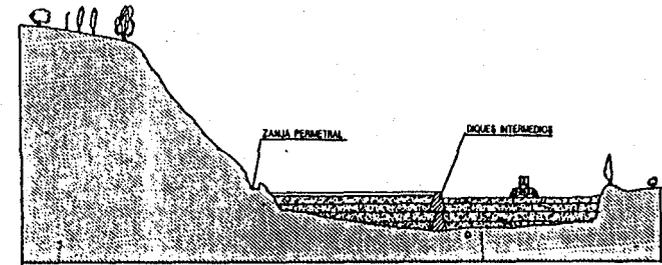
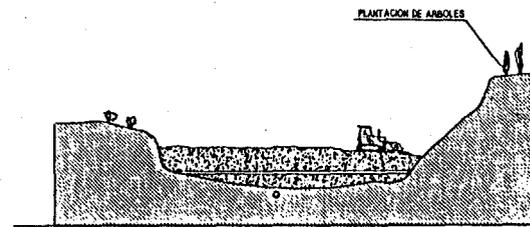
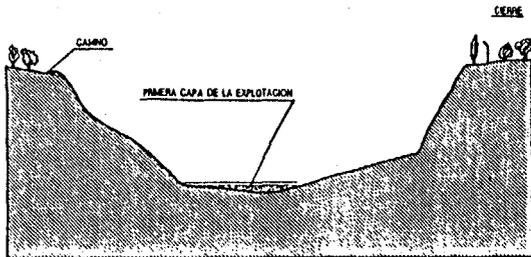


### AREA DE EXPLOTACION

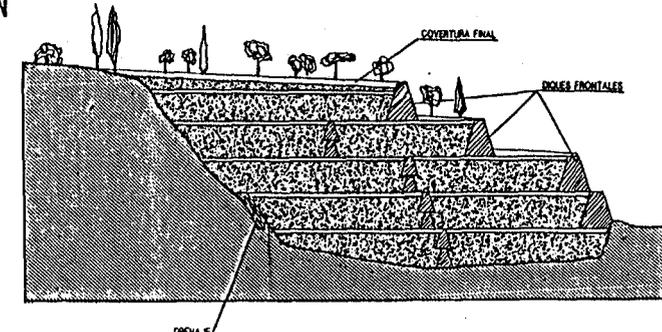
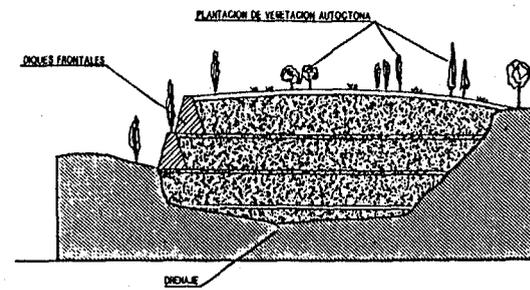
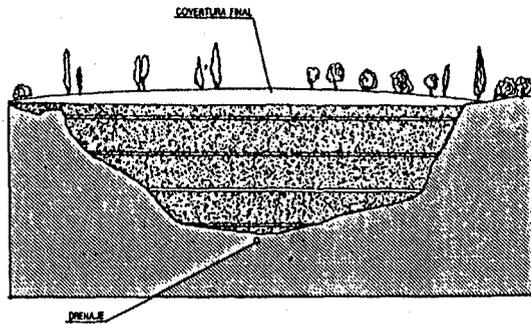
- 8 CUNETON PERIMETRAL
- 9 CHIMENEAS DE DESGASIFICACION
- 10 DIQUES INTERMEDIOS
- 11 FOSA DE DECANTACION
- 12 CAMINO DE EXPLOTACION
- 13 PLATAFORMA DE DESCARGA
- 14 RESERVA DE TIERRA
- 15 DIQUE PRINCIPAL
- 16 ZONA RELLENA
- 17 ZONA INTERMEDIA
- 18 ZONA EN EXPLOTACION
- 19 ZONA EN PREPARACION



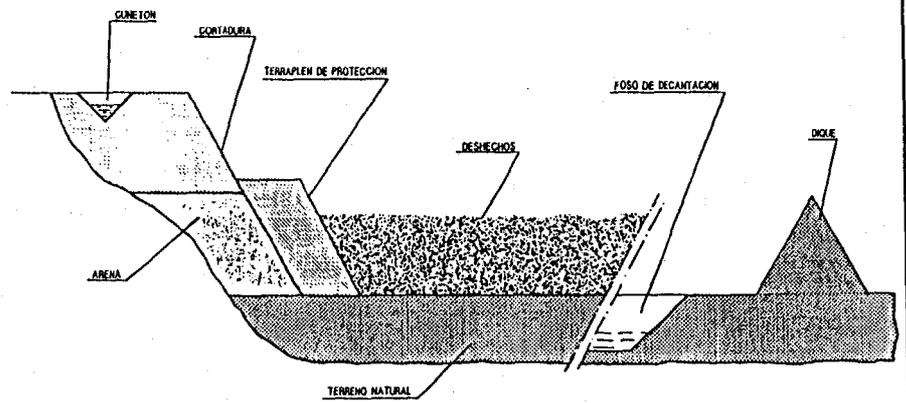
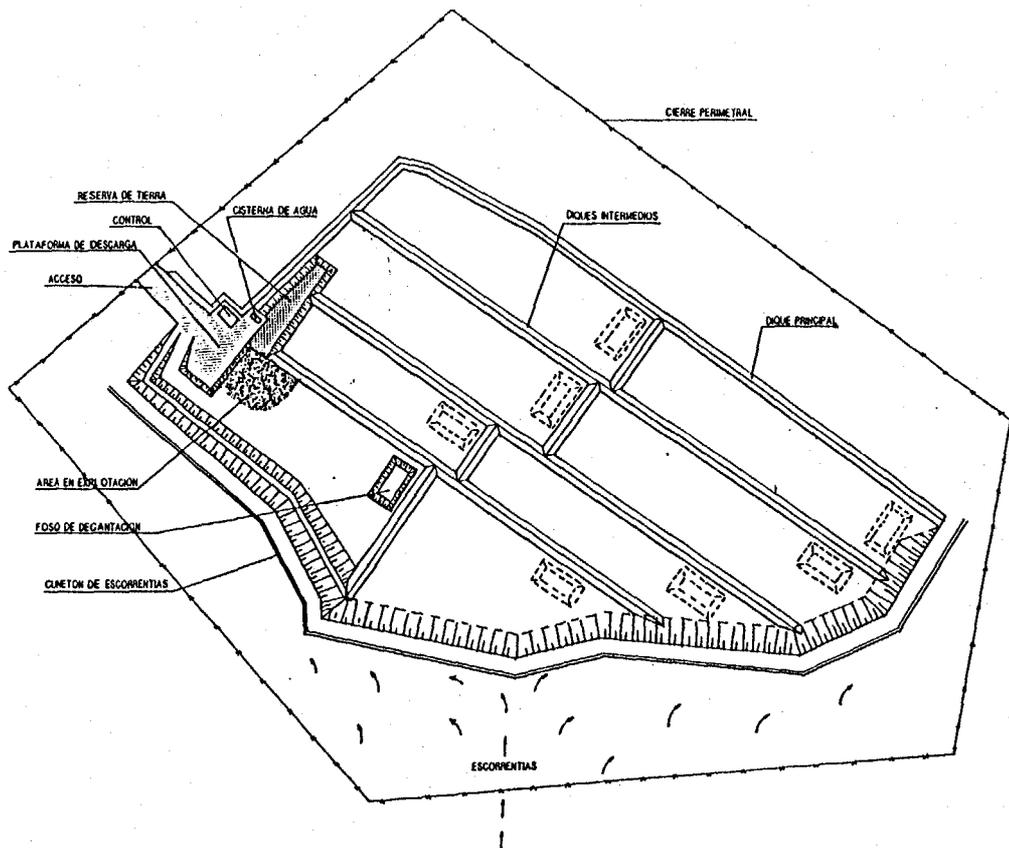
PERFIL ESQUEMATICO (ESTADO ACTUAL)



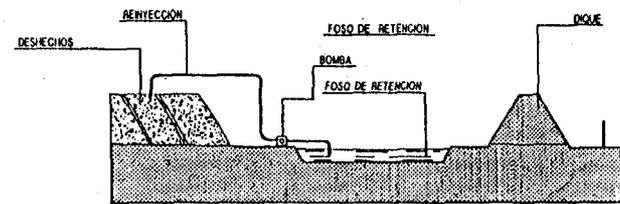
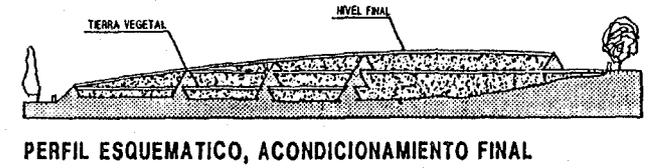
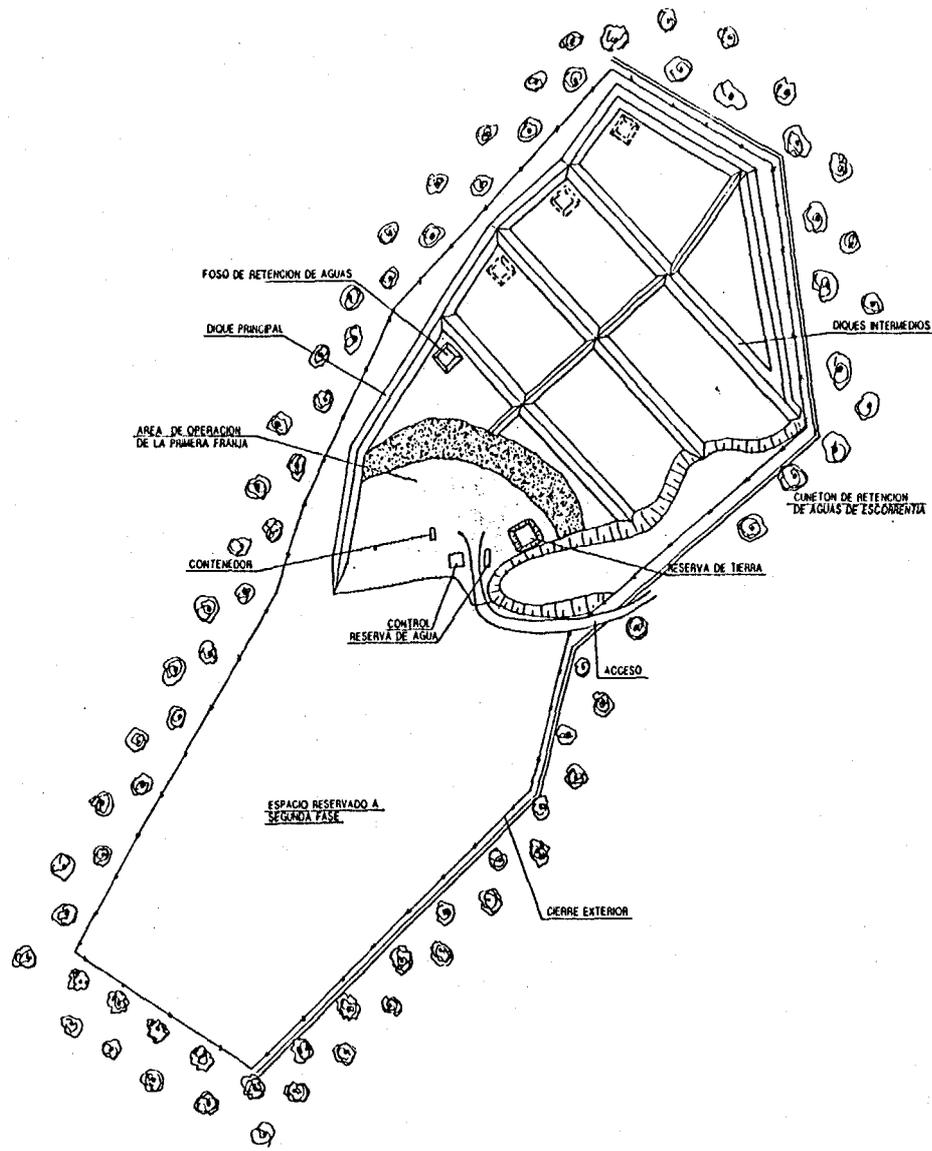
PERFIL ESQUEMATICO EN CURSO DE EXPLOTACION

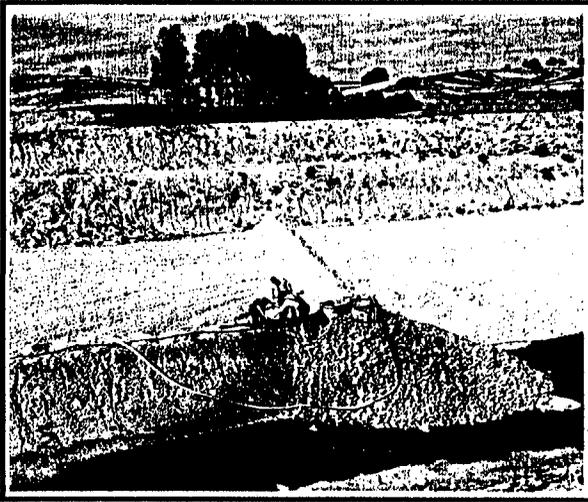


PERFIL ESQUEMATICO DESPUES DE LA EXPLOTACION

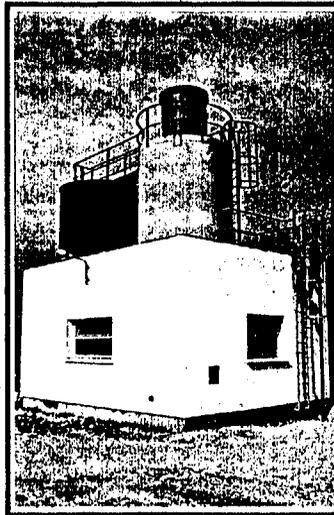


**SECCION ESQUEMATICA**

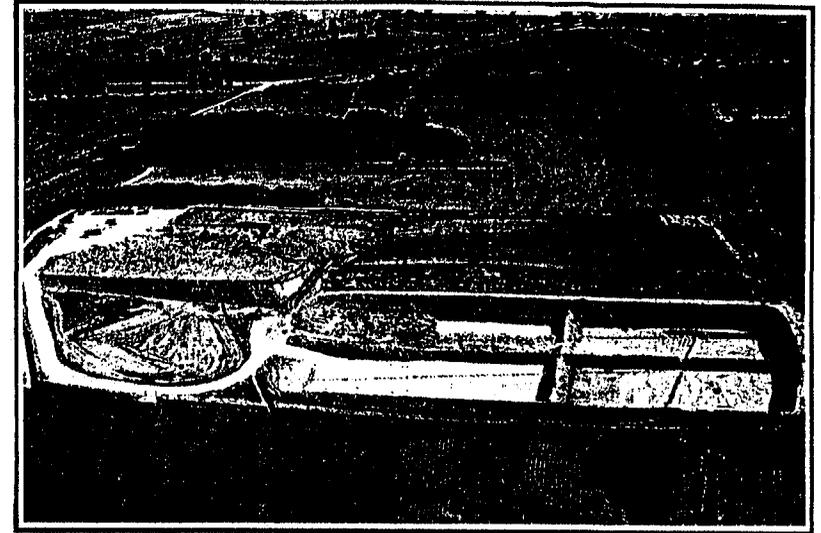




CONSTRUCCION DEL DRENAJE Y POZO DE BOMBEO DE LIXIVIADOS ▲



PLANTA TRATAMIENTO FISICO-QUIMICO ▲  
DE LIXIVIADOS

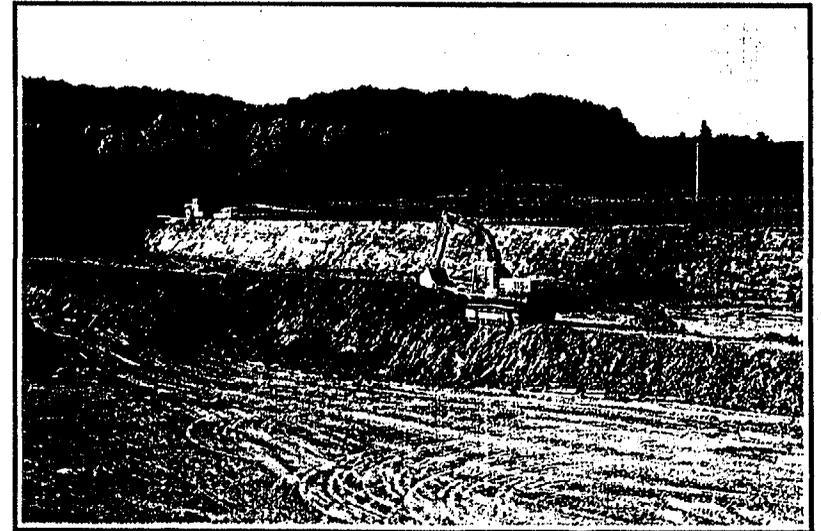


OPERACION DE UN RELLENO SANITARIO - VISTA GENERAL ▲

INSTALACION DE LA PLANTA DE LIXIVIADOS ▼



PREPARACION DE LA ZONA DE VERTIDO ▼



**VII.- GESTIÓN DE UN RELLENO SANITARIO CONTROLADO**

## **VII.- GESTION DE UN RELLENO SANITARIO CONTROLADO**

La magnitud del trabajo a llevar a cabo en un relleno sanitario y el área servida determinarán la amplitud de la operación.

La finalidad de los gerentes será consolidar y coordinar todas las operaciones a realizar y los recursos necesarios para eliminar os residuos de la forma más eficiente posible.

### **- Personal**

Los puestos de trabajo en un relleno sanitario son fundamentalmente de dos tipos:

- Técnico y administrativo: gerencia, ingeniería, administración, contabilidad, archivo y secretariado.
- Operativo: pesaje, manejo de equipos, mantenimiento de equipos, control y peonaje.

El personal técnico debe recibir una preparación adecuada y una descripción de sus responsabilidades, así como sus instrucciones para hacer frente a las emergencias que pudieran presentarse.

El personal técnico y administrativo estará en las oficinas centrales, pues no va a tener una dedicación exclusiva para el relleno sanitario, lo cual encarecería la operación, sino que dedicará parte de su tiempo a este menester.

### **- Relaciones públicas**

Los rellenos sanitarios, por ser considerados generalmente como explotaciones insalubres, pueden presentar problemas en relación a la actitud del público hacia

ellos, al asociarlos mentalmente con las típicas escombreras y relleno sanitarios incontrolados. Una de las funciones más importantes a realizar por la gerencia es la de informar al público de la razón de ser del relleno sanitario y de las ventajas que reporta, así como de las medidas que se toman para que las operaciones sean lo más inicuas posibles.

Los medios de información pública a utilizar, además de los normales de comunicación de masas, pueden ser los propios vehículos de recolección, los recibos de las tasas, etc..., así como campañas regulares de información pública utilizando canales adecuados.

Un punto clave en las relaciones públicas es el dar un tratamiento apropiado a las posibles quejas del público, dando las explicaciones necesarias y resolviendo los problemas que se presenten, de forma que se mejore la imagen pública de la operación de vertido.

Un relleno sanitario representa un método positivo y no muy costoso para que el Municipio elimine sus residuos sólidos, salvaguardando el entorno. Lo cual se consigue mediante un diseño, operación y gestión adecuadas.

No obstante, se debe tener en cuenta que la degradación de algunos materiales como plásticos, cartonajes, etc...es muy prolongado. Por esta razón, el relleno sanitario es un método relativamente incompleto en cuanto a la eliminación total de este tipo de residuos, que es preferible reciclar o incinerar para hacerlos desaparecer totalmente. Con ello se quiere reafirmar la idea de que no existe un método único que pueda tratar de un modo económico y definitivamente racional el grave problema que supone eliminar del ambiente residuos tan complejos y dispares como pueden ser por ejemplo los restos orgánicos cargados de humedad y los envases de PVC de alta persistencia.

6 bis.- RELLENO SANITARIO  
DE PACAS DE ALTA DENSIDAD

## **RELLENOS SANITARIOS DE PACAS DE ALTA DENSIDAD**

### **INDICE**

- 1.- INTRODUCCION**
- 2.- SITUACION ACTUAL DE LOS RELLENOS SANITARIOS CONVENCIONALES**
- 3.- EL SISTEMA DE PACAS DISMINUYE LA CRISIS DE LOS RELLENOS**
- 4.- PLANTA DE PENSADOS DE R.S.M. DESCRIPCION DEL SISTEMA**
  - 4.1. CALCULO DE LA TASA DE PRODUCCION DE UNA MAQUINA EMPACADORA**
  - 4.2. RELACION ENTRE LA PRESION DE EMBALAJE Y LA DENSIDAD DE LA PACA**
  - 4.3. COMPORTAMIENTO DE LAS PACAS DE ACUERDO A LA COMPACTACION USADA**
  - 4.4. EVALUACION DEL SISTEMA DE PACAS EN PLANTAS COMPACTADORAS**
    - 4.4.1. RESUMEN DE LOS RESULTADOS**
    - 4.4.2. EJEMPLO DE PACA DE EMPACADO**
      - a) Naturaleza de los residuos en la alimentación.
      - b) Caracterización de las pacas producidas.
      - c) Red de transporte y operación en el relleno (Balefill)
      - d) Optimización de tiempos en la planta de empacado y red de transporte.
      - e) Costos.
      - f) Monitoreo de celdas de prueba

6.- EXPERIENCIAS DE RELLENOS SANITARIOS DE PACAS EN DISTINTOS  
PAISES

- a) Texas (EE.UU.)
- b) Long Island (EE.UU.)
- c) Wyo y Nebraska (EE.UU.)
- d) Düsseldorf (Alemania)

7.- CONCLUSIONES

8.- DISEÑO Y DIAGRAMA DE FLUJO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE  
LIQUIDOS ESCURRIDOS DEL SISTEMA DE LAS COMPACTADORAS DE  
R.S.M. EN PACAS.

9.- INFORMACION GRAFICA

## **1.-INTRODUCCION**

El principal objetivo de la gestión de los residuos sólidos municipales es eliminarlos y reciclarlos. Si esto se consiguiera, sería notable la reducción en la cantidad de basuras que requieren almacenamiento final.

Considerando el progresivo aumento de la tasa de generación per cápita de R.S.M. y el incremento de la distancia entre las grandes zonas productoras y las instalaciones de eliminación, la importancia que adquiere el ahorro de terreno para la eliminación y el transporte es crucial. El objetivo a largo plazo debe ser siempre reducir las cantidades de residuos y disminuir su volumen.

Bajo el interés actual de prolongar la vida de los rellenos sanitarios el sistema de pacas se convierte en una de las mejores tecnologías innovadoras para la gestión de los residuos sólidos municipales.

## **2.- SITUACION ACTUAL DE LOS RELLENOS SANITARIOS CONVENCIONALES**

Los problemas derivados de la falta de conocimiento del tiempo exacto de vida de un relleno sanitario y sus altas emisiones potenciales, contribuyen a una menor aceptación pública del mismo.

Durante su operación los rellenos sanitarios pueden generar distintos niveles de emisiones, de los cuales por su relevancia como contaminantes del medio ambiente los principales son los lixiviados (aprox. 5 m<sup>3</sup>/ha.d) y el biogás (aprox. 150 m<sup>3</sup>/t). Además de otros problemas como son el arrastre de papeles y plásticos en las inmediaciones,

gran número de pájaros, insectos, olores indeseables, tráfico, polvo y una apariencia no muy estética.

Esto se suma a que pueden producirse fuertes hundimientos (20-25%) como consecuencia de los procesos de degradación biológica.

Es imposible predecir el comportamiento a largo plazo de los rellenos, con un cierto grado de certeza. Solo cuando la composición del lixiviado ha alcanzado los valores de la del agua subterránea circundante, puede detenerse la supervisión de un relleno sanitario en cuanto a monitoreos y analítica. En 1992 Baccini y Belevi predijeron que concentraciones elevadas de cloruros y fosfatos pueden estar presentes en el lixiviado de un relleno por cientos de años, y que los compuestos orgánicos posiblemente continuarán lixiviando por más de 1000 años. En la figura siguiente, se muestran las predicciones del tiempo que debería transcurrir para que el lixiviado alcanzara la calidad del agua subterránea circundante.

C. orgánico			**	**
N		**		
F	*****			
P			****	
S	*****			
Ca,Cu,Ig,Pb,Zn			**	
	1	10	100	1.000
	10.000 tiempo(años)			

(Baccini y Belevi, 1992)

Estos pronósticos han sido hechos sin tener en cuenta una cobertura superficial, lo cual podría prolongar aún más el período de emisión. Además, no se ha considerado que un relleno sanitario con el transcurso del tiempo puede volverse aerobio completa o parcialmente, y que ciertos compuestos fijados anaeróbicamente pueden ser liberados en condiciones aerobias (por ejemplo, sulfuros de metales y pesados).

Los rellenos sanitarios debe construirse de forma que las emisiones de contaminantes a largo plazo sean minimizadas, por esta razón son preferibles los rellenos secos, donde los residuos han perdido un porcentaje de humedad previamente (por compactación en pacas) y el proceso de degradación puede controlarse modificando las variables físico-químicas del sistema.

Este sistema ofrece una solución consistente al problema de la abundante producción de lixiviados. Aparte de los factores ecológicos hay un aspecto económico asociado y es que debido a que los lixiviados tienen que ser tratados por un tiempo muy prolongado (probablemente cien años), los altos costos de tratamiento son atenuados.

El uso de este sistema asegura muy pocas emisiones, y los factores adversos de apariencia de un relleno sanitario convencional pueden evitarse. En la mayoría de los casos la integración de una estación de transferencia puede reducir el flujo de vehículos. Por otro lado las pacas prismáticas se pueden transportar y apilar con facilidad.

El tratamiento de residuos por el Sistema de pacas asemeja una fábrica o instalación industrial lo cual aumenta la aceptación pública de la instalación.

### 3.-EL SISTEMA DE PACAS DISMINUYE LA CRISIS DE LOS RELLENOS SANITARIOS

Los beneficios que produce el empaquetar los R.S.M. antes de colocarlos en el relleno sanitario, son los siguientes:

- a) Se extiende la vida del relleno sanitario. Desde el punto de vista económico, se consigue colocar entre un 25 a 30% más de residuos en el mismo espacio que con

el sistema convencional de relleno, compactando entre 800 a 1.000 kg/m<sup>3</sup>, según el sistema. (Bill Gibson, WASTE AGE, IX/1988).

- b) Se evitan los problemas de dispersión de residuos por el viento.
- c) La descomposición de los residuos se vuelve más lenta. La generación de gas y lixiviados es significativamente menor que en un relleno sanitario convencional, porque teóricamente el contacto entre la humedad y el residuo se reduce.
- d) Disminuye la concentración de compuestos orgánicos biológicos en el lixiviado del relleno sanitario.
- e) Los problemas de hundimientos en el relleno se reducen, por la mayor densidad y consistencia de las pacas.
- f) Se necesita menos material de cobertura. La reducción de volumen de los residuos implica un 20 a 30% menos de cobertura diaria. Frecuentemente sólo es necesario cubrir la parte superior de la pila de pacas, dejando el frente descubierta o cubierto con una película plástica. El frente de trabajo (120 pacas ó 200 m<sup>2</sup>) expuesto es más pequeño que un relleno convencional.
- g) Un relleno sanitario de pacas tiene menos problemas que uno convencional ante condiciones climáticas extremas (estaciones lluviosas).
- h) Mejora el control de las operaciones en el relleno pues al reducir el área abierta, se asegura la eliminación de las recolecciones furtivas y el tráfico de vehículos queda limitado a la zona de trabajo.
- i) El relleno de pacas no ofrece ninguna posibilidad de anidamiento a roedores ni aves.

- j) Un relleno de pacas ofrece menos rechazo de la opinión pública, ya que hay menos basura expuesta.
- k) Inspección del residuo: las cintas transportadoras facilitan la pepena, así como la eliminación de elementos peligrosos para el empacado. La misma empacadora puede utilizarse para compactar el material seleccionado. El transporte del material empacado se simplifica.
- l) Se reducen las necesidades de maquinaria en relleno sanitario.
- m) En situaciones específicas este sistema puede ser compatible con otros de eliminación de residuos y formar parte de una estrategia de gestión de residuos integral.

Frente a estos beneficios, hay unas pocas desventajas:

- a) Los costos de inversión inicial pueden ser mayores.
- b) A menos que se instalen dos compactadoras cualquier problema en la máquina podría romper el circuito, lo cual haría necesario disponer de un área de trabajo distinta, esta misma área podría destinarse al vertido de residuos de construcción y otros no embalados. (WORLD WASTES, X/1992).

Como resumen, se reseña el siguiente comentario de Ralph Stone para un proyecto de la EPA:

"El sistema empacadora-relleno de pacas de alta densidad de R.S.M. extiende la vida útil de los rellenos incrementando la densidad in-situ en un 60%. El sistema ha mejorado la relación efectividad-costes de la recolección y ha incrementado las oportunidades de recuperación de materiales ya que provee una instalación centralizada de transferencia.

Las pacas reducen el impacto ambiental negativo en el relleno sanitario, incluyendo la posibilidad de hundimientos y reduce los olores, insectos, peligro de autoignición, tráfico, adición de tierra, contaminación atmosférica, residuos sueltos y condiciones peligrosas para el personal.

La mejora en la eficiencia operativa se debe a menores requerimientos de equipo de labor, de personal y de cobertura de tierra y al potencial uso del lugar post-clausura ya que aumenta la estabilidad desde el punto de vista geotécnico y disminuye el tiempo de estabilización previo al uso del terreno".

#### **4.-PLANTA DE PRENSADO DE R.S.M. DESCRIPCION DEL SISTEMA**

La planta tiene como misión principal la confección de pacas de alta densidad con los R.S.M. Consta principalmente de una cinta alimentadora metálica y una prensa continua automática. La capacidad y dimensiones de esta planta están en función de las necesidades específicas de cada instalación.

Una empacadora es una máquina que usa la fuerza de un pistón hidráulico para compactar los residuos o materiales reciclables en una cámara estacionaria a alta presión. La paca producida es un cubo comprimido que puede ser apilado, almacenado, o transportado por un elevador de carga o una máquina cargadora frontal.

El sistema compactador está compuesto por una o más unidades que pueden procesar de 20 a 70 toneladas/hora, dependiendo del modelo y tamaño de la máquina. Cada empacadora posee un pistón compactador principal, un pistón de eyección, una cámara de compactación, motores eléctricos, un depósito hidráulico y un sistema de refrigeración hidráulico. Para R.S.M. generalmente el pistón es horizontal y el de

eyección es más pequeño y empuja a la paca desde la cámara de compactación una vez que se ha formado.

El sistema requiere una cinta transportadora que alimente el cargador de la compactadora. El área de operación debe contemplar una zona de descarga de los residuos y un área post-compactación para cargar los camiones o plataformas que transportan las pacas al relleno sanitario.

La construcción de la zona, (1000-14000 m<sup>2</sup>/100 t. de RSM) debe incluir:

- Suelo de hormigón.
- Cubierta de la cinta transportadora para mejorar las condiciones ambientales de la pepena.
- Drenaje del suelo y lavado.
- Fosa de mantenimiento para acceder a la parte inferior de la cinta.

El sistema requiere un cargador frontal para colocar los RSM sobre la cinta, un elevador de carga para cargar las pacas terminadas en el transporte y un sistema de atadura para asegurar la integridad de la paca.

Tanto la cinta alimentadora, como la prensa continua están instaladas sobre fosos comunicados a una red de drenaje controlado, para la evacuación de líquidos escurridos.

Como aproximación a la características del proceso, según la producción, puede tomarse la siguiente:

Producción horaria(T/h)	11-19	11-26	11-50	11-70
Dimensiones pacas(mm)	1.050x800	1.050x800	110x1.100	1.200x1.200
Potencia instalada C.V.	75	100	235	310
Nº alambres atado autom.	4	4	5	5

#### 4.1.CALCULO DE LA TASA DE PRODUCCION DE UNA MAQUINA EMPACADORA

a) M<sup>3</sup>. por carga

$$a * b * c = m^3 / \text{carga}$$

a = Ancho de la carga

b = Alto de la carga

c = Longitud de la carga.

b) Kilos de material por carga

$$m^3. \text{ por carga} * (\text{peso de material suelto}/m^3) = \text{Kg}/\text{carga}$$

c) Tiempo de ciclo por Paca

$$\text{Peso por la paca} / (\text{Kg. de residuo}/\text{carga}) = \text{número de cargas}/\text{paca}$$

$$\text{Cargas}/\text{paca} * (\text{segundos}/\text{carga} + \text{segundos}/\text{eycción}) = \text{tiempo}/\text{paca}$$

d) Toneladas por hora

$$(3600 \text{ s}/\text{h}) / (\text{tiempo}/\text{paca}) = \text{Nº pacas}/\text{hora}$$

$$\text{Nº pacas}/\text{hora} * \text{Peso de la paca} = \text{Kg}/\text{hora}$$

Deben considerarse 20 segundos adicionales por paca para el manejo de las computas de la máquina.

#### 4.2.RELACION ENTRE LA PRESION DE EMBALAJE Y LA DENSIDAD DE LA PACA

Tomando como ejemplo España, la densidad promedio de los R.S.M. que llegan a la planta de tratamiento oscila entre 200 a 300 Kg/m<sup>3</sup>. La composición en peso es la siguiente:

COMPONENTES	PORCENTAJE EN PESO
Papel y cartón	15
Plástico	6
Vidrio	6
Metales	2.5
Materia orgánica	52
Otros	18.5

(MOPT, 1991)

La densidad promedio por componente es la siguiente:

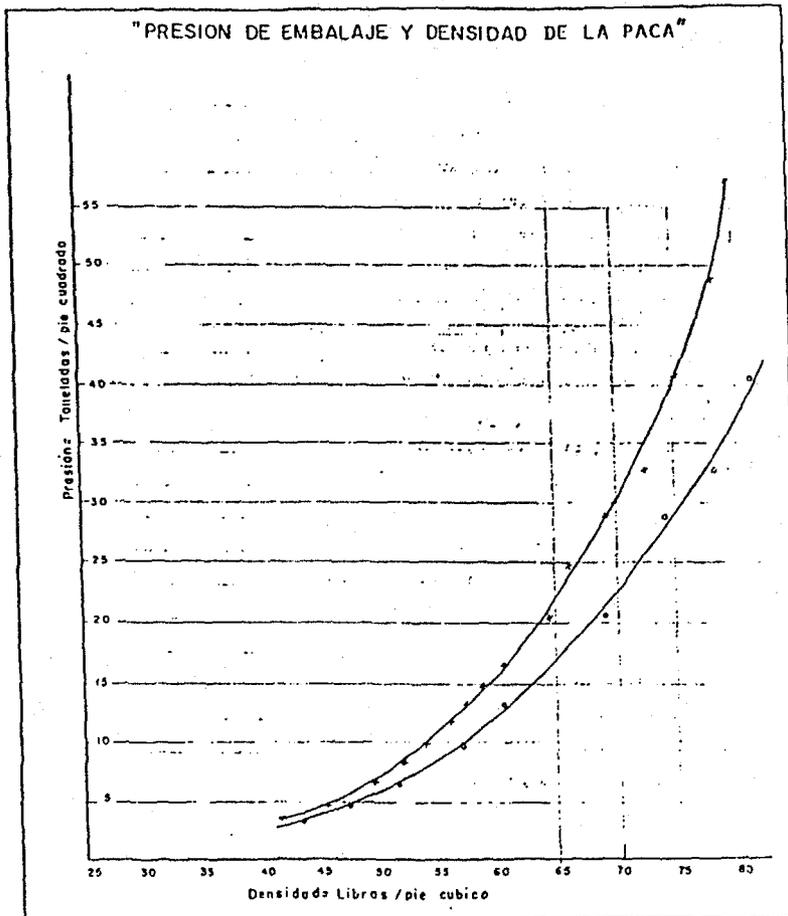
ELEMENTO	kg/m <sup>3</sup>
Cartón	47
Papel de periódicos	267
Papel de oficina	177
Papel de revistas	265
Envases de aluminio	29.5
Botes de hojalata	88.5
Plásticos	17.7

(Luis F, Díaz, CALRECOVERY, 1993)

El siguiente gráfico indica la relación entre la presión de embalaje y la densidad de la paca.

Escalas: (\*) 1 tonelada/pie<sup>2</sup> = 11,1 toneladas/m<sup>2</sup>.

(\*\*) 1 libra/pie<sup>3</sup> = 16,018 Kg/m<sup>3</sup>.



Desde el punto de vista económico, empleando presiones entre 10 y 25 Kg/cm<sup>2</sup> se pueden obtener pacas de una suficiente compactación como para conseguir un transporte económico. A mayores presiones el aumento de la densidad no es tan significativo. Además empleando presiones más altas se pueden inhibir los procesos de degradación biológica en las pacas tras su colocación.

#### 4.3. COMPORTAMIENTO DE LAS PACAS DE ACUERDO A LA COMPACTACION USADA.

Experiencias llevadas a cabo en Alemania (Düsseldorf) procuraron bajos niveles de compactación (fuerza compresora aplicada de 150.000 Kg/mm<sup>2</sup>) con el fin de que hubiera suficiente oxígeno y humedad para mantener una descomposición de tipo aerobia de la capa exterior de las pacas, aunque las capas más profundas se degradarían anaeróbicamente, para ello se construyeron los respectivos drenajes de gas. Mediante la descomposición aeróbica de las capas superficiales se formaba una determinada cantidad de mantillo o compost, que teóricamente después de uno ó dos años podría separarse y venderse como mejorador de suelos.

De un modo experimental, se ha comprobado que después de 14 meses de riego de las pacas se ha producido el crecimiento de plantas en la cara superior, esto significa que ha habido suficiente oxígeno para una degradación aerobia.

En Japón, en cambio, se ha buscado evitar la descomposición biológica, utilizando grandes presiones y envolviendo las pacas en tela metálica y sumergiéndolas en betún. Así se creyó que mediante el sellado se podría mantener inhibida la descomposición biológica, sin embargo, a pesar de haberse mantenido durante años, la presión ejercida por el gas formado en el interior condujo a la explosión de las pacas y la consecuente rotura de la cobertura.

En EE.UU. los niveles de compactación aplicados oscilan entre los 800 y 1100 Kg/m<sup>3</sup>.

No es aconsejable superar los 1200 Kg/m<sup>3</sup>. por los efectos negativos sobre la consistencia de los residuos empacados.

#### 4.4. EVALUACION DEL SISTEMA DE PACAS EN PLANTAS COMPACTADORAS

Los estudios llevados a cabo para evaluar la factibilidad de los rellenos sanitarios de pacas de R.S.M. han tenido como objetivo comprobar el incremento de capacidad del relleno compactando previamente los residuos.

##### 4.4.1. Resumen de los Resultados

Los primeros estudios realizados comparaban el grado de compactación alcanzado con medios convencionales (compactadoras, bulldozers) frente al alcanzado por la empacadoras. El nivel de compactación obtenido con las máquinas convencionales fué en promedio de 830 Kg/m<sup>3</sup>., en cambio el alcanzado usando equipos empacadores fué de 890 Kg/m<sup>3</sup>., aunque las especificaciones de los fabricantes de los equipos dan el valor de 1.120 Kg/m<sup>3</sup>. como valor posible de compactación.

Usando presiones de 13.790 y 24.130 Kg/m<sup>2</sup>. se han obtenido pacas relativamente estables, y se ha comprobado que las pacas superan adecuadamente la manipulación y los golpes, consecuencia de su transporte a distancias relativamente prolongadas (1.200 Km). (CALRECOVERY, 1993).

##### 4.4.2. Ejemplo de Planta de Empacado.

Los siguientes datos corresponden a un estudio realizado por el equipo de residuos sólidos, del Departamento de Ciencias y Técnicas del Agua y del Medio Ambiente, de la Universidad de Cantabria (ESPAÑA).

Para la investigación se tomó como base de análisis una planta con capacidad para 250-350 t/día.

La mano de obra consistía en 8 empleados: un recepcionista, un operario de carga, un operario del elevador de carga, una persona de mantenimiento, dos clasificadores de cartón, un operario que controlaba la compactadora y un capataz de planta.

El equipo estacionario consistía en: una cinta transportadora horizontal y una inclinada, una báscula para pesar la carga, una empacadora de alta densidad con un ciclo de 137 segundos, una torre de control central con paneles de seguimiento, dos pistones hidráulicos para expulsión de las pacas y una plataforma para la carga de pacas en los camiones.

El equipo móvil: un cargador frontal, un pequeño cargador "bobcat" y un elevador de carga.

El cargador frontal mezclaba y empujaba los residuos a la cinta transportadora, la cual los introducía en la empacadora, que trabajaba con tres émbolos hidráulicos y una cámara de empacado, dos de dichos émbolos conducían las pacas formadas a los camiones (con capacidad para 14 a 16 pacas). El pequeño cargador "bobcat" era usado para pillar el material corrugado y para limpieza, el elevador de carga se usaba para mover las pacas que no se llevaban al relleno sanitario como cartón corrugado y metal.

Los restos de residuos y líquidos escurridos eran recolectados directamente debajo de la empacadora.

##### a) Naturaleza de los residuos en la alimentación.

Diariamente se analizaron muestras de 8 Kg. de residuos a empacar.

La densidad calculada estuvo en el rango de 39 a 103 Kg/m<sup>3</sup>. con una media de 79,5 Kg/m<sup>3</sup>. y una desviación standard de 17,5 Kg/m<sup>3</sup>. (peso húmedo).

La composición promedio de los residuos fue de:

ELEMENTOS	PORCENTAJE
Materia orgánica	23
Papel	31
Metal	13
Madera	11
Vidrio y cerámica	9
Residuos de jardín	8
Textil, goma, cuero y otros	5

El rango de contenido orgánico de la alimentación osciló entre 60 a 89% y en las muestras tomadas en las pacas de 64 a 84%. El promedio de humedad medido fué de 45,4% para los residuos sólidos de la alimentación y 35,1% para las pacas obtenidas respectivamente. El rango de humedad fué el siguiente: 26 a 82% en la alimentación y 15 a 71% en los residuos empacados respectivamente.

	ALIMENTACION	BALAS
Rango de humedad(%)	26-82	15-71
promedio de humedad(%)	45.4	35.1

El rango de constituyentes encontrado en 10 muestras de escurridos analizadas fué el siguiente:

CONSTITUYENTES	RANGO
Ph	3,2 a 4,9
Coliformes Totales	1.200 a 24.000 células/1.000 ml.
Coliformes Fecales	0 a 100 células/100 ml.
DBO <sub>5</sub>	0 a 3.940 mg/l.
Cloruros	965 a 2.620 mg/l.
Sulfatos	3.800 a 4.400 mg/l.
Sulfuros	5 a 17 mg/l.
Sólidos dis. totales	40.820 a 64.310 mg/l.
Nitratos	11,1 a 70,6 mg/l.
Amoníaco	0 a 1.445 mg/l.
N. orgánico	730 a 2.817 mg/l.

*b) Caracterización de las pacas producidas:*

Se pesó cada paca, midiendo volumen y expansión una vez cada diez pacas. Cada 3 pacas elegidas al azar se tomaba una muestra de 3 cm. extraída del centro de la paca.

El tiempo de producción/paca promedio fué de 1,73 minutos con una pequeña desviación standard de 0,16, lo que indica un tiempo de producción compatible con el sistema.

Se observó también que un período de 10 minutos a 1 día posterior a la obtención de las pacas éstas sufrían una ligera expansión, fenómeno que se atribuyó a la evaporación de la humedad contenida. Al cabo de una hora se observó una expansión

del 7,4% (en términos de volumen), al cabo de un día 28,4% y 26,6% al cabo de una semana.

Los porcentajes de expansión al cabo de una hora, un día y una semana fueron:

	10 minutos	1 hora	1 día	1 semana
Alto	1,12	2,5	5,7	3,7
Ancho	1,04	1,4	8,3	9,6
Largo	1,35	3,3	13,0	10,8

El peso promedio por paca fue de 1.282 Kg. con una desviación standard de 50 Kg. El rango de densidad calculada 10 minutos después de la producción fué de 725 a 933 Kg/m<sup>3</sup>. posteriormente tomaba valores muy heterogéneos de una paca a otra. Se observó que un 3% de las pacas se deterioraban en la planta y en el relleno, un 2,4% sufrían daño o se quebraban.

El número promedio de pacas producidas/hora fué 18,1 al inaugurar la planta incrementándose en régimen normal. El incremento una vez en régimen se debió a cambios en el personal y una revisión del mecanismo de empacado. El promedio de horas de labor/día era de 8 horas.

*c) Red de transporte y operación en el relleno sanitario (Balefill)*

La red de transporte estaba compuesta por 4 tractores con cabina cerrada y cinco remolques planos. Hasta 16 pacas podían colocarse en cada vehículo pero la carga normal era 14 para cumplir con la normativa sobre límites de carga.

Las pacas fueron colocadas en el relleno sanitario en 3 alturas, codo con codo, la cobertura fué necesaria sólo con una frecuencia semanal, excepto durante períodos invernales en los que los residuos quedaron congelados y no fue necesario cubrirlos.

El espacio entre pacas era mayor entre las caras de mayor longitud, estando más influidas por las irregularidades del terreno. No fueron significativos los problemas de agua superficial, rotura de pacas, esparcimiento de papeles y basura ni presencia de vectores en el relleno sanitario.

*d) Optimización de tiempos en la planta de empacado y red de transporte.*

Los estudios temporales se realizaron durante 30 minutos dos veces al día, grabando en vídeo la recepción, el área de carga y el área de la torre de control.

Los porcentajes de tiempos muertos de las máquinas, incluyendo tiempos de espera fueron: cargador 30, cinta transportadora 49, báscula 20, portero 72, y tractores de transporte 29.

Los promedios de tiempos observados en las operaciones significativas fueron:

	(minutos/paca)
descarga de los R.S.M.	2,40
carga de la cinta	1,50
transporte a través de la cinta	3,00
carga de la cámara	0,05
formación de la paca	3,05
carga del remolque	3,15

Las otras medidas de tiempo se recogieron en minutos/camionada (tomando como promedio 15 pacas): espera antes del traslado 21 minutos, transporte 30 y espera para ser descargado 25 minutos respectivamente.

El tiempo promedio desde que el camión descargaba los residuos hasta que el remolque cargado dejaba la planta era de 48,9 minutos, excluyendo el tiempo de almacenamiento entre la descarga y el comienzo de la operación de empacado.

Los porcentajes de tiempo muerto determinados para el personal de la planta fué: guardabarrera 55, operario de carga 25, conductores de los vehículos 31 y clasificadores de material 84.

Los problemas observados con las máquinas de la planta fueron interferencias con la empacadora por la carga y la cinta transportadora, paradas de la cinta mientras se cargaba la báscula y una plataforma de descarga ineficiente requiriendo un elevador de carga para elevar el material mientras se cambiaba de remolque.

Se concluyó que mejorando la coordinación entre los distintos puestos de trabajo podrían evitarse tiempos muertos tan elevados, sobrecargas en la entrada de la planta sí como problemas de falta de tiempo para mantenimiento y limpieza.

Los medios mecánicos de clasificación de residuos sólidos podrían permitir el reciclaje de componentes tales como: papel, aluminio, acero, hojalata y vidrio. La separación manual de cartón corrugado sería factible.

El promedio de pacas producidas por jornadas de 8 horas de trabajo fue de 128, y el esperado optimizando tiempos 256.

Las medidas aconsejadas para optimizar el funcionamiento de la planta y bajar los costos fueron: aumentar la capacidad de almacenamiento y mezcla de residuos, mejorar los sistemas de acceso a la planta, mejorar la ventilación de la planta, colocar proteccio-

nes en los equipos para evitar el escurrido de residuos húmedos, implementar el control de polvos en la planta y sistematizar el tráfico de los vehículos recolectores.

#### e) Costos

El costo total en planta fue de U\$S 5,41-6,95 por paca.

Los costos netos de transporte durante el primer año fueron U\$S 1,73-2,15 por paca.

Los costos del relleno de pacas fueron de U\$S 1,47-1,34 por paca.

El costo total del sistema fue de U\$S 8,61-10,44 por paca.

Los costos del sistema de mantenimiento representaron un 15% del total. (CALRECOVERY, 1993).

#### f) Monitoreo de celdas de prueba

Los siguientes resultados corresponden a los análisis realizados en lisímetros rellenados con residuos empacados y sobre los que se aplicaron volúmenes de agua representativos de las precipitaciones correspondientes a la zona.

Los lixiviados producidos mostraron los siguientes parámetros en valores promedio:

PARAMETROS	VALORES PROMEDIO
pH	6,7
DBO <sub>5</sub>	250 mg/l.
Cloruros	379 mg/l.
Sólidos disueltos totales	1.982 mg/l.

La cantidad de lixiviado producida por la celda fue de 18.800 litros, y la cantidad aplicada como precipitación 490.000 litros durante 11 meses.

Los muestras de lixiviados mostraron que la DBO5, los sólidos disueltos totales y los cloruros aumentaban con la profundidad, mientras el pH permanecía constante en todos los niveles.

A excepción del incremento inicial de la temperatura (debido a la descomposición), la fluctuaciones posteriores tuvieron la misma tendencia que la temperatura ambiente.

Las concentraciones de CO2 alcanzaron un máximo de 30,5% en volumen, un 17,6% de CH4 y un rango de 0-18,2% de =2 durante los 14 meses de monitoreo.

Los niveles tanto de CO2 como de CH4 aumentaron con el tiempo en todas las profundidades, mientras que el O2 presentó un descenso. Este comportamiento fue mas pronunciado a partir de los 2,80 m.

En todos los casos de niveles de H2S fueron menores a 0,1% en volumen.

La expansión del material fue de un 13% durante los primeros 10 días y permaneció estable en los siguientes 12 meses. El material del fondo manifestó la menor expansión.

Los monitoreos realizados después de un año mostraron que las temperaturas en las mismas profundidades disminuyeron con el tiempo, aumentando con la profundidad.

El contenido orgánico promedio disminuyó con el tiempo desde 54,5 a 38,4% desde el momento del relleno de la celda hasta 2 años después. El contenido de humedad osciló entre 24,8 y 96,5% con una media de 46,5%, independientemente de la edad del relleno.

## 6.- EXPERIENCIAS DE RELLENOS SANITARIOS DE PACAS EN DISTINTOS PAISES

Hasta los 80 sólo se conocían los rellenos de pacas de EE.UU. y Gran Bretaña (Stafford, Glasgow, Leeds). En la actualidad los hay ya en más países (aquí se incluye Dusseldorf) y en España se van a instalar en los rellenos sanitarios de Madrid y Barcelona.

### 1) Texas (EE.UU.)

(The British Library, Document Supply Centre)

En Dickinson, se gestiona un relleno sanitario de 348\*\* acres con impermeabilización de fondo de arcilla y membrana plástica a 11 m. de la línea de agua.

Adicionalmente en este relleno se realiza la recuperación de metal y carbón antes del empacado, con lo que se recicla aproximadamente el 10% del total.

Con dos empacadoras de 2,80 m. y en sólo dos golpes de pistón se transforma la masa de residuos en elementos fácilmente manejables y rápidamente cargables, pudiendo obtener 30 pacas/hora.

En el caso de este relleno el equipo móvil se completa con una pala excavadora hidráulica Caterpillar 235 (prepara el área de trabajo diaria), un D25C articulado para transportar el material de cobertura y un Cat D611 para extender la cobertura.

a) *Descripción de la planta*

Trabajan 3 personas, área: 4.600 m<sup>2</sup>., construcción de la nave: metal corrugado, y suelo de hormigón. Una pala cargadora Cat 926 empuja los residuos desde la zona de descarga de los camiones a la cinta transportadora que los ingresa a la empacadora.

Las empacadoras (MOSLEY) funcionan bajo control automático, pudiendo programarse funciones tales como:

- tamaño de la paca.
- pacas por hora.
- porcentaje de compactación, con la ayuda de sensores y ojos eléctricos.

Como elemento original el sistema incluye un monitor de video para ver cada operación. De esta forma se observan las dos empacadoras a la vez y se pueden parar ante cualquier problema. Cada sistema puede ser operado manualmente cuando es necesario. Las pacas obtenidas pesan 1.350 Kg.

El relleno sanitario acepta 20 m. pacas a la vez colocándolas de a dos simultáneamente con un Cat 963 equipado con horquilla. De esta manera se evitan los tiempos de espera y se optimiza el transporte. Los costos de mantenimientos representan el 7% de los ingresos.

b) *El Futuro*

Este relleno durará 20 años continuando con la admisión de 1.000 t/d. Después de este período este lugar podrá utilizarse para pastizales, agricultura, establos de caballos o áreas de recreación. Desde el punto de vista de la integración al entorno un relleno de pacas se ve favorecido frente a uno convencional porque la estabilidad es

mayor y el tiempo de espera hasta que el relleno esté estabilizado se reduce. World Wastes (Octubre de 1992).

2) Long Island (EE.UU.)

(The British Library, Document Supply Centre)

En Long Island viven 123.000 habitantes que producen 350 t/d. de R.S.M. este alto índice de generación llevó al relleno convencional que allí se operaba a una situación de desborde, extendiéndose a los suburbios circundantes. La solución económica por la que se optó, luego de la evaluación de todos los sistemas posibles de tratamiento, fue la de ampliar el relleno sanitario (30 ha) y realizar un empacado previo de los residuos.

Para la planta de empacado se construyó una nave de 60 x 70 m<sup>2</sup>. con suelo de hormigón, el cual permitiría el almacenamiento de las pacas producidas durante una semana. La planta opera de lunes a viernes de 7:00 a 16:30 y los sábados de 8:00 a 12:00.

Previo a la compactación se realiza la recuperación de materiales reciclables, especialmente metales ferrosos a través de un separador Dings y una cinta con cabeza magnética. Se espera percibir ingresos adicionales por la venta de estos materiales.

Se emplea una empacadora Harrias SWC-2528, la cual desarrolla una presión de 245 Kg/cm<sup>2</sup>. con un ciclo de 90 s/paca.

Tan pronto como ingresan 1125 Kg. de residuos sobre la plataforma de la compactadora se inicia el ciclo de compactación.

El tamaño de cada paca es 1x1x1,2 m. La carga de los camiones puede hacerse por cinta transportadora o elevador de carga de acuerdo al vehículo.

Toda la operación de la compactadora es manipulada desde un segundo nivel. Si los residuos alimentados tienen una humedad excesiva se mezclan con residuo seco.

El relleno sanitario se ha construido para una vida esperada de 30 años. La excavación se halla 35 m. por encima de la línea de agua, provisto de membrana aislante inferior, sistema de recolección de lixiviados, sistema de venteo del metano aunque debido a la naturaleza de las pacas no se espera mucha generación de metano.

Solid Wastes Management (Noviembre de 1977).

### 3) Wyo y Nebraska (EE.UU.)

(The British Library, Document Supply Centre)

Usando el sistema de pacas, dos comunidades de 6.000 hab. c/u. han reducido costos de eliminación de R.S.M. mientras han mejorado los servicios de recolección y las condiciones medioambientales.

Torrington, Wyo y Chadron, Nebraska (EE.UU.) presentaban los mismos problemas de recolección y eliminación que ciudades más grandes (la creciente producción de R.S.M. y el encarecimiento del terreno necesario para los rellenos sanitarios).

Ambas comunidades después de analizar los distintos sistemas han encontrado una solución económica en el sistema de pacas.

En lugar de comparar solo los costos de inversión inicial, como frecuentemente se hace en los entes públicos se hizo una comparación de los costos anuales de un relleno sanitario de pacas frente a uno convencional. El sistema empacador-relleno de pacas constaría de US\$ 300.000 en inversión de capital sobre los siguientes 25 años, frente a

los US\$ 674.000 del relleno convencional, lo que representaba un ahorro significativo. Además se ahorran US\$ 20.000 en gastos de operación anual.

Esto se debe en parte a que una comunidad pequeña como ésta, necesitaría mucho tiempo para amortizar los gastos de compra y mantenimiento de un dozer tipo "pata de cabra", mientras que para operar un balefill es suficiente una pala cargadora menos costosa. En Torrington, todo el sistema empacadora-relleno es operado esencialmente por una sola persona. El equipo compactador (con capacidad para 1.000 t/semana) se aloja en una nave adyacente al relleno de 540 m<sup>2</sup>., y el mismo operario que lo maneja transporta luego las pacas y las coloca en el relleno usando una pala cargadora frontal.

El área de vertido actual es de 4 ha. con impermeabilización de fondo de bentonita y se espera que dure entre 12-15 meses antes de necesitar una nueva excavación. Las pacas se colocan en 3 pisos dando una altura total de 3,85 m. Luego se cubren con 4 cm. de arcilla y al completar la altura del relleno sanitario se cubren con 20 cm. de suelo.

La recolección se hace 5 días a la semana y 2 veces diarias en la zona comercial. Se ha comprobado que ésta es la forma más eficiente de recolección.

En Chadron semanalmente se recogen 274 m<sup>3</sup>. de residuos y se compactan en 55 pacas. De una carga de camión se obtienen 3 pacas, cada una de 75x90x100 cm. y más de una t. de peso.

Un cargador lleva las pacas al relleno sanitario, allí se apilan en 4 ó 5 pisos y se recubren con suelo de la misma excavación. Se han instalado tuberías perforadas para recolección de biogás.

Las pacas y la cubierta de suelo ayudan a controlar los olores, insectos, y otros efectos indeseables. Además vientos fuertes no afectan la operación pues la empacadora se ubica en una nave cerrada (City manager Cal Rhembrandt).

Además se ha montado junto al equipo compactadora un sistema de recuperación de materiales reciclables (Al, Fe, Cu, papel, cartón) los cuales se empaican en una compactadora de menor tamaño. Se obtienen aproximadamente 4 pacas de cartón (225 Kg/paca) semanalmente. (The American City & County)

#### 4) Düsseldorf (Alemania)

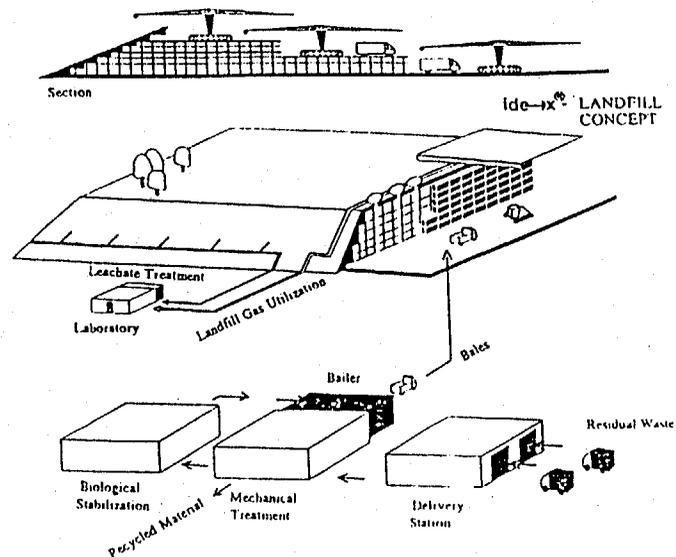
(IV International Landfill Symposium, Italia)

El estado federal de Düsseldorf, con ayuda del Gobierno Federal, puso en marcha en 1980, un proyecto denominado "Relleno seco por Sistema IDEX", la parte técnico-mecánica la desarrolló la firma Lindemann. El proyecto surgió como consecuencia de que la planta de incineración instalada vió rebasada su capacidad de eliminación de residuos, debido al exagerado aumento de la tasa de generación per cápita de los últimos años.

La capacidad anual de la compactadora de residuos instalada osciló entre 60.000 y 80.000 t., pudiendo absorber las puntas de la incineradora.

El sistema combina la eliminación en relleno sanitario de pacas de los residuos con la recuperación de material.

Los residuos municipales son volcados dentro de una nave y colocados sobre una cinta transportadora que los conduce a un cargador de acero. Los materiales de valor son recuperados por métodos mecánicos y colocados en corrientes separadas. La parte orgánica y los inertes no reciclables son compactados en pacas. (esto ocurre en un área separada y techada), éstas son cargadas en camiones especiales y enviadas a relleno sanitario.



En el relleno se colocan bajo techo móvil, hasta que se completa la altura, y el techo móvil se desplaza. La penetración del agua puede evitarse usando películas plásticas. Debido a que el relleno sanitario podría no llenarse hasta su altura final en una fase, puede instalarse una cobertura intermedia.

El relleno con las pacas ocupaba un valle de 3,2 millones de m<sup>3</sup>. y según el proyecto después de la clausura estos terrenos deberán servir como sitio de ocio para los ciudadanos de Düsseldorf.

Se espera un cierto nivel de producción de gas, el cual puede ser extraído en forma continua por un sistema de desgasificación y utilizado o flameado.

Las tasas actuales de tratamiento de lixiviados son de 100 marcos/m<sup>3</sup>. por ello el dinero ahorrado con el sistema de pacas podría ser utilizado para mantenimiento del sistema de cobertura y el techo móvil.

Para proteger el drenaje y el sellado del relleno sanitario, se dispuso primero una capa de pacas en toda la superficie y luego se continuó con el relleno colocando de a dos capas a la vez y teniendo muy en cuenta el ahorro de espacio que debe ser básico en un relleno sanitario de pacas. Los vehículos de transporte y el cargador rotatorio circularon sin mayor problema sobre las pacas colocadas.

El compactador de tipo 105, comprime los residuos a modo de capas hasta formar las pacas, generalmente cuatro capas por paca. Mediante un sistema automático de desplazamiento las pacas terminadas son conducidas al transporte que las lleva al relleno. Una paca pesa aproximadamente 1,2 t. y el camión transporta hasta 16 por viaje.

La planta compacta 200 t/día y todas las pacas producidas son llevadas con dos camiones al relleno sanitario situado a 10 km.

El material a comprimir se ubica delante de la apertura de entrada del canal. La placa para comprimir avanza para apretar el material hacia el canal de compactación y para ir recortando materiales que sobresalen. Cuando esta operación de corte no se consigue, entonces se retira algo hacia atrás la placa y el martillo aprieta presionando entre cuchillo superior y plaza el material sobrante hacia la cámara de compactación. Se pueden alcanzar los 1200 Kg/m<sup>3</sup>. de densidad.

Longitud de las pacas: 1,05 m \* 1,25 m. con triple atadura.

(Informe de la Universidad de Hamburg-Harburg)

## 7.- CONCLUSIONES

- a) La paca es una unidad de transporte que puede ser cargada y transportada cómodamente, ya sea por ferrocarril, carretera o barco. En este punto radican posibilidades notables y este sistema se va a convertir en una óptima opción en la gestión de los R.S.M., ya que el número de rellenos sanitarios existentes lejos de crecer tiene que disminuir.

Tras el traslado de una paca desde Madrid a Cantabria (400 km.) se ha dejado a la intemperie y se ha efectuado una observación metodológica de la misma, comprobando que tanto el deterioro de la estructura como la actividad biológica manifestada han sido insignificantes. No se ha observado producción de lixiviados, ni gases u olores que evidenciaran degradación. Tampoco atrajo insectos ni pájaros, aunque en una oportunidad fué atacada por cabras que habían ingresado a la zona y que intentaron extraerle material. Por tanto puede asegurarse que el proceso de empaquetado reduce notablemente la actividad biológica, así como las emisiones de gas y lixiviado. Con esto *han quedado evidenciadas las ventajas medioambientales de un relleno seco.*

Los camiones de recolección de basuras, son unidades caras de mantenimiento y personal. Si la distancia a relleno sanitario es mayor a 15 km., resulta más económico una estación de transferencia donde el camión recolector pueda vaciarse y volver a la recolección de forma inmediata. No solo se evita así el costo de los empleados por un viaje donde no trabajan, sino que también se ahorra el desgaste y maltrato al camión recolector por el viaje al relleno.

En este caso la planta de empaquetado de residuos puede estar ubicada a una distancia intermedia entre el relleno sanitario y el conglomerado urbano donde se realiza la recolección. Esto representa la condición de economía del Sistema.

Para el transporte de las pacas a relleno sanitario se pueden utilizar camiones más sencillos con un sólo chofer para hacer el viaje. La optimización económica sólo se puede conseguir cuando se logra un óptimo de la carga manteniendo las medidas y pesos permitidos para los vehículos. Puesto que en un tiempo previsible en la Comunidad Europea se intenta llegar hasta las 44 t., entonces podrá aumentarse la carga si se emplean las condiciones técnicas de vehículo y trailer.

- b) El relleno sanitario de pacas de alta densidad representa una fuente energética desde el punto de vista del biogás, el cual puede ser explotado racionalmente, de acuerdo a una sistemática diseñada considerando las variables de la fermentación intrínseca, lo que amplía las posibilidades económicas del sistema.
- c) En un relleno sanitario seco o de pacas de alta densidad deben tomarse todas las medidas para asegurar que ningún contaminante pueda salir del residuo. Esto puede lograrse utilizando una cobertura de fondo que combine arcilla y plástico para garantizar la impermeabilidad, y recolección y tratamiento de lixiviados. La efectividad de estas medidas está condicionada a un constante monitoreo y reparación de la cobertura cuando sea necesario. Deben tomarse medidas adecuadas para proteger las pacas de la desintegración, además de evitar la autoignición.

## 8.-DISEÑO Y DIAGRAMA DE FLUJO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE LIQUIDOS ESCURRIDOS DE LAS COMPACTADORAS DE R.S.M. EN PACAS

### DATOS DE PARTIDA

- a) Análisis de los escurridos

Los resultados corresponden a las siguientes muestras del mes de Julio de 1993:

#### PREVIO A LA FILTRACION

Muestra	pH	DQO(mg/l.)	Conductividad(uS/cm.)	S.S.(mg/l.)
1	6,4	84.000	16.900	23.300
2	5,82	104.000	17.750	108.571
3	6,00	130.000	16.020	43.820

#### POSTERIOR A LA FILTRACION

Muestra	NIH <sub>4</sub> (mg/l.)	DQO(mg/l.)	Conductividad(uS/cm.)
1	85	40.000	1.700
2	157	88.000	3.100
3	590	56.000	1.180

- b) Caudales Suministrados

Con condiciones de un 30-40% de humedad y tras compactar 3.810 t. de R.S.M. en época estival (Madrid), durante 34 días se midió una pérdida de líquidos y sólidos del 10%.

Considerando esta pérdida promedio y una humedad en los residuos alimentados del 35%, se estima para una planta que procese 200 t/día la siguiente producción de escurridos:

Alimentación: 200 t/d.

Pérdidas (10%): 20 m<sup>3</sup>/d.

Horas de trabajo diarias: ocho.

Caudal de escurridos: 2,5 m<sup>3</sup>/h.

*NOTA: la determinación cierta del caudal de diseño queda sujeta a experimentación con diferentes porcentajes de humedad en la alimentación, en distintas épocas del año y diferente composición de los residuos como puede ocurrir en zonas con alto índice de población rural.*

c) Tiempo diario de funcionamiento de la planta

Ocho horas.

Diagrama de flujo

1.- Depósito de homogeneización.

Volumen: 0,2 m<sup>3</sup>.

Material: chapa de acero.

2.- Bombas mono

Caudal: 2,5 m<sup>3</sup>/h. c/u.

3.- Tamiz estático

Ancho: 30 cm.

Luz máxima: 1 mm.

4.- Depósito de adición de neutralizantes

Volumen: 1 m<sup>3</sup>.

Material: chapa de acero

Accesorios: 1 agitador.

El (OH)<sub>2</sub>Ca (hidróxido cálcico) será adicionado en una proporción de 30% en peso de materia seca inicial del escurrido. Para ello se debe contar con un depósito de preparación de 1 m<sup>3</sup>. de volumen que puede ser de chapa de acero, con agitación.

El Cl<sub>3</sub>Fe (Cloruro férrico) será adicionado en una proporción del 10% de materia seca inicial del escurrido. Para ello se debe contar con un depósito de preparación de 0,4 m<sup>3</sup>.

5.- Depósito con fondo cónico para decantación de los sólidos depositados.

Volumen: 0,2 m<sup>3</sup>.

Material: chapa de acero.

5.- Bombas Wild M2.

Caudal: 0-8 m<sup>3</sup>/h.

6.- Filtro prensa HIPLE 630/6.

Tamaño de placas: 630\*630 mm.

7.- Columna de stripping, provista de soplante que insufla aire en la parte inferior y campanas de recolección de gas en la parte superior.

Volumen: 1,5 m<sup>3</sup>.

Altura: 2,5 m.

Material: plástico.

8.- Columnas de riego con hipoclorito sódico de los gases recolectados en el stripping.

Volumen: 0,5 m<sup>3</sup>.

Altura: 2 m.

Material: plástico.

9.- Recipiente para desoxigenación.

Volumen: 0,2 m<sup>3</sup>.

Material: chapa de acero.

10.- Digestor.

Volumen: 300 m3.

Altura: 7,5 m.

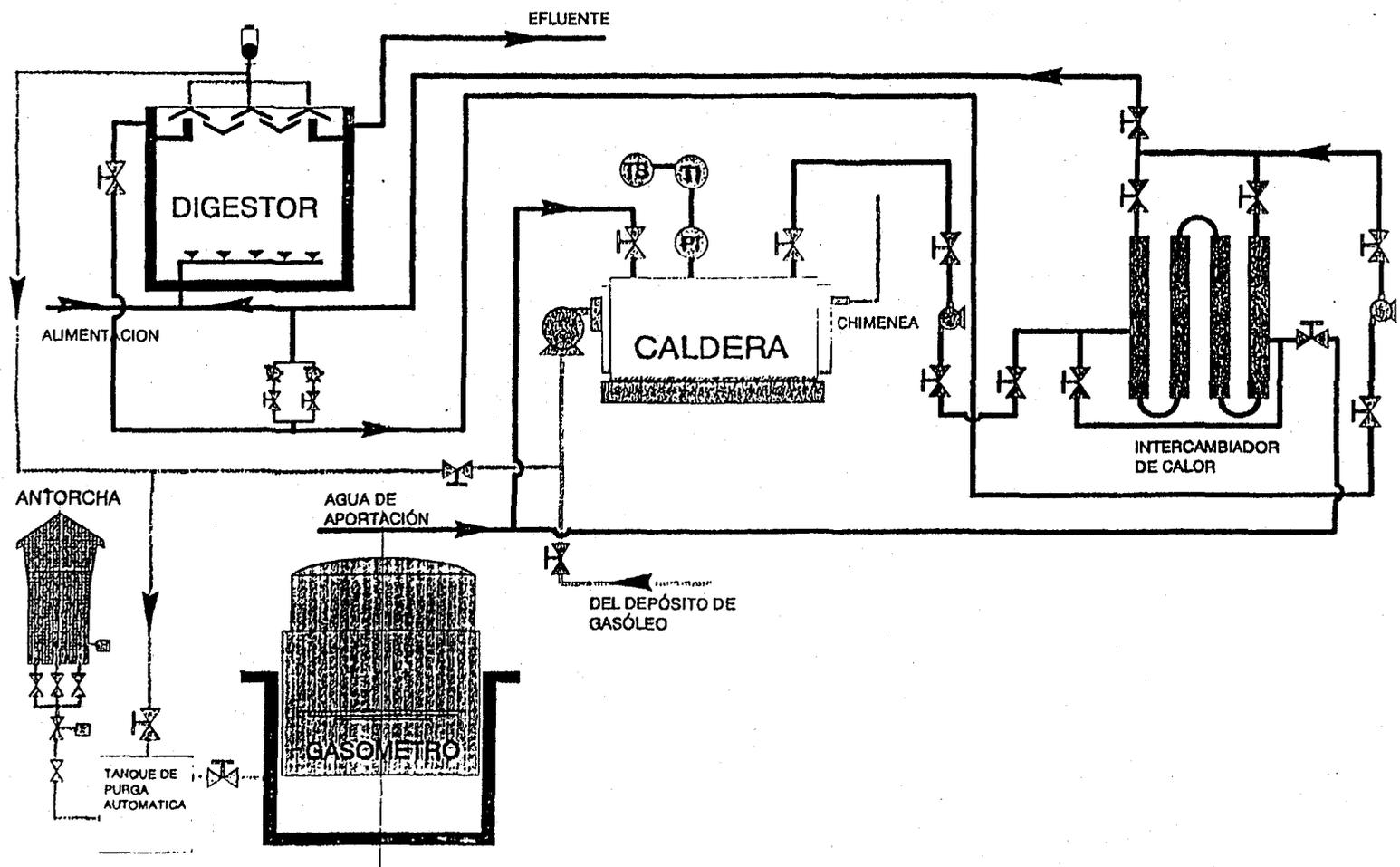
Material: hormigón con tapas de chapa de acero.

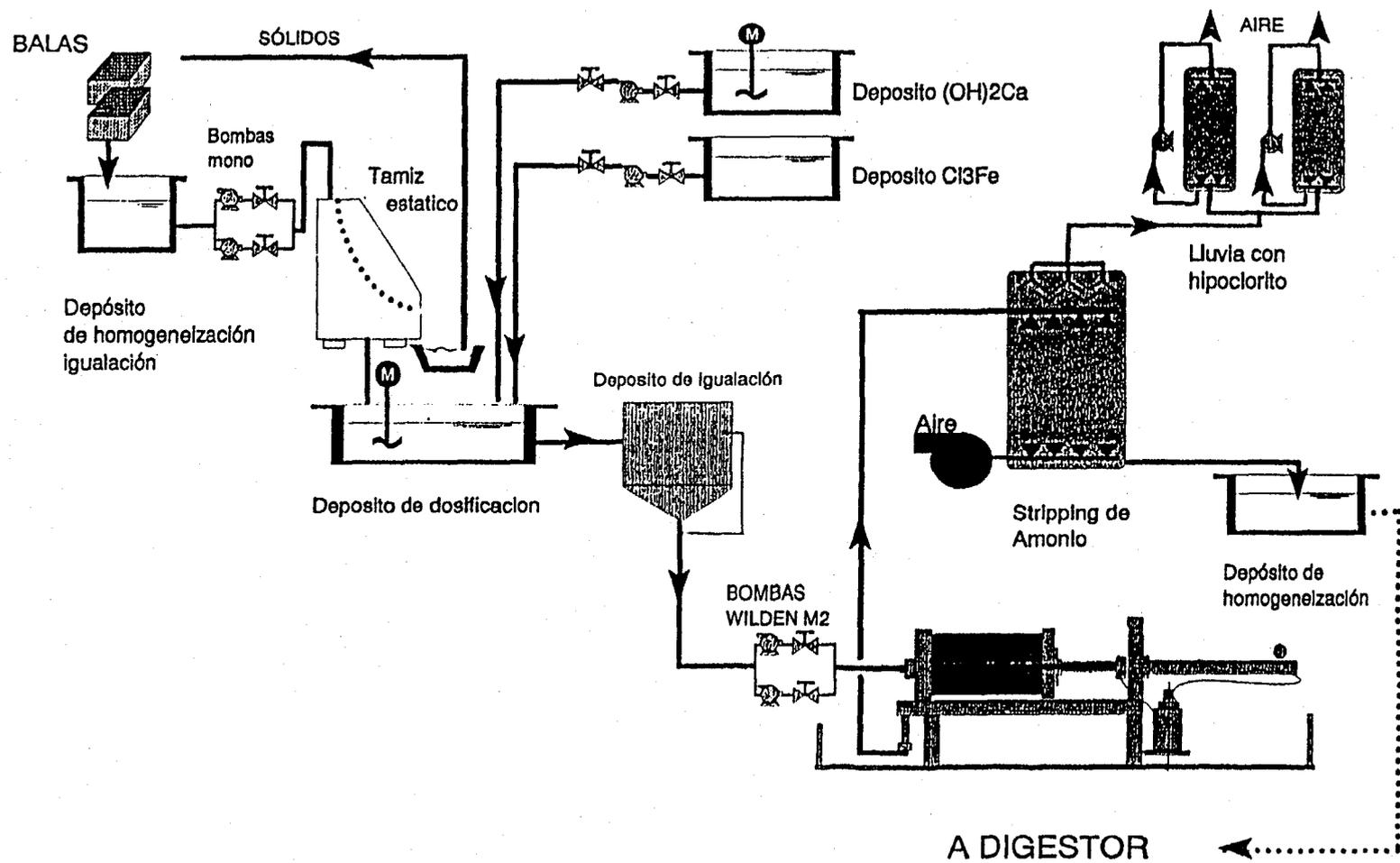
La alimentación ingresa en la parte inferior mediante distribuidores. Por la parte superior se recolecta el gas producido y se envía al gasómetro.

11.- Accesorios del digestor: intercambiador de calor, caldera, gasómetro y antorcha.

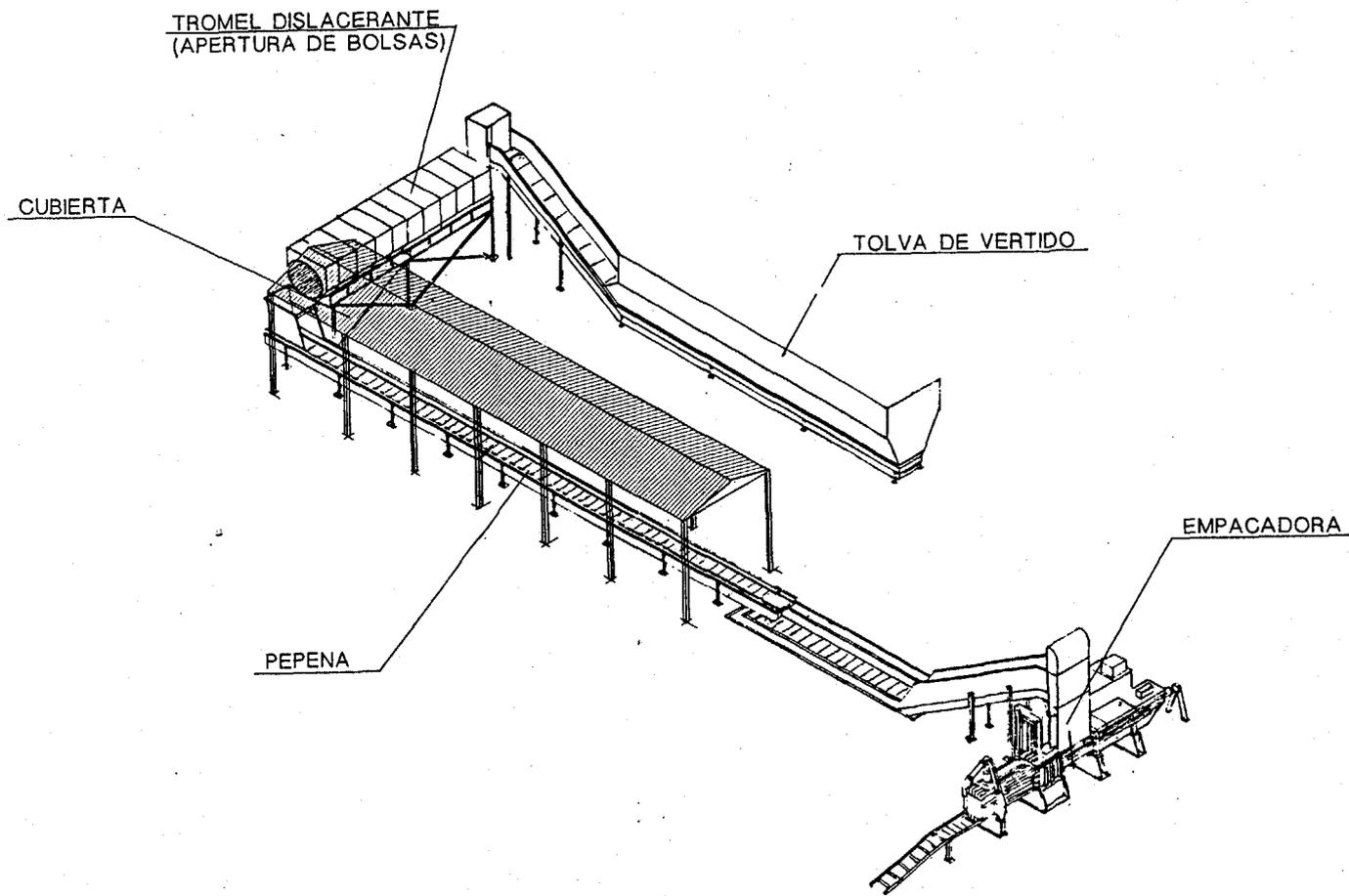
Volumen del Gasómetro: 36 m3.

Temperatura de la recirculación: 25 °C.

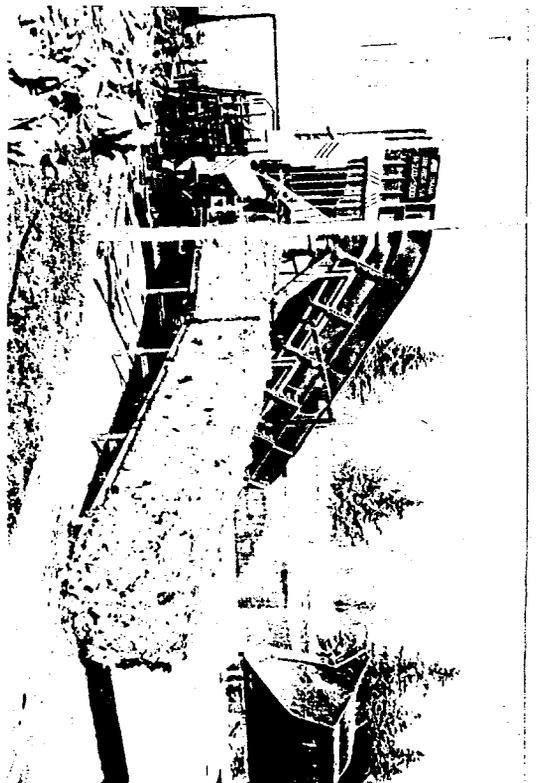
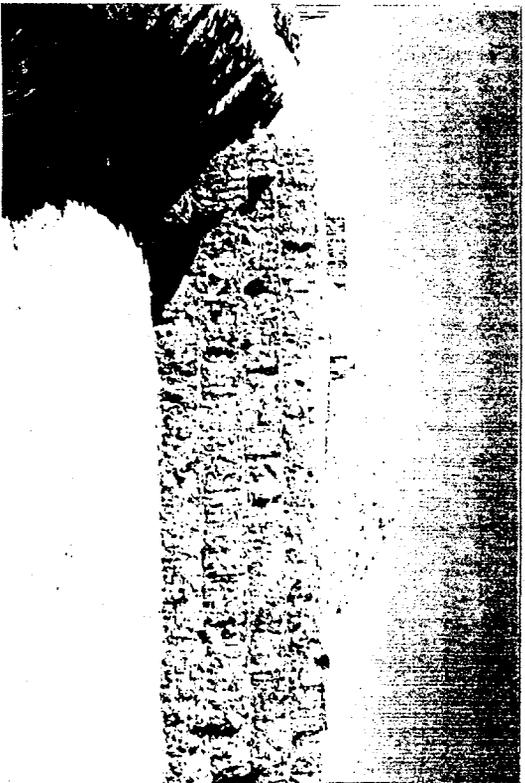
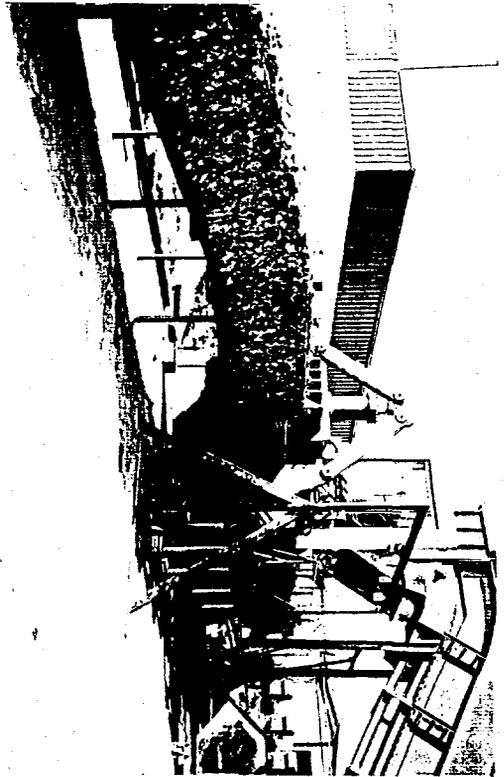
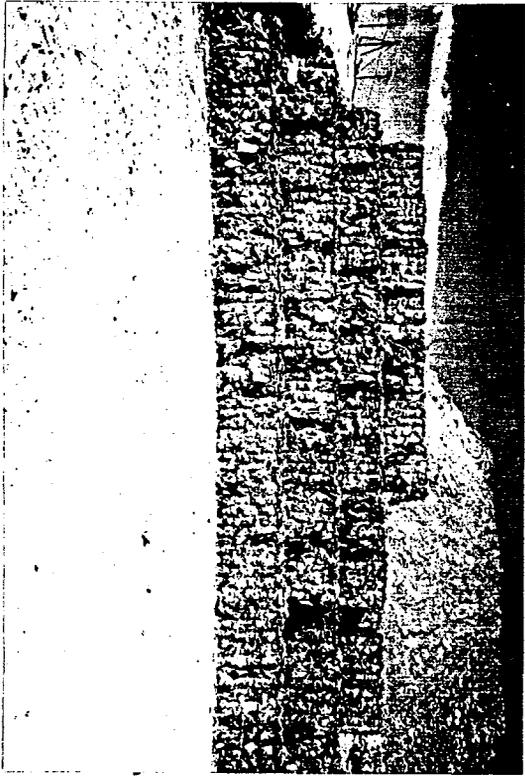




## **9.- INFORMACION GRAFICA**



**PEPENA TIPO CON EMPACADORA**



## 7.- ELIMINACION DE RESIDUOS HOSPITALARIOS

## **ÍNDICE**

- 1.- SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE LOS RESIDUOS HOSPITALARIOS DEL GRUPO III.**
- 2.- SISTEMA DE OPERACIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS HOSPITALARIOS.**
- 3.- ESTIMACIÓN DE COSTOS DE LA RECOLECCIÓN Y ELIMINACIÓN**

## 1.- SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE LOS RESIDUOS HOSPITALARIOS DEL GRUPO III.

A) INCINERACIÓN

B) ESTERILIZACIÓN

### A) *INCINERACIÓN*

Es la destrucción térmica de los residuos en un horno específico, mediante una combustión controlada en las siguientes condiciones:

#### A. Combustión

A.1. Después de la última inyección de aire de combustión, los gases deben alcanzar una temperatura mínima de 100° C durante al menos dos segundos, en presencia de un 6% de oxígeno, como mínimo.

A.2. Asimismo la concentración de CO en los gases de combustión resultantes no deberá exceder a 100 mg/Nm<sup>3</sup>, presión 101,3 kPa, 11% de oxígeno o 9% de CO<sub>2</sub>, gas seco. Deberá de asegurarse además un alto grado de mezcla y turbulencia de los gases.

Estas condiciones deben respetarse en cualquier fase de la combustión, en particular durante la puesta en marcha de la instalación, antes del comienzo de la combustión, durante el proceso de parada, hasta que la combustión de residuos haya cesado totalmente y para cualquier variación en los parámetros de operación de la instalación, ritmo de alimentación, poder calorífico, etc. Pueden admitirse condiciones diferentes a las especificadas en A.1, si se justifica que la tecnología del horno o del sistema depurador de gases permite que los niveles de dibenzodioxinas policloradas (PCDD) y dibenzofuranos policlorados (PCDF) emitidos sean equivalentes o inferiores

a los obtenidos en las condiciones técnicas anteriores. En ningún caso la temperatura mínima podrá ser inferior a 850°C.

El sistema de incineración, alimentación y horno, debe estar en depresión durante todas las fases de operación.

El dispositivo de emergencia para la evacuación de emergencia para la evacuación de los gases de la combustión debe estar situado después del punto en el que se han conseguido los dos segundos de resiliencia a 1000°C.

#### B. Depuración de gases.

Deben respetarse los siguientes límites de emisión, referidos a las siguientes condiciones: 273°C de temperatura, 101,3 KPa de presión, 11% de oxígeno ó 9% de CO<sub>2</sub>, gas seco:

Partículas totales -	100mg/Nm <sup>3</sup>
Ácido clorhídrico -	100mg/Nm <sup>3</sup>

#### C. Control de funcionamiento

Se deben de medir de forma continua los siguientes parámetros:

Temperatura de combustión de los gases

CO

Oxígeno

Contenido de partículas u otro parámetro correlacionable (opacidad) de los gases emitidos.

HCL

#### B) ESTERILIZACIÓN

Es la desinfección de los residuos mediante un autoclave cuyo nivel de desinfección garantice la eliminación de todas las formas vegetativas de las bacterias, microbacterias, hongos, esporas de hongos, virus y esporas de Bacillus Amtracis.

##### Tecnología

La esterilización se produce por Vapor Saturado en funcionamiento Vacío-Vapor-Vacío, que garantiza la desinfección de los residuos. Dicha operación se realiza en un autoclave especialmente diseñado, el cuál está dotado de un dispositivo de seguridad medio-ambiental que garantiza la no contaminación a través del colector de vacío de la propia cámara.

El funcionamiento del autoclave está controlado por el microprocesador, compuesto de dos módulos bien diferenciados: Programador y Controlador.

Como los residuos en los contenedores llegan en una masa heterogénea, en el proceso automático de esterilización se prefija un ciclo compuesto de cuatro fases, para garantizar el tratamiento de todos los residuos y tener la seguridad de que se han destruido todos los microorganismos:

##### Fase I

Esta fase está compuesta de tres vacíos hasta una presión relativa de -0,85 atm. Después de cada vacío sigue una inyección de vapor hasta alcanzar la presión de 0,45 atm. En el primer vacío se produce la apertura de todas las tapas de los

contenedores, con lo que se garantiza el tratamiento de todos los residuos. Al finalizar la 3ª inyección de vapor debe alcanzarse la siguiente proporción de aire

Aire: 0,80% - Duración fase

Vapor: 99,20% - Aprox. 10 minutos.

#### *Fase II*

Calentamiento por inyección continuada de vapor hasta alcanzar la presión de esterilización, 2,2 atm., y una temperatura de 134°C. (5 minutos de duración aproximada).

#### *Fase III*

Esterilización por inyección continuada de vapor durante aproximadamente 15 minutos, conservando la presión de 2,2 atm. en cámara y la temperatura de 134°C.

#### *Fase IV*

Desvaporización por extracción de vapor hasta quedar la cámara a un vacío de 0,99 atm. para facilitar el secado del material y, una vez terminado, pasar a la presión atmosférica para la apertura de la cámara.

La recámara de esterilización siempre está llena de vapor, tanto durante todas las fases como entre ciclo y ciclo, por ello la cámara permanece caliente y así su calor radiante mejora el rendimiento en tiempo en cada ciclo, asegurando el secado igualmente en todos los tratamientos.

En ningún momento del proceso de esterilización, el operador estará en contacto con los residuos. Con el módulo Controlador se están controlando durante todo el proceso todos los parámetros del programa:

Temperaturas

Presiones

Tiempos

## **2.- SISTEMA DE OPERACIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS HOSPITALARIOS**

Para los residuos sanitarios del Grupo III, específicos o de riesgo que son aquellos que requieren medidas especiales de prevención en su gestión, hay que utilizar un sistema absolutamente seguro para garantizar en todo momento el ciclo seguido por los residuos, la ausencia de riesgos para la salud laboral o pública, tanto en el interior como en el exterior de los centros hospitalarios. Por todo ello se actúa sobre tres puntos fundamentales en su gestión:

Envasado y almacenamiento

Recolección

Eliminación

### **ENVASADO Y ALMACENAMIENTO**

Para envasar los residuos se utilizan dos modelos de recipientes de 30 y 60 litros que están fabricados en polietileno de alta densidad y cumplen las especificaciones de la norma DIN V-30739, vigente a nivel europeo. Estos modelos incorporan una bisagra homologada que posibilita que la tapa siempre esté unida al cubo y que no pueda permanecer abierta salvo en el momento de depositar el residuo. Estos contenedores son absolutamente impermeables y herméticos y, una vez llenados, pueden ser fácilmente apilados, lo que facilita su almacenamiento.

### **RECOLECCION**

La recolección y transporte de los recipientes la realiza personal especializado, convenientemente adiestrados para esta tarea. Todos los conductores disponen de carnet de conductor de mercancías peligrosas por carretera. Además los vehículos en

los que se realiza el transporte están dedicados exclusivamente a esta labor y están adecuados y disponen de permiso de transporte de mercancías peligrosas.

Los gestores de recolección y transporte de residuos clínicos, tóxicos y peligrosos, deberán disponer de un seguro de responsabilidad civil ilimitado que cubre los daños que pudiera causarse al medio en caso de accidente.

### ELIMINACIÓN

Es el punto más importante de la gestión. De los dos sistemas propuestos la esterilización en autoclave por medio de vapor a alta temperatura es la más aconsejable, pero ambos sistemas exigen para su rentabilidad social-económica un tratamiento de más de 1.000 Tm/año. La razón de declinarse hoy en día por la esterilización, se hace en base al principio de no agresión al medio, sin restar efectividad al método y garantizando la seguridad del vertido final, asimilándolo al residuos urbano.

La instalación está diseñada de forma que ni los residuos ni los contenedores en los que llegarán a la planta sean abiertos ni manipulados antes de la esterilización. Por ello, son introducidos en carros especiales en el interior de la cámara en la que una vez cerrada herméticamente se abren para que los residuos queden expuestos a la acción del vapor.

### 3.- ESTIMACIÓN DE COSTOS DE LA RECOLECCIÓN Y LA ELIMINACIÓN

Para hacer una estimación de los residuos sanitarios que se generan en los centros hospitalarios, se considera que se genera una media de residuos de 3 Kg por cama y día, sin incluir el Grupo IV (únicamente citostáticos). Estas cantidades varían en función de la asistencia en cada hospital. La distribución de estos residuos en los Grupos anteriormente descritos es:

Grupo I Asimilables a urbanos	1,90 Kg./cama y día
Grupo II Clínicos inespecíficos	0,80 Kg./cama y día
Grupo III Clínicos específicos	0,25 Kg./cama y día
Citostáticos	10% de los residuos del Grupo III

A la cantidad global se deberá de añadir todos los demás productos de residuos "sin encamamiento" como los centros de salud, clínicas, etc..., que se puede suponer se genera un 10% de la cifra obtenida anteriormente.

En función de lo expuesto, los residuos producidos en Ciudad del Carmen, que cuenta con 180 camas, serán los siguientes:

CUADRO DE LOS RESIDUOS CLASIFICADOS SEGUN LOS GRUPOS I, II, III Y CITOSTATICOS (Kg/día)

Nº CAMAS	180
GRUPO I	342
GRUPO II	153
GRUPO III	45
CITOSTATICOS (10%)	5
TOTAL	515

La producción de residuos del grupo III es la que nos ocupa y según lo calculado arroja una cifra diaria de 45 Kg, por lo que los residuos generados en un año serán:

$$45 \times 365 \text{ días} = 16.425 + 10\% = 18.067 \text{ Kg/año} = 18 \text{ Tm/año}$$

Es evidente que con esta escasa generación de este tipo de residuos no procede ni la incineración ni la esterilización, por lo que se propone la construcción de una celda específica en el Relleno Sanitario, cuyo dimensionamiento y características deberán definirse en el correspondiente proyecto.

El costo medio operacional, en los países desarrollados, es de 2 N\$/cama y día lo que supone:

$$180 \text{ camas} \times 2 \text{ N\$/cama día} = 360 \text{ N\$/día}$$

## 8.- CAMPAÑA DE CONCIENTIZACION CIUDADANA

## **CAMPAÑA DE CONCIETIZACION CIUDADANA**

### **ÍNDICE**

**1. INTRODUCCIÓN**

**2. CONCIETIZACIÓN DE LOS CIUDADANOS**

**3. DESARROLLO DE LA CAMPAÑA**

**4. SECTORES DE LA SOCIEDAD INVOLUCRADOS EN CAMPAÑA**

**5. OBJETIVOS DE LA CAMPAÑA**

**6. BASES DE LA CAMPAÑA**

**7. ACCIÓN CÍVICA EN LA ESCUELA**

**8. CONCLUSIONES**

**9. INFORMACION GRAFICA**

## CAMPAÑA DE CONCIENTIZACIÓN CIUDADANA

### 1. INTRODUCCIÓN

Una ciudad que pretenda resolver adecuadamente, la eliminación de los residuos sólidos municipales, no puede quedarse estancada y olvidarse que una buena campaña publicitaria no es un gasto, es una inversión y seguir el ejemplo de las grandes capitales mundiales como Londres, San Francisco, Chicago, París, Madrid, etc... que en pocos años, con buenas campañas de publicidad, así como con un buen servicio, han conseguido cambiar la fisonomía de la ciudad, y las costumbres higiénicas de sus ciudadanos.

Es importante en una campaña de publicidad que se realice de una forma progresiva y constante para conseguir los objetivos de despertar la atención de los ciudadanos, empresas, colectivos, etc... motivarlos hasta realizar una participación activa y conseguir que adquieran un "hábito limpio" de vida.

La campaña de publicidad debe ser moderna, utilizando todos los medios disponibles para llegar al objetivo, sin olvidar la T.V., la radio, la prensa y la publicidad directa mediante carteles, folletos, pegatinas, etc.

Se han de aprovechar todas las oportunidades que se brinden durante el año, para realizar una publicidad indirecta y blanca, como es en el caso de reportajes, artículos, etc., que los medios de comunicación realizan con motivo del día del medio ambiente, año de la limpieza, etc..

## 2. CONCIENTIZACIÓN DE LOS CIUDADANOS

El ayuntamiento tiene la obligación de ser la cabeza visible de un nuevo movimiento, innovador y participativo de todos los estamentos, colectivos, y empresas con el fin de concienciar a los ciudadanos, cambiar la imagen de la ciudad y crear en ellos la idea fundamental de CALIDAD DE VIDA.

El ciudadano ha de ser motivado, a romper con sus hábitos cotidianos de asumir la suciedad como parte de la ciudad y del desarrollo, para crear un futuro de limpieza y disfrute del hábitat en el que se desarrolla.

El tener una ciudad limpia no es un derecho del ciudadano, es un deber, y como tal ha de ser fruto del trabajo colectivo.

## 3. DESARROLLO DE LA CAMPAÑA

Se propone un planteamiento basado en las campañas realizadas en EEUU (Clean Community System) y en Inglaterra por el Keep Britain Tidy.

La campaña ha de seguir una serie de fases que se resumen en tres fenómenos básicos:

- a) Reconocer la situación actual y rechazarla.
- b) Cambiar los hábitos de la población.
- c) Generar unas costumbres limpias duraderas.

Las acciones o etapas que recoge la campaña pueden ser a las siguientes:

- 1º Ceremonia de apertura de la campaña por el Ilmo. Sr. Alcalde, para conseguir el máximo apoyo publicitario en los medios de comunicación.
- 2º Campaña de prensa y radio.
- 3º Distribución de pegatinas, folletos, etc.
- 4º Colocación de carteles en lugares estratégicos y que no dañen al entorno.
- 5º Situación de carteles en todos los lugares públicos.
- 6º Organización del día festivo de la limpieza, con formato de fiesta para grupos de voluntarios, parques, barrios, etc.
- 7º Celebración de concursos escolares de redacción y pintura sobre el tema, con entrega de premios el día del medio ambiente.
- 8º Realización de campañas, charlas y otras actividades para colegios y centros de educación.
- 9º Promulgación de un bando sobre limpieza y saneamiento.
- 10º Conferencias y coloquios en la Semana del medio ambiente, para una mayor repercusión en los medios de comunicación.

#### 4. SECTORES DE LA SOCIEDAD INVOLUCRADOS EN LA CAMPAÑA

- El Ayuntamiento en pleno, con la figura del Ilmo. Sr. Alcalde a la cabeza.
- La prensa y la radio.
- La T.V.
- Los colegios y escuelas
- La Policía Municipal
- Asociaciones de vecinos, grupos ecologistas y Asociaciones comerciantes.
- Etc.

Se propone la creación de un comité de seguimiento de la campaña que coordine y dirija las actividades a desarrollar según se sucedan las diferentes etapas de la campaña.

#### 5. OBJETIVOS DE LA CAMPAÑA

Los objetivos de la campaña son elementales, y por ello de largo proceso para su consecución. Fases sucesivas a conseguir:

- 1º.- El ciudadano tiene asumida la idea de que es una ciudad sucia, por ello hay que despertar rechazo ante esta situación.
- 2º.- Conseguido el rechazo hay que generar en el ciudadano la voluntad de trabajar para conseguir una ciudad limpia.

3º.- Conseguir que las empresas se motiven y con ayudas de la Administración puedan hacer inversiones en materia medio ambiental.

4º.- Crear hábitos limpios en todos los ciudadanos.

El proceso a seguir con la población adulta es el de generar un rechazo a una situación asumida y dirigir a la población contra la realidad descubierta para conseguir el objetivo de una ciudad LIMPIA Y HABITABLE.

Con la campaña se pretende modificar el criterio de la opinión pública y la actividad de los ciudadanos.

Para que los ciudadanos presten atención a la Campaña para la Limpieza Pública, se debe crear una publicidad de ruptura, que llame la atención sobre lo que es la ciudad en realidad, facilitando el envío de mensajes educativos.

#### 6. BASES DE LA CAMPAÑA

Basándose en la creencia actual de ciudad sucia, se trata de demostrar lo contrario. No se debe recurrir a filosofías de campaña tan simples, blandas y trasnochadas del estilo de "Mantén limpia tu ciudad", "Juega limpio con tu ciudad", etc. A estas alturas, pasarían inadvertidas. No captarían la atención del público. Sería un esfuerzo inútil. Es mucho más apropiado centrarse en la argumentación siguiente:

*"No hay ciudades limpias o sucias. Todo depende del comportamiento de sus habitantes".*

Este planteamiento permite establecer un eje de campaña diferente y sugestivo cuyo enunciado podría ser:

**"NO SOMOS UNA CIUDAD SUCIA"**

Que se completará con la inclusión del mensaje propiamente educativo:

**"NO LA ENSUCIEMOS"**

## 7. ACCIÓN CÍVICA EN LA ESCUELA

En el curso escolar de acuerdo con las actividades educativas debe llevarse a cabo un Plan de educación del Medio Ambiente y Limpieza Pública, con el fin de lograr una mentalización de los escolares referentes a los ámbitos de ecosistemas urbanos en los cuales la labor de los servicios de limpieza se ve favorecida, o no, según sea la actitud del ciudadano.

Si tratamos de formar hábitos debemos dirigir nuestra labor al tipo de población que está en disposición de ser formada y cuya personalidad, hábitos y conducta no están aún fraguados y por lo tanto, son susceptibles de ser modificados y dirigidos en el buen sentido. Estamos hablando, sin duda, de la población escolar.

Se podrá tratar también a la población adulta, pero el esfuerzo sería mucho mayor. La labor sería correctiva, no formativa, lo cual implica unos medios mucho más costosos (agencia publicitarias, publicidad de radio, T.V., prensa, etc.) con unos resultados menos seguros y tal vez más bajos en cuanto a rendimiento.

La escuela es una labor de futuro, a través de ella, con su poder de irradiación, se puede influir indirectamente en la población adulta, pues las actitudes y hábitos de los niños inciden en las conductas familiares, transformándolas. De ahí que si en la escuela aprende y toma una idea clara de la necesidad de limpieza, esta presidirá su ética propia, en su casa, en la misma escuela, en la calle, parque, playas, etc. no admitiendo acciones discordantes con lo aprendido.

Siguiendo el orden de la programación de las actividades se realizará la primera etapa de acercamiento y motivación a los escolares mediante el cartel explicativo "TU CIUDAD" y una película de video que contemple los servicios municipales, haciendo hincapié en los Saneamientos y generación y gestión de los R.S.M., tratando de hacer llegar al escolar el mensaje de que con su actitud puede beneficiar la labor de dichos servicios y, por tanto, evitar que los presupuestos municipales se inviertan en tareas no productivas, socialmente hablando, como son las efectuadas al limpiar por descuido, falta de concienciación y colaboración de los ciudadanos, invirtiéndose el 20% de las consignaciones presupuestarias de los servicios, gastadas por los defectos antes mencionados, en obras sociales más rentables para la comunidad (centros asistenciales, oficinas de consumo, colegios, instalaciones deportivas, etc...).

Resaltando el gran aumento de la población, la industrialización y el consumo cada día mayor de productos desechables que nos ha llevado a generar cada día mayores cantidades de basura, tenemos la imperiosa necesidad de poner en práctica tres acciones para los R.S.M.:

REDUCIR

REUTILIZAR

RECICLAR

Otra de las etapas del PLAN DE EDUCACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE Y LIMPIEZA PÚBLICA, consistirá en el desarrollo del aula urbana, por medio de la cual se trate de acercar al escolar al conocimiento de los distintos aspectos del ecosistema y la comunidad urbana, donde los servicios municipales desempeñan su labor diaria.

A este respecto los resultados obtenidos en distintas ciudades, de diferentes países han sido preocupantes por la opinión global reflejada en ellos, así como por el nivel de desconocimiento del entorno urbano que fue objeto de la muestra. A continuación se exponen varios:

80% no conocen el coste de los servicios.

21% no saben quien gobierna la ciudad.

43% opina que su barrio no está limpio.

49% dicen que el suyo está regular de limpio.

73% son conscientes de que los ciudadanos no colaboran en la limpieza.

80% opinan que los ciudadanos no usan papelera.

## 8. CONCLUSIONES

1º.- El desarrollo de la campaña para la consecución de los objetivos será de 5 años.

2º.- La utilización de los medios de comunicación y sistemas de publicidad, se harán de forma global para el apoyo entre sí de la idea a desarrollar.

3º.- Diferentes diseños de folletos y carteles se adjuntan a continuación.

4º.- Considerando importante resaltar que la campaña no es un gasto, es una inversión en el beneficio de la ciudad, ya que la reducción de desperdicios a recoger y de los costes del servicio implicarán una mejora global para todos.

5º.- Se fomentará o exigirá la unión de los talleres y establecimientos expendedores de llantas, baterías, pilas, sprays, etc., para constituir centros de devolución y almacenamiento.

## **9.- INFORMACION GRAFICA**



# AYUNTAMIENTO DE LA CIUDAD DEL CARMEN

## Recogida Mecanizada de Basuras

Con un afán de racionalización, el Ayuntamiento ha decidido realizar la recogida de basuras domésticas según el sistema de recogida hermética y mecanizada.

La puesta en aplicación de este tipo de recogida se realizará en su zona próximamente y para ello se colocarán en la calle contenedores con ruedas de la capacidad adecuada a sus necesidades.

Estos contenedores herméticos permiten su vaciado automático en camiones especialmente diseñados para este tipo de recogida.

Para que pueda beneficiarse de este moderno sistema adoptado ya en muchos Municipios, le rogamos siga los consejos adjuntos, a fin de poder facilitar al máximo los trabajos de recogida a los encargados de realizarla.

## Y así puede Vd. colaborar:

**1**

Deposite siempre la basura en bolsas perfectamente cerradas y sin que escurran líquidos.



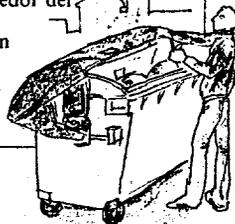
**2**

Pliegue o trocee las cajas de cartón o madera e introdúzcalas en bolsas. Si las deposita enteras reducen considerablemente la capacidad del contenedor.



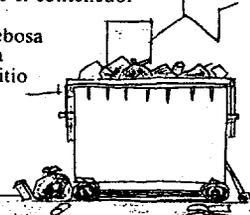
**3**

Utilice el contenedor que tiene asignado cerrando posteriormente su tapa. No deposite basura alrededor del contenedor. Respete la ubicación del mismo.



**4**

Si advierte que el contenedor asignado a su domicilio se rebosa con frecuencia o está cambiado de sitio infórmele al Servicio de Limpieza en el teléfono



**5**

No echar en los contenedores escorias u otros materiales que puedan deteriorarlos. Los envases de vidrio deben depositarse en los contenedores específicamente destinados a este fin.



**6**

Si necesita deshacerse de muebles, electrodomésticos o trastos viejos, llame al y el Servicio de Limpieza se las retirará de forma gratuita.



Para cualquier consulta llame al teléfono

SERVICIO DE LIMPIEZA

# Colabore con el Ayuntamiento en la recogida de basuras domésticas



Deposite siempre la  
basura en bolsas cerradas



Utilice el contenedor  
cerrando siempre la tapa



Trocee las cajas de cartón  
e introdúzcalas en bolsas



Si necesita deshacerse de  
muebles llame al

**AYUNTAMIENTO DE  
LA CIUDAD DEL CARMEN**