

**UTN – FRVT**  
Departamento Ingeniería Civil

PROYECTO FINAL N° 7

***“GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS  
URBANOS PARA LA CIUDAD DE VENADO TUERTO”***



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL  
FACULTAD REGIONAL VENADO TUERTO**

Alumna  
Gabriela Martin

Ing. Julio Salvay  
Coordinador Proyecto Final

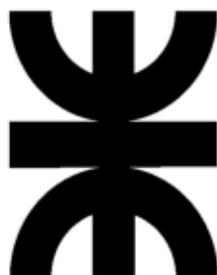
Ing. Daniel Dabove  
Ing. Alberto Armas  
Directores Proyecto Final

- AÑO 2003 -

**UTN – FRVT**  
Departamento Ingeniería Civil

PROYECTO FINAL N° 7

***“GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS  
URBANOS PARA LA CIUDAD DE VENADO TUERTO”***



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL  
FACULTAD REGIONAL VENADO TUERTO**

Alumna  
Gabriela Martin

Ing. Julio Salvay  
Coordinador Proyecto Final

Ing. Daniel Dabove  
Ing. Alberto Armas  
Directores Proyecto Final

- AÑO 2003 -

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL  
FACULTAD REGIONAL VENADO TUERTO**

**CARRERA INGENIERÍA CIVIL**

**PROYECTO FINAL**

**TEMA: *GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS  
PARA LA CIUDAD DE VENADO TUERTO***

**DIRECTOR ACADÉMICO:**

**ING. JULIO SALVAY**

**DIRECTORES TÉCNICOS:**

**ING. DANIEL DABOVE**

**ING. ALBERTO ARMAS**

**ALUMNA: GABRIELA MARTIN**

## **RESUMEN**

La intención principal del proyecto es proponer alternativas de gestión integral de residuos, para solucionar la problemática existente con relación a los residuos sólidos urbanos en nuestra ciudad debido a la ausencia de un sistema para el tratamiento y disposición final de los desechos y el hecho de tener que erradicar el actual basural.

Se exponen los lineamientos generales que conforman un plan de gestión integral de residuos, es decir, todos los aspectos que se desarrollan desde la generación de los residuos hasta la disposición final, a través del análisis de criterios técnicos, ambientales, económicos, y sociales.

Se estudia la situación actual de nuestra ciudad, y se brindan los elementos generales y particulares que caracterizan las soluciones que se proponen.

Se sugieren dos alternativas que difieren básicamente en el sistema de tratamiento y disposición final de los residuos.

Se plantea la ALTERNATIVA 1; que consiste en la disposición final de la totalidad de los residuos sólidos en un relleno sanitario controlado, sin tratamiento alguno para los desechos, y se considera la clausura inmediata del actual basural.

Además, se tiene la ALTERNATIVA 2; basada en el tratamiento de los residuos en una planta de separación con un plan progresivo de clasificación en destino. Esta situación, posibilita la desactivación del actual vaciadero de manera gradual. El resto de los residuos, que no se pueden recuperar, se envían a un relleno de seguridad.

Se incluye en este trabajo la determinación de costos de las distintas gestiones de residuos, que permite definir la factibilidad económica del proyecto.

### **OBJETIVOS**

El presente proyecto abarca los objetivos que se detallan a continuación:

- ✓ Estudiar cada una de las etapas que forman parte de un plan de gestión integral de residuos sólidos urbanos, es decir, recolección y transporte, tratamiento y/o recuperación de residuos, y disposición final de los mismos. Ésto implica analizar los siguientes aspectos: situación actual, problemática, generación, recolección, transporte, tratamiento, disposición final y comercialización, legislación vigente, problemas sociales, educación de la población, infraestructura necesaria, equipos y maquinarias, etc.
  
- ✓ Obtener una solución para la problemática existente, a través de un sistema integral de tratamiento de residuos sólidos urbanos para la ciudad de Venado Tuerto que contemple criterios ambientales, sociales y económicos.
  
- ✓ Analizar los lineamientos generales y particulares que caracterizan la solución que se propone.

## **INDICE**

### ***GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS PARA LA CIUDAD DE VENADO TUERTO***

<b><i>INTRODUCCIÓN</i></b> -----	1
----------------------------------	---

### **CAPÍTULO 1**

#### ***GENERALIDADES SOBRE LOS RESIDUOS SÓLIDOS***

1-1- DEFINICIÓN DE BASURA -----	3
1-2- DEFINICIÓN DE RESIDUOS -----	3
1-3- DEFINICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS -----	4
1-4- CLASIFICACIÓN DE RESIDUOS -----	5
1-5- COMPOSICIÓN -----	6
1-6- PESO ESPECÍFICO -----	8
1-7- HUMEDAD -----	9

### **CAPÍTULO 2**

#### ***PROBLEMÁTICA DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN LA CIUDAD DE VENADO TUERTO***

2-1- ANTECEDENTES DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE RSU -----	10
2-2- ACTUAL MÉTODO DE DISPOSICIÓN FINAL DE RSU -----	11
2-2-1. BASURAL A CIELO ABIERTO DE VENADO TUERTO -----	14
2-3- CLAUSURA DEL BASURAL A CIELO ABIERTO -----	25

### **CAPÍTULO 3**

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

3-1- CONCEPTOS BÁSICOS -----	26
3-2- ELEMENTOS DE UN SISTEMA DE GESTIÓN INTEGRAL DE RSU -----	29
3-3- ALTERNATIVAS PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DE RSU PARA LA CIUDAD DE VENADO TUERTO -----	30

## **CAPÍTULO 4**

### *CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO*

4-1-	UBICACIÓN GEOGRÁFICA -----	33
4-2-	DATOS CLIMÁTICOS -----	34
4-3-	USOS DEL SUELO -----	35
4-4-	DATOS DEMOGRÁFICOS -----	36
4-5-	MARCO LEGAL -----	37

## **CAPÍTULO 5**

### *GENERACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS*

5-1-	TIPOS Y CANTIDADES DE RESIDUOS -----	41
5-2-	INFORMACIÓN ACERCA DE LOS RESIDUOS -----	44

## **CAPÍTULO 6**

### *EDUCACIÓN DE LA POBLACIÓN*

6-1-	GENERALIDADES -----	45
------	---------------------	----

## **CAPÍTULO 7**

### *RECOLECCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS*

7-1-	GENERALIDADES -----	47
7-2-	VEHÍCULOS RECOLECTORES DE RESIDUOS -----	48
7-3-	PERSONAL RECOLECTOR -----	49
7-4-	DISEÑO DE RUTAS DE RECOLECCIÓN -----	50
7-5-	PROBLEMAS HIGIÉNICOS DE LA RECOLECCIÓN DE RSU -----	52
7-6-	SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE RSU EN VENADO TUERTO ---	53
7-7-	ANÁLISIS DE LOS SISTEMAS DE RECOLECCIÓN DE RSU ----	55
7-1-1.	RECOLECCIÓN DOMICILIARIA -----	55
7-1-2.	RECOLECCIÓN SELECTIVA -----	66
7-1-3.	RECOLECCIÓN COMERCIAL E INDUSTRIAL INDIVIDUAL ----	68
7-1-4.	RECOLECCIÓN DESPERDICIOS MAYORES -----	69
7-1-5.	RECOLECCIÓN RESIDUOS PATOLÓGICOS Y PELIGROSOS ---	73

## **CAPÍTULO 8**

### *TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS*

8-1- GENERALIDADES .....	74
8-2- TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO DE RSU .....	76
8-3- PLANTAS DE TRATAMIENTO DE RSU .....	78
8-4- PROPUESTA DE TRATAMIENTO DE RSU PARA LA CIUDAD DE VENADO TUERTO .....	84
8-4-1. CRITERIOS DE INGENIERÍA .....	86
8-4-2. BALANCE DE MASAS .....	87
8-4-3. OPERATIVIDAD DE LA PLANTA .....	107
8-4-4. PROCESO DE SEPARACIÓN .....	109
8-4-5. ORGANIZACIÓN DEL PROCESO DE CLASIFICACIÓN .....	113
8-4-6. CAPACIDAD DE LA PLANTA .....	114
8-4-7. PROGRAMA DE PRODUCCIÓN .....	116
8-4-8. INFRAESTRUCTURA NECESARIA .....	119
8-4-9. EQUIPAMIENTO NECESARIO .....	124
8-4-10. ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO PLANTA DE CLASIFICACIÓN DE RSU .....	126
8-4-11. COSTOS OPERATIVOS PLANTA .....	129
8-4-12. ORDEN DE INVERSIÓN TOTAL .....	135

## **CAPÍTULO 9**

### *DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS*

9-1- GENERALIDADES .....	139
9-2- INCINERACIÓN .....	140
9-2-1. CARACTERÍSTICAS DE LA INCINERACIÓN .....	141
9-2-2. VENTAJAS E INCONVENIENTES .....	143
9-3- RELLENO SANITARIO .....	145
9-3-1. PRINCIPIOS BÁSICOS DE RELLENO SANITARIO .....	148
9-3-2. TIPOS DE RELLENOS SANITARIOS .....	154
9-3-3. FACTORES DE DISEÑO .....	157
9-3-4. METODOLOGÍA OPERATIVA .....	160
9-3-5. CÁLCULOS PARA EL DISEÑO DE UN RELLENO SANITARIO .....	162
9-3-6. LIXIVIADOS .....	167
9-3-7. GASES .....	170

9-3-8. REACCIONES QUE SE PRODUCEN EN UN RELLENO SANITARIO -----	172
9-3-9. INFRAESTRUCTURA NECESARIA -----	173
9-3-10. EQUIPAMIENTO -----	175
9-3-11. MANO DE OBRA -----	176
9-3-12. DETERMINACIÓN DE COSTOS -----	179
9-3-13. SEGUIMIENTO Y CONTROL DEL RELLENO -----	181
9-3-14. MEDIDAS DE MITIGACIÓN -----	183
9-3-15. CLAUSURA Y POSTCLAUSURA DEL RELLENO SANITARIO -----	185
9-4- RELLENO DE SEGURIDAD -----	187
9-4-1. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE UN RELLENO DE SEGURIDAD -----	188
9-4-2. CRITERIOS DE DISEÑO -----	189
9-5- PROPUESTA DE DISPOSICIÓN FINAL DE RSU PARA VENADO TUERTO -----	192
9-5-1. LOCALIZACIÓN DEL SITIO PARA DISPOSICIÓN FINAL -----	193
9-5-2. DESARROLLO PARA ALTERNATIVA 1 -----	195
9-5-3. DESARROLLO PARA ALTERNATIVA 2 -----	203

## **CAPÍTULO 10**

### **CONCLUSIONES**

10-1- SOBRE LA GESTIÓN INTEGRAL DE RSU -----	209
10-2- SOBRE LA RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE DE RSU -----	210
10-3- SOBRE EL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE RSU -----	211
10-4- SOBRE LA DISPOSICIÓN FINAL DE RSU -----	213
10-5- SOBRE LA SITUACIÓN SOCIAL -----	214
10-6- SOBRE LA VALORACIÓN ECONÓMICA DE LAS PROPUESTAS -----	215

<b>BIBLIOGRAFÍA -----</b>	<b>219</b>
---------------------------	------------

## **INTRODUCCIÓN**

El estudio del tratamiento de los residuos sólidos urbanos para la ciudad de Venado Tuerto surge como consecuencia de no contar con un sistema para el tratamiento y adecuada eliminación de residuos y de tener que erradicar el actual basural a cielo abierto con que cuenta la ciudad.

Para poder resolver una situación de este tipo, es necesario considerar los numerosos aspectos que intervienen, de tal manera de proponer un manejo integral de los residuos, y esto implica trabajar sobre distintos puntos tales como:

- ✓ Los procesos por los que atraviesan los residuos: generación, recolección, transporte, tratamiento, disposición final y comercialización.
- ✓ La legislación que permita establecer normas para regular tanto el manejo de los residuos como los procesos que se deben llevar a cabo.
- ✓ Los problemas sociales, como el cirujeo y la situación de los habitantes de las zonas aledañas al conflicto.
- ✓ La educación de la población para que tome conciencia de la problemática y adquiera una participación más activa.

Por lo tanto éste análisis se basa fundamentalmente en criterios ambientales y económicos. También se contemplan factores sociales, debido a que todo proyecto de estas características debe contar con un plan social que tienda a incluir los diversos actores de la problemática a solucionar. Los aspectos ambientales se refieren al hecho de que se tiene que eliminar el actual sistema de disposición a cielo abierto, y plantear un esquema de disposición de residuos controlada que contribuya a mejorar la calidad de vida de los habitantes. En cuanto a los criterios económicos, se hace una valoración económica de la solución que se propone para la ciudad de Venado Tuerto, ya que éste permite delinear la factibilidad del proyecto.

Es necesario tener presente una serie de objetivos específicos que justifican la proposición de una solución, tales como:

- Eliminar el actual basural a cielo abierto.
- Plantear un sistema de tratamiento adecuado para los residuos.
- Darle valor a los productos obtenidos de los residuos.
- Creación de puestos de trabajo.
- Generación de conciencia en la población acerca de lo que significa el problema de la basura en la localidad y en el mundo.

El tratamiento y manejo de los residuos sólidos que produce el hombre en su vida diaria, son aspectos que se han ido desarrollando a través del tiempo acompañando la evolución humana. Los dos sistemas más antiguos que han utilizado las comunidades para disponer los residuos sólidos han sido el vertido incontrolado y la incineración de los mismos.

En los primeros tiempos lo único que se hacía con la basura consistía en arrojarla en los mismos lugares de generación. Luego, a partir del crecimiento urbano, el hombre se vio forzado a organizar su recolección y traslado hacia zonas más alejadas en donde los descargaba libremente, dando origen a los basurales a cielo abierto, generalmente ubicados en zonas de tierras bajas y pobres.

Sin embargo, el rápido incremento de la población urbana hizo que su crecimiento llevara los suburbios de algunas ciudades hasta el borde mismo de los basurales. Ésta situación obliga al hombre a convivir con olores pútridos e insanos producidos por la descomposición de los residuos, con ratas y moscas, y abastecerse de agua de pozos contaminados con aguas de lluvia que filtran a través de los residuos.

Además se debe considerar el cambio que se produjo en la composición de los residuos; y la posibilidad de vender los productos recuperados o reciclados para su reuso – vidrio, plástico, papel, metal, etc. – que dio origen a una actividad llamada “cirujeo”, ejecutada por individuos de baja condición social que forman parte de una economía informal.

Como consecuencia de ésta situación, se tiene un sector de la población viviendo en condiciones infrahumanas sobre grandes basurales, con roedores y moscas, sobreviviendo con el producto del cirujeo.

Esta problemática **no debe continuar**; es necesario **proponer alternativas** para implementar una **gestión integral de residuos sólidos urbanos**, que permitan modificar ésta situación, para evitar que se produzca una contaminación irreversible del medio ambiente, y eliminar así, los focos de proliferación de vectores que atentan contra la salud de la población.

Se debe tener presente que el problema del tratamiento de los residuos sólidos urbanos es uno de los aspectos más importantes que se deben resolver para contribuir al saneamiento básico de una comunidad, por lo tanto hay que evaluar las distintas actividades relacionadas con la recolección, transporte, clasificación y disposición final de residuos, teniendo presente que se trata de una problemática que involucra la salud humana y el medio ambiente.

Además se debe considerar la importancia económica, debido a que mantener adecuadamente éstos servicios implica que los municipios o empresas privadas deban realizar importantes inversiones.

## **CAPÍTULO 1: GENERALIDADES SOBRE LOS RESIDUOS SÓLIDOS**

### **1-1- DEFINICION DE BASURA**

Comúnmente el término “basura” engloba todos los residuos, desechos y desperdicios sólidos o semisólidos que resultan de las actividades domésticas y urbanas, sin distinción de origen, que son susceptibles de ser eliminados del lugar por no ser útiles, pudiendo en cambio producir molestias, y, según su origen convertirse en un agente contaminante. Éstos restos pueden ser divididos en putrescibles o no putrescibles.

### **1-2- DEFINICION DE RESIDUOS**

Los residuos conforman un conjunto de elementos que brindan la posibilidad de poder ser reciclados.

En su composición intervienen, materiales y productos, a los cuales se los puede reunir en dos grupos:

- 1) **Residuos Orgánicos**: son aquellos que pueden descomponerse, son putrescibles y comprenden restos de comidas, vegetales, animales, césped cortado, podas de plantas y árboles.
- 2) **Residuos Inorgánicos**: son los residuos resultantes de productos elaborados por el hombre que no son alterados por la naturaleza y comprenden cartones, trapos, plásticos, latas y otros metales.
- 3) **Residuos Patológicos**: son los generados en hospitales, clínicas, consultorios privados y comunitarios y algunos residuos sólidos domiciliarios (pañales, toallas higiénicas, algodón, etc.)

Los componentes mencionados de los distintos tipos de residuos, generan múltiples inconvenientes. Los orgánicos, proporcionan las condiciones aptas para la proliferación de roedores, moscas, cucarachas y todo tipo de insectos, ocasionando no sólo problemas sanitarios, sino también perjuicios económicos. Los inorgánicos, en cambio, se van acumulando y dan origen a accidentes cuando quedan arrojados sin ser seleccionados.

### **1-3- DEFINICION DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS**

Genéricamente, se entiende por residuos sólidos urbanos (RSU) a los generados por cualquier actividad en los núcleos de población o sus zonas de influencia. Por lo tanto se define como tales residuos, los producidos como consecuencia de las siguientes actividades:

- ✓ domiciliarias;
- ✓ comerciales y de servicios;
- ✓ limpieza, zonas verdes y recreativas;
- ✓ abandono de animales muertos, muebles, enseres;
- ✓ industriales, agrícolas, de construcción y obras menores de reparación domiciliaria, que se producen en las zonas clasificadas como urbanas y urbanizables.

La composición de los residuos sólidos urbanos depende básicamente de los siguientes factores:

- Nivel de vida de la población
- Actividad de la población
- Climatología general de la zona

En función de éstos aspectos, se consumirán y se utilizarán ciertos productos, que originarán los correspondientes residuos.

Los residuos sólidos urbanos, suelen estar compuestos por materia orgánica, papel, cartón, plásticos, vidrio, metales, etc. Se debe incluir también, los desechos domésticos peligrosos. Es decir, que algunos productos de uso en el hogar, pueden contener ciertas pinturas, limpiadores, tinturas, barnices, baterías, etc. que son altamente contaminantes.

**1-4- CLASIFICACIÓN DE RESIDUOS**

- **Residuos Municipales**: La generación de residuos municipales varía en función de factores culturales asociados a niveles de ingreso, hábitos de consumo, desarrollo tecnológico y estándares de calidad de vida de la población. Los sectores de más altos ingresos generan mayores volúmenes per cápita de los residuos, y éstos residuos tienen un mayor valor incorporado que los provenientes de sectores más pobres de la población. Dentro de este grupo se incluye los residuos domiciliarios y los procedentes de la limpieza de calles y del arreglo de parques y jardines.
- **Residuos Comerciales y de Servicios**: Generados en actividades comerciales y del sector de servicios privado dentro del área urbana.
- **Residuos Industriales**: La cantidad de residuos que genera una industria es función de la tecnología del proceso productivo, calidad de las materias primas o productos intermedios, propiedades físicas y químicas de las materias auxiliares empleadas, combustibles utilizados y los envases y embalajes del proceso.

### 1-5- COMPOSICIÓN

La característica principal de la basura es su heterogeneidad, y su composición depende de diversos aspectos entre los cuales se distinguen los siguientes:

- ✓ Ubicación geográfica
- ✓ Costumbres culturales
- ✓ Costo de vida (situación económica)
- ✓ Época del año
- ✓ Características de la población (industrial, comercial, residencial, etc.)
- ✓ Factores climáticos (temperatura, lluvias, vientos, etc.)

La ubicación geográfica y las costumbres culturales de una población influyen de manera muy importante en la composición de los residuos que allí se encuentran. Otro factor decisivo es la época del año, ya que esto cambia los hábitos alimenticios por ejemplo. En estaciones o climas cálidos, el volumen de los desperdicios y su contenido de humedad son mayores que en las estaciones o climas fríos.

Si se tiene en cuenta el tipo de ciudad, se observa que en zonas residenciales hay una mayor cantidad de residuos que en las zonas industriales y comerciales. Ésta variación también se presenta si se compara sectores residenciales con sectores periféricos de menores recursos económicos. Se ha demostrado que en zonas pobres, se producen mucha menos cantidad de residuos que en zonas de alto nivel económico. Otra situación importante es la que constituyen las zonas o ciudades comerciales debido a que aumenta la generación de papeles y cartones.

Es importante destacar que en los últimos años, ha habido un aumento de la cantidad de residuos sólidos generados y de la variación de la composición de los mismos.

Algunas causas de este incremento de las cantidades y de la variación son:

- ✓ CANTIDAD:
  - Crecimiento urbano
  - Mayor número de consumidores
  - Mayor consumo

✓ **COMPOSICIÓN:**

- Más embalajes
- Más envases de usar y tirar
- Más consumidores individuales vs familiares
- Más autoservicio
- Más conservas y congelados
- Mayor poder adquisitivo

✓ **VARIACIÓN TEMPORAL DE RSU:**

- **Semanales:** El lunes es el día de mayor recolección de residuos porque el domingo no se recolecta, el fin de semana se observa más consumo.
- **Mensuales:** El volumen varía según las épocas del año. Estadísticamente se observa que en verano se produce la mayor generación de residuos sólidos.
- **Largo plazo:** Éstas variaciones se asocian al crecimiento económico, que lleva consigo un aumento en la producción de residuos.

La información sobre la composición de los residuos es importante para evaluar las necesidades de equipo, los sistemas de tratamiento y los programas y planes de gestión de residuos sólidos urbanos.

### 1-6- PESO ESPECÍFICO

El peso específico se define como el peso de un material por unidad de volumen ( $\text{kg/m}^3$ ). Como el peso específico de los residuos sólidos urbanos se refiere generalmente a residuos sueltos, encontrados en contenedores, no compactados, compactados, etc., la base utilizada para los valores debe ser siempre citada.

Los datos sobre el peso específico son necesarios para valorar la masa y el volumen total de los residuos que forman parte de un plan de gestión.

Es un valor que presenta inconvenientes para poder determinarlo. Para obtener sus valores medios hay que definir con precisión las condiciones en las que se desarrolla ésta determinación.

Éstos valores están condicionados por las dimensiones del recipiente, los vehículos recolectores, los sitios de almacenamiento, etc. El peso específico depende de diferentes factores tales como:

- calidad
- contenido de agua
- grado de compactación
- forma y época de recolección

Según estudios, en los últimos años se han notado cambios en la composición de la basura, lo que ha incidido en una reducción de la densidad, por lo que es conveniente prestar atención a las características de la compactación.

Los vehículos recolectores están contruídos para compactar la basura dentro de las cajas incrementando así su densidad y permitiendo mayores cargas, con la consecuente reducción de volumen. Esto aumenta la efectividad de la recolección con la consiguiente economía en el servicio.

1-7- CONTENIDO DE HUMEDAD

El contenido de humedad de los residuos se expresa por lo general de dos formas. Entonces, se tiene el método de medición peso-húmedo, la humedad de una muestra se expresa como un porcentaje del peso del material húmedo, y el método peso-seco, en donde se expresa como un porcentaje del peso seco del material.

El contenido de humedad peso-húmedo se expresa de la siguiente forma:

$$M = \frac{(w - d)}{w} \cdot 100$$

M = contenido de humedad, porcentaje

w = peso inicial de la muestra según se entrega (kg)

d = peso de la muestra después de secarse a 105°C (kg)

## ***CAPÍTULO 2: PROBLEMÁTICA DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN LA CIUDAD DE VENADO TUERTO***

Para implementar un sistema de gestión integral de residuos sólidos urbanos a una determinada población, es necesario analizar previamente el panorama actual que presenta la ciudad en torno a la problemática de los residuos.

Éste estudio sirve para detectar las debilidades y potencialidades que forman parte del manejo de los residuos sólidos de la comunidad y es el punto de partida para las soluciones que se pretenden a alcanzar.

### ***2-1- ANTECEDENTES DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE RSU***

Nuestra ciudad cuenta con antecedentes respecto a un plan de tratamiento y eliminación de residuos sólidos que data del año 1975, cuando se puso en marcha una Planta Industrializadora de Residuos Domiciliarios, con separación de los mismos en destino. Se clasificaban y procesaban los residuos que llegaban a la planta, y luego se procedía a la disposición final. Ésta planta estaba emplazada en el predio del actual vaciadero municipal, y dejó de funcionar en el año 1978



***Antigua Planta de Tratamiento de RSU***

Otros datos anteriores que se pueden citar son: el trabajo que elaboró el Centro Regional de Agua Subterránea en 1986, y un convenio de la Cooperativa de Obras Sanitarias y la Municipalidad de Venado Tuerto con la Universidad Nacional de Córdoba en el año 1991.

## 2-2- ACTUAL MÉTODO DE DISPOSICIÓN FINAL DE RSU

El actual manejo de los residuos sólidos urbanos en nuestra ciudad, consiste en la recolección diaria de los desechos sin separación de los mismos, su transporte y disposición final en un vertedero a cielo abierto, sin ningún tratamiento o clasificación.

La totalidad de los residuos sólidos urbanos que se generan son depositados en un **basural a cielo abierto**. En el mismo se depositan residuos de origen municipal, en donde se incluyen los domiciliarios y mayores, y además se vuelcan residuos que son llevados hasta el lugar por particulares. Ésta situación genera serios inconvenientes y además es totalmente descontrolada, ya que se pueden encontrar todo tipo de residuos.

El basural a cielo abierto constituye el procedimiento de eliminación de residuos que más inconvenientes origina. Se lo define como depósitos receptores de basuras situados en lugares que no son seleccionados para tal fin, sino que por lo general se ubican en lugares con depresiones naturales o artificiales. En este sistema no se les aplica ningún tratamiento a los residuos y la descarga se hace en forma descontrolada.

El procedimiento de este sistema de disposición final se desarrolla de la siguiente manera:

Llegan los camiones recolectores al lugar de volcamiento, en correspondencia con los horarios de recolección, realizan la descarga de los residuos y se los distribuye con una pala topadora, quedando depositados a la intemperie sin ningún tipo de tratamiento.

A ésta situación se le debe sumar el problema que ocasionan las periódicas quemaduras que se producen, así como también la presencia y proliferación de insectos y animales. Además se debe tener presente la actividad de cirujeo, que es habitual en este tipo de lugares, donde no hay control alguno. Ésta práctica es muy peligrosa desde el punto de vista sanitario, además, del efecto social y económico que ocasiona en la comunidad.

Los numerosos problemas que genera este tipo de eliminación de residuos sólidos se los pueden clasificar de la siguiente forma:

### **7** HIGIÉNICOS:

En el ambiente que se produce la deposición de la basura, las ratas, moscas y todo tipo de insectos encuentran un lugar adecuado para su vida y reproducción. Las ratas y las moscas son responsables de la transmisión de numerosas enfermedades infecciosas, y de provocar distintas molestias al hombre y a los animales.

El basural también es una fuente de producción de mosquitos, ya que ellos se desarrollan en las aguas estancadas entre los residuos acumulados, y en recipientes abandonados (latas, botellas rotas, cubiertas de automóvil).

Otro inconveniente es el que se origina con la alimentación de los cerdos con los residuos de los basurales, ya que el cerdo puede ser portador, al ingerir basura, de la larva que da origen a la triquinosis.

Además, cuando los residuos se disponen en el terreno se produce la contaminación de las aguas, debido a los líquidos lixiviados que desprenden los residuos en su proceso de descomposición, que llega hasta las napas freáticas provocando un aumento del valor de D.B.O. (demanda bioquímica de oxígeno).

También debe citarse, el problema de la contaminación atmosférica originado por la reducción de los residuos por el fuego, que constituye una fuente de humo y olores.

## **7** SOCIALES:

Éste es un aspecto muy importante que debe tratarse cuidadosamente, ya que mucha gente vive de la “ganancia” que obtiene del basural. Los basurales a cielo abierto son el hábitat de los “cirujas”, quienes desarrollan una actividad económica informal, la cual no es exclusiva del basural, sino que comienza en la vía pública con la recolección de las bolsas de residuos. La gente que se dedica a ésto, está expuesto a toda clase de accidentes, infecciones y enfermedades. Además de no estar integrados a la sociedad.

Se debe tener presente que la recolección informal de residuos se ha ido profundizando y en la actualidad es común ver gran cantidad de personas que recorren las calles de la ciudad revolviendo y retirando las bolsas de residuos de aquellos materiales que pueden comercializar o utilizar, incluso para alimentarse.

Los "cirujas" en muchos casos trabajan en conjunto o familia y por lo general asientan sus precarias viviendas en los alrededores de los basurales o en las afueras de los centros urbanos, e instalan acopios, donde acondicionan los materiales que venden para su subsistencia.

También, se observa otro grupo de personas que realizan una recolección informal más organizada, y son los principales beneficiarios de la economía marginal que se desarrolla. Ellos capitalizan el trabajo que realizan los otros recolectores porque manejan no sólo la recuperación sino principalmente su comercialización.

## **7** ESTÉTICOS:

La imagen estética de una ciudad se ve seriamente afectada por la presencia de un basural a cielo abierto. Además constituye un factor de desvalorización de los terrenos aledaños debido a los aspectos negativos que presenta.

Se modifica radicalmente la apariencia de un barrio o de una zona de la ciudad, y esto se ve incrementado por la presencia de los cirujas que habitan en la misma. Éstas zonas alejadas, se van poblando paulatinamente de viviendas y dan lugar a la formación de villas o barrios muy precarios y de muy bajas condiciones sociales y económicas.

## **7** ECONÓMICOS:

La presencia de un basural ocasiona problemas económicos de distinta índole debido a que afecta la salud de los pobladores, desvaloriza terrenos y propiedades de la zona, atenta contra los planes de urbanización debido a que cuando el basural es muy grande queda insertado dentro de la ciudad y en muchos casos es muy difícil su erradicación.

Otro inconveniente es que no posibilita la recuperación de manera controlada de productos que puedan tener valor comercial, ya que muchas veces se pierden materiales útiles debido a la mala manipulación de los mismos.

### **2-2-1. BASURAL A CIELO ABIERTO DE VENADO TUERTO**

Como ya se dijo en párrafos anteriores, la disposición final de residuos sólidos en nuestra ciudad se limita a un basural a cielo abierto.

El mismo tiene sus orígenes en correspondencia con la fundación de la ciudad y fue desarrollándose a través del tiempo acompañando el crecimiento demográfico de la localidad.

Entonces, la situación que se presenta es la de un vertedero de residuos, en el cual no se realiza ningún tratamiento, la descarga se hace sin control, se generan importantes problemas sociales y sanitarios, etc. A raíz de todo, ésto se concluye que la eliminación del basural debe ser inminente, ya que afecta ordenes ambientales, económicos, sociales, sanitarios, estéticos, etc. de la ciudad.

Para complementar el análisis, a continuación se exponen las características del actual basural, su ubicación, problemática social y ambiental, costos de operación, etc. para focalizar claramente el problema a resolver.

#### **✓ UBICACIÓN:**

El vertedero a cielo abierto se encuentra ubicado a 3 km. del centro de la ciudad. Por lo tanto, ésta situación genera un punto crítico en cuanto al aspecto sanitario que debe presentar la ciudad.



***Vista acceso basural municipal***

El basural está instalado en una zona baja en la orilla oriental de la llamada “Laguna del Basural”. Ésta laguna está ubicada al oeste de la ciudad y se caracteriza por ser de carácter permanente. Se accede a la misma desde la Ruta Nacional N° 8 por un camino de tierra.

✓ DATOS CARACTERÍSTICOS:

Los datos obtenidos de estudios realizados en 1991 permiten definir las siguientes características de la Laguna del Basural:

- Superficie: 76 Has.
- Profundidad media: 0.80 m
- Volumen: 6080000 m<sup>3</sup>
- Cota normal (en períodos normales): 107.50 m

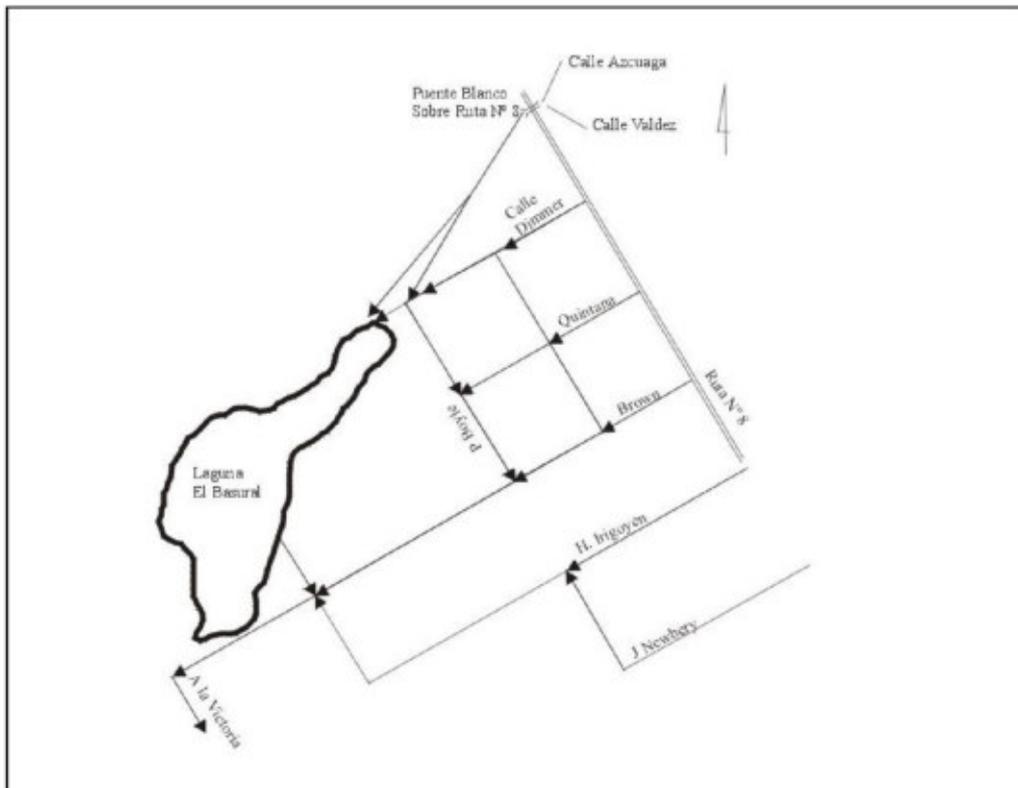
La función principal de la laguna, es la de receptora de desagües pluviales de un sector de la ciudad, en un área aproximadamente de 800 has. Cuando se producen desbordes, los mismos son conducidos por el canal descargador hasta la Laguna La Victoria, ubicada a unos 7 km. aguas abajo, dependiendo de la velocidad de descarga, del estado del sistema, etc.



***Vista de la laguna y el basural desde calle Brown***

La laguna constituye un bajo aliviador de posibles inundaciones pluviales y un depósito importante del agua de lluvia. Por lo tanto se debe preservar la superficie del espejo de agua.

- ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO DE DESAGÜES LAGUNA EL BASURAL



El basural ha ido avanzando sobre la costa de la laguna estrangulando su cauce y afectando la efectividad de drenaje. Además, la laguna recibe los líquidos percolados de los residuos, es decir los lixiviados.

Es importante destacar que el volcado de los camiones atmosféricos ya no se realiza en la laguna, ésto de alguna manera reduce la contaminación de las aguas tanto superficiales como subterráneas, pero se debe considerar que éstas descargas se efectuaron en el lugar durante mucho tiempo.



***Estrangulamiento del cauce de la laguna***

También en el lugar se experimentan quemadas superficiales de los residuos, lo cual genera otro tipo de contaminación que es la del aire. Ésto se ve afectado por los vientos del NO que arrastran los humos del basural hacia la ciudad, provocando malestares en las mucosas en la población de barrios ubicados en la zona NO, y además generan un olor desagradable que es percibido en toda la ciudad.



***Quemas superficiales de residuos***

✓ **ASPECTO SOCIAL:**

La problemática social que se observa en el basural se va incrementando notablemente debido a diversos factores, como son la situación económica que atraviesa el país, las malas condiciones sanitarias del ambiente en el que se mueven los individuos, los conflictos entre las personas que desarrollan el cirujeo, etc.

Según investigaciones realizadas por la Secretaría de Acción Social de la Municipalidad de Venado Tuerto, actualmente en el basural, se cuenta con aproximadamente ochenta personas que están afectadas al cirujeo, la mayoría de las mismas reside en el barrio Juan XXIII donde se encuentra el basural.



***Cirujas separando residuos para comercializar***

Cabe destacar que al estar inmersos en éste sistema informal de producción, el cirujeo constituye su fuente de ingresos, y por lo general, su único medio de vida, al cual para obtener una cierta ganancia, se le debe dedicar varias horas por día (entre doce y dieciséis horas). Las personas que desarrollan éstas tareas en el basural no cuentan con ningún tipo de protección, es decir trabajan sin guantes, sin barbijos, etc. exponiéndose continuamente a situaciones riesgosas para la salud.

Además, de las personas que se dedican al cirujeo, están los chatarreros, quienes adquieren los residuos ya clasificados por los cirujas y obtienen mayores ingresos económicos. Para desempeñar ésta actividad deben poseer algún vehículo y lugar para acumular la basura. Los chatarreros actúan como intermediarios en éste ámbito.

Los acopiadores son los que compran los residuos a los intermediarios por rubros tales como papel, cartón, vidrio, hierro, latas, etc.

✓ SITUACIÓN AMBIENTAL:

La problemática ambiental que se presenta actualmente es consecuencia de varios factores que se han ido acentuando con el tiempo. La presencia de depósitos de residuos sobre los márgenes de la laguna, y el avance sobre el espejo de agua constituyen dos aspectos fundamentales en la contaminación ambiental.



***Depósitos de residuos sobre la laguna***

La acción contaminante de los líquidos lixiviados, y de materiales como plásticos, pilas, etc. contribuyen al deterioro del suelo y la calidad del agua de las napas freáticas.



***Contaminación del suelo***



***Contaminación del suelo***

A todo ésta situación, se le debe sumar la presencia de animales que buscan alimentarse de los restos de basura. Esto es un punto crítico que debe tomarse con mucha responsabilidad, ya que muchos de estos animales se destinan a consumo humano, y pueden atentar contra la salud, constituyendo un verdadero peligro sanitario.



***Vaca alimentándose de residuos***

✓ ESTUDIOS REALIZADOS EN EL LUGAR:

Las distintas determinaciones de campo realizadas por la Universidad Nacional de Córdoba según el convenio realizado con la Cooperativa de Obras Sanitarias y la Municipalidad de nuestra ciudad, permitieron conocer la calidad bacteriológica de los líquidos lixiviados que se encuentran en el basural.

Se pudo concluir que en las aguas superficiales y subterráneas hay un alto nivel de contaminación, debido a que los lixiviados presentaron contenidos importantes de ion sulfuro (aprox. 5.00 mg/ l) que es lo que le da olor desagradable, y de amonio (117.00 mg/l).

Se debe tener presente que los valores de lixiviados que se obtuvieron, son también consecuencia de la descarga de los camiones atmosféricos que se realizaba hasta hace algunos años en el basural. Esto produjo un impacto ambiental negativo muy importante.

Con todo lo expuesto, se puede concluir que, la incorrecta ubicación del vertedero, junto con la falta de tratamiento de los residuos y la inadecuada forma de operar en el mismo, constituyen una situación de deficiente calidad ambiental, debido a que se observa la contaminación del suelo, del aire y del agua subterránea y superficial.

✓ ESTADO ACTUAL DEL BASURAL:

El basural a cielo abierto de nuestra ciudad está ubicado en una zona que cuenta con un proyecto denominado “Área Recreativa Norte”, pensado para ser el gran parque de la ciudad, conjugando un área de recreación con los desagües pluviales de la cuenca oeste que es aproximadamente el 55% de los desagües de la ciudad.

Por lo tanto, para tener un proyecto de este tipo se plantea desde el municipio, resolver cuatro aspectos fundamentales como son:

- ✓ Disminuir la altura de la cota de la laguna
- ✓ Reubicar la gente que vive en los alrededores
- ✓ Obtener los terrenos, ya que la mayoría de los mismos no son propiedad del municipio
- ✓ Erradicar el vaciadero a cielo abierto

El basural estaba cubriendo la superficie de la laguna y el cauce de la misma, dificultando la actividad de los desagües y produciendo inundaciones en los barrios aledaños; Juan XXIII, San José Obrero y San Vicente.

Por lo tanto, como primer paso hacia el desarrollo de éste proyecto, y para darle solución a los problemas planteados, se bajó la cota inferior de la laguna de 108,50 m a 107,50m a través de la ejecución de canales rurales que permitieron disminuir en 1 m la cota y estar debajo de la zona inundable. De esta forma se coloca la misma en los niveles normales que siempre tuvo para la idea del “Área Recreativa Norte”.

✓ ANÁLISIS DE COSTOS DE FUNCIONAMIENTO DEL BASURAL:

Además de investigar sobre los aspectos técnicos que intervienen en un vertedero a cielo abierto como sistema de disposición final, se complementa el desarrollo haciendo un análisis de costos de funcionamiento del mismo.

En este estudio, se consideran sólo los costos que corresponden a equipos y mano de obra para la operación del basural, sin tener en cuenta los costos de recolección y transporte de los residuos, los cuales se analizarán más adelante.

El funcionamiento del vertedero no controlado de nuestra ciudad está a cargo de la Municipalidad, y cuenta con una pala topadora Komatsu D65 que fue adquirida en el año 1994, en lo que se refiere a equipos. La mano de obra está constituida por dos operarios municipales que trabajan seis horas por día cada uno.



***Pala Topadora Komatsu***

**ITEM : DISPOSICIÓN FINAL - BASURAL A CIELO ABIERTO**

Horas jornada de trabajo: 6

**RUBRO: EQUIPOS**

Denominación	Cant.	Pot.Total	Costo Unit. (\$)	Uso (%)	Potencia (HP)	Costo Total (\$) c/IVA
Pala Topadora Komatsu	1	180	765000	50%	90	382.500
<b>TOTALES</b>					<b>90</b>	<b>382.500</b>
Amortización	20.000 hs					19,13 \$/hs
Interes Anual	0,12					12,62 \$/hs
Combustible	1581,5 litros x mes					14,70 \$/hs
Lubricantes	20 % de Combustible					2,94 \$/hs
Reparación y Repuestos	80 % de Amortización					15,30 \$/hs
			Costo horario del Equipo			64,69 \$/hs
			Rendimiento			141,00 ton/día
			Costo por ton			2,75 \$/ton

**COSTO DEL RUBRO EQUIPOS 2,75 \$/ton**

**RUBRO: MANO DE OBRA**

Denominación	Cant.	Sueldo Unit.	\$ / día	\$ / hora	% Uso	Costo (\$ / hora)
Operarios	2	344,96	15,68	2,61	100%	5,23
Costo neto M. De O.						5,23 \$/hs
Cargas Sociales	24	%				1,25 \$/hs
Adicionales-Presentismo	14	% Sueldo unit. básico				0,73 \$/hs
Seguro	8,40	\$/mes x operario				0,13 \$/hs
			Costo horario Mano de Obra			7,39 \$/hs
			Rendimiento			141,00 ton/día
			Costo por ton			0,31 \$/ton

**COSTO DEL RUBRO MANO DE OBRA 0,31 \$/ton**

**COSTO TOTAL DE EQUIPOS Y MANO DE OBRA 3,06 \$/ton**

Las conclusiones que se pueden obtener de este método de disposición final de residuos sólidos son las siguientes:

- 1- En cuanto al aspecto técnico se puede concluir que constituye un método simple, debido a que consiste básicamente en depositar los residuos a la intemperie sin ningún tipo de tratamiento ni control.
- 2- Son múltiples los inconvenientes que genera este tipo de disposición de residuos sólidos, que abarca todo tipo de problemas; sociales, sanitarios, ambientales, estéticos, económicos, etc.
- 3- La inadecuada ubicación del vertedero junto con la falta de tratamiento de los residuos depositados contribuyen a desarrollar una muy mala calidad ambiental, que se percibe no sólo en los alrededores del basural, sino en toda la ciudad.
- 4- El costo de funcionamiento del basural es realmente insignificante. Más adelante se podrá observar que el costo más importante en la gestión de disposición final de residuos corresponde a la recolección y transporte de los mismos.
- 5- A partir de éste análisis, se concluye que debe ser inminente la erradicación del basural para tratar de brindar una mejor calidad de vida a los habitantes de los barrios aledaños, y a la población en general. Pero, para desarrollar un proyecto efectivo, la eliminación del basural debe estar complementado con otras acciones muy importantes, como son: tratamiento y disposición adecuados de los residuos, brindar un servicio eficaz de recolección y transporte, capacitar y educar a la población para que tome conciencia de la situación y colabore por ejemplo, con no tirar residuos en cualquier lugar.

### 2-3- CLAUSURA DEL BASURAL A CIELO ABIERTO

Para la operación de clausura del basural a cielo abierto, es conveniente realizar las siguientes acciones:

- ✓ Hacer pública la clausura del basural, anunciando que ya no se permitirá la disposición de basuras en el lugar e informar además a la población sobre la existencia de un nuevo centro de disposición final para que se dirijan al mismo.
- ✓ En especial a los comerciantes, que generan gran cantidad de residuos y contratan a un particular para su recolección y transporte, informarles de la existencia del nuevo sitio de disposición final.
- ✓ Construir un cerco en el basural clausurado, para impedir el ingreso de personas extrañas y de animales.

Cuando ya no se utilice el basural a cielo abierto como sistema de disposición final de residuos sólidos, se podrá transformar el lugar en un **área recreativa** aprovechando la proximidad a la ciudad y la facilidad de acceso. Para esto, deberán realizarse algunas operaciones tales como:

- ✓ Perforaciones para colocar tubos de venteo (ventilación) de gases. Sin los gases se producirá un asentamiento controlado y luego se deberá cubrir la totalidad del terreno con arcilla y tierra negra. Esto sirve para impermeabilizar y que no filtre el agua de lluvia.
- ✓ Distribución del material y compactación del terreno.
- ✓ Fumigaciones periódicas.
- ✓ Trabajos de cobertura final y forestación.
- ✓ Demolición de infraestructura existente en el lugar.

Debe tenerse en cuenta que clausurar un basurero a cielo abierto es relativamente fácil si se cuenta con la maquinaria y el material de cubierta. Sin embargo, para estimar las cantidades de obra y evitar daños al ambiente o riesgos a la salud, es necesario hacer un plan que incluya el uso posterior del sitio.

## **CAPÍTULO 3: GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS**

### **3-1- CONCEPTOS BÁSICOS**

Se entiende como gestión integral de residuos sólidos a los procesos de generación, manipuleo, acondicionamiento, recolección, transporte, almacenamiento, reciclaje, valorización, disposición final de los desechos y comercialización de los residuos reciclados, incluida la vigilancia de estas operaciones y el control de los lugares de descarga, de manera segura, sin causar impactos negativos al medio ambiente, a un costo reducido.

Un proceso de gestión de residuos debe estar orientado en primer lugar a minimizar los mismos; luego a efectuarles si es posible, el tratamiento o recuperación; y finalmente, si no se pueden tratar o reciclar los desechos, disponer los mismos en lugares adecuados y seguros.

La gestión de residuos sólidos domiciliarios es un dilema socio-ambiental relevante, directamente vinculado con el tamaño y nivel de consumo de una población. Resulta imprescindible el conocimiento de parámetros tales como: calidad, cantidad y distribución espacial de los residuos.

Los problemas asociados a la gestión de residuos sólidos en la sociedad actual son complejos, por la cantidad y la composición variada de los residuos, por el desarrollo de zonas urbanas dispersas, por las limitaciones económicas que presentan muchas ciudades para los servicios públicos, por los impactos de la tecnología, etc.

Es conveniente analizar por separado cada una de las actividades asociadas a la gestión de residuos sólidos, ya que de esta forma es posible:

- ✓ Identificar los aspectos y las relaciones fundamentales implicadas en cada elemento
- ✓ Desarrollar relaciones cuantificables, para poder realizar comparaciones, análisis y evaluaciones de ingeniería

Se define, entonces, como **gestión integral de residuos sólidos** a la selección, y aplicación de técnicas, tecnologías, y programas de gestión idóneos para lograr metas y objetivos específicos de la gestión de residuos.

El desarrollo de un programa de gestión integral de residuos sólidos, implica la correcta combinación de alternativas y tecnologías para afrontar las necesidades de la gestión local de residuos, la flexibilidad para afrontar cambios futuros y supervisión y evaluación para determinar si los objetivos están siendo realizados.

Las instalaciones que componen un sistema de gestión integral de residuos sólidos son identificadas, como unidades del sistema de gestión de residuos sólidos.

La planificación e ingeniería de los elementos que forman parte de la gestión integral de residuos sólidos urbanos comprende factores sociales, económicos, políticos y técnicos.

Por lo tanto, deben considerarse para implantar adecuadamente un programa de gestión de residuos sólidos todo tipo de cuestiones, tales como:

**- Aplicación de normativas reguladoras**

Las unidades de gestión de residuos sólidos están sujetas a una importante cantidad de regulaciones. Debe tenerse presente que la estricta adherencia a normativas reguladoras demasiado protectoras, es motivo del fracaso de los procesos que llevan adelante las unidades de gestión de residuos sólidos.

**- Identificación de productos de consumo peligrosos y tóxicos**

Es preciso identificar si el residuo peligroso doméstico contamina o no la unidad de gestión de residuos sólidos urbanos, y determinar en qué proporción se produce el fenómeno. También se debe definir quién va a instalar y operar las unidades para residuos especiales y/o peligrosos.

**- Financiación de infraestructuras de gestión de residuos**

En este ítem se tienen que determinar una serie de cuestiones como son; de qué manera presentar el costo de disposición final de residuos a la población; quién pagará por el mantenimiento a largo plazo de las unidades de gestión de residuos sólidos; etc.

**- Planificación urbana y ubicación de las unidades de gestión de residuos**

Las unidades para la gestión de residuos sólidos son difíciles de ubicar en los centros urbanos, donde se generan las mayores cantidades de RSU, debido a que la comunidad ve ésta situación con desconfianza. Por lo tanto, la planificación del uso del terreno es uno de los desafíos más grandes que deben afrontarse.

**- Gestores para el desarrollo y control de las unidades de gestión de residuos**

Se deben utilizar los recursos humanos necesarios a través de gestores calificados, para desarrollar y controlar las unidades para la gestión de residuos.

Las actividades asociadas a la gestión integral de residuos sólidos urbanos, desde el punto de generación hasta la disposición final, se definen de la siguiente manera:

- **Generación de residuos**

Comprende la etapa en donde los materiales son identificados como sin ningún valor comercial, y son desechados. Es una actividad poco controlable.

- **Recolección y transporte**

Se incluye la recolección de los residuos sólidos y el transporte de los mismos hacia el lugar donde los vehículos son descargados. Éste puede ser una instalación de procesamiento de materiales, una estación de transferencia o un vertedero.

En las grandes ciudades, donde la distancia desde los puntos de recolección hasta el sitio de disposición final, es por lo general mayor de 20 km, ésta tarea tiene costos significativos. Cuando hay que recorrer largas distancias se utilizan estaciones de transferencia. Las ciudades pequeñas, no presentan estos inconvenientes, debido a que los lugares de evacuación final están relativamente cerca.

La recolección y transporte de residuos representan un porcentaje muy importante del costo total de la gestión de residuos sólidos.

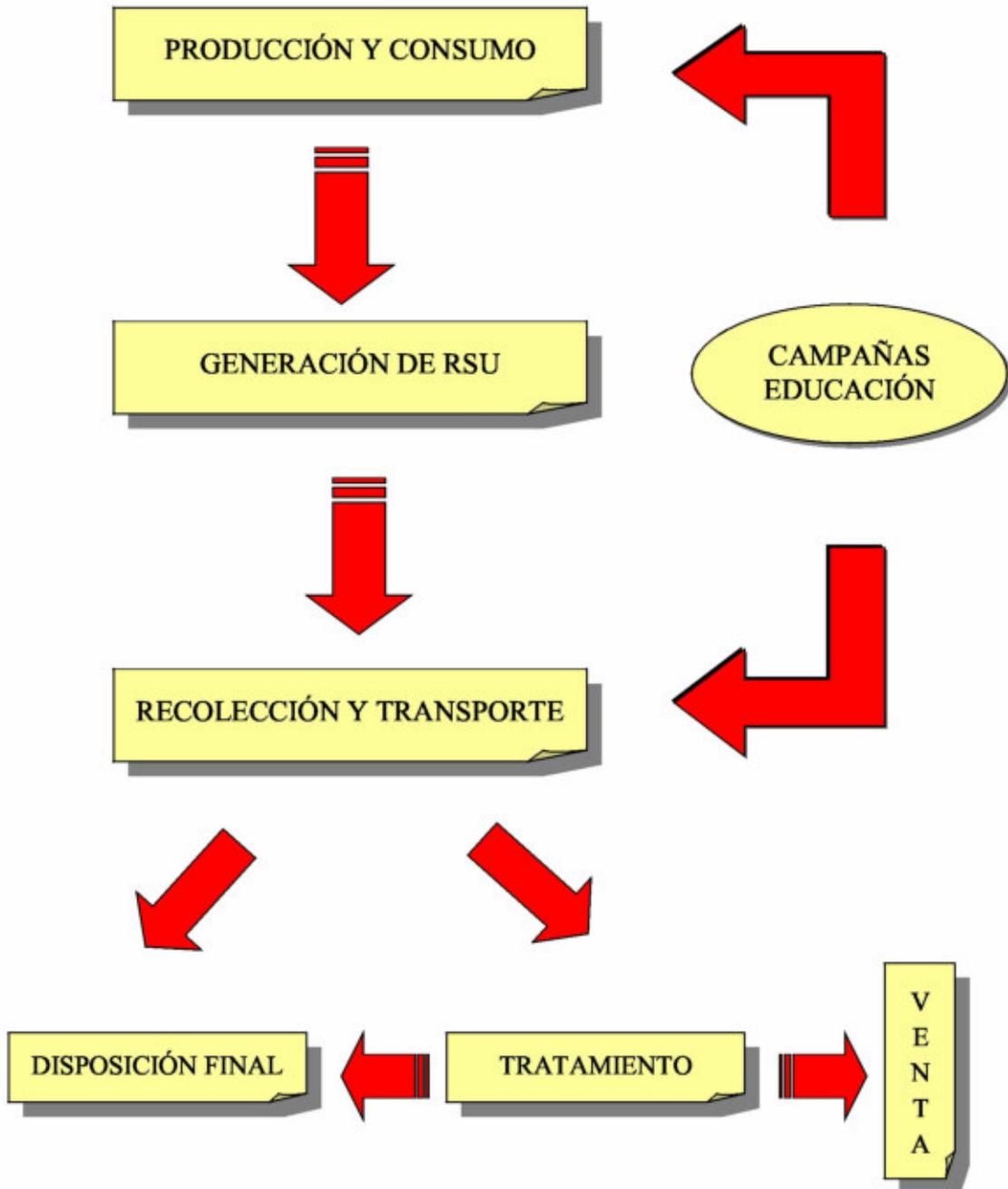
- **Tratamiento de los residuos sólidos**

La separación y procesamiento de los componentes de los residuos, y la recuperación de los mismos, se realiza generalmente en instalaciones diseñadas especialmente para realizar dichas actividades.

- **Disposición final**

El último elemento funcional en el sistema de gestión integral de residuos sólidos, es la disposición final. La determinación del método más adecuado, implica asegurar a largo plazo la evacuación controlada de los desechos.

3-2- ELEMENTOS DE LA GESTIÓN INTEGRAL DE RSU



### 3-3- ALTERNATIVAS PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DE RSU PARA LA CIUDAD DE VENADO TUERTO

El estudio de la problemática de los residuos sólidos urbanos, se desarrolla a partir del análisis de la situación actual del manejo de los desechos, y de la propuesta de un esquema de gestión integral de residuos sólidos urbanos, es decir, del conjunto de operaciones que se deben realizar desde la generación de los residuos hasta su disposición final.

Para llevar a cabo ésta gestión integral de residuos sólidos urbanos, se proponen dos alternativas que difieren básicamente en que una cuenta con un sistema de tratamiento de RSU, y la otra no, y además presentan distintos métodos de disposición final de residuos.

Por lo tanto, la gestión de residuos sólidos que se plantea para la ciudad de Venado Tuerto, está basada en un sistema de recolección y transporte directo de los desechos, posterior clasificación y tratamiento de los mismos (según el caso) y por último, disposición final de residuos sólidos en vertedero controlado.

Por un lado, se plantea la **ALTERNATIVA 1**; en la cual, se propone la disposición final del 100 % de los residuos sólidos en un relleno sanitario controlado, sin ningún tipo de tratamiento para los desechos. Es conveniente, analizar una alternativa de éstas características, ya que a través del desarrollo de la misma se podrán evaluar los valores de máxima necesarios en caso de que fracasen o no puedan implementarse los programas de reciclado de residuos sólidos.

Entonces, para la **ALTERNATIVA 1**:

- SIN SEPARACIÓN EN ORIGEN
- RECOLECCIÓN UNICA
- 100% RELLENO SANITARIO

En esta propuesta se considera la clausura inmediata del actual basural a cielo abierto, es decir no se plantea un abandono progresivo del vaciadero, debido que después de varios análisis se concluye que no se justifica la desactivación paulatina del mismo ya que implica gastos de maquinaria, personal, etc. que deben realizarse igual ya sea para un porcentaje de residuos a disponer como para el 100% de los RSU.

Además, las superficies que se manejarían en las primeras etapas con un determinado porcentaje de RSU a disponer, presentan valores muy bajos, que disminuyen el rendimiento de los equipos y no optimizan las operaciones.

Por el otro lado, se tiene la **ALTERNATIVA 2**; basada en el tratamiento de los residuos sólidos en una planta de separación que permita ir progresando paulatinamente con un plan de clasificación y tratamiento de los residuos en destino. Esta situación, posibilita que la desactivación del actual basural a cielo abierto se vaya haciendo progresivamente. Esto permite realizar el tratamiento del porcentaje de residuos que llega a la planta, mientras que el porcentaje restante sigue depositándose en el vaciadero actual. La operatoria debe continuar, hasta lograr que la totalidad de los residuos vayan a la planta de tratamiento, para ser clasificados y recuperados, eliminando así la disposición final a cielo abierto. El resto de los residuos, que no se pueden recuperar debido a su naturaleza, se envían a un relleno de seguridad.

Entonces, para la **ALTERNATIVA 2**:

- SIN SEPARACIÓN EN ORIGEN
- RECOLECCIÓN ÚNICA
- SEPARACION EN DESTINO
- PLANTA DE TRATAMIENTO
- RELLENO DE SEGURIDAD

Entonces, se plantea realizar paralelamente a la implementación del plan de clasificación y tratamiento de residuos sólidos urbanos, un programa de clausura del basural, de manera tal que permita darle tiempo a la planta de separación y tratamiento de residuos sólidos de optimizar su funcionamiento y puesta en marcha. El tiempo estimado para la clausura del basural, se fija en un período de 18 meses.

Ésta situación puede conseguirse mediante un programa de manejo de desechos sólidos en etapas o módulos, en el cual se estipulen tiempos, formas de operar, cantidades de residuos sólidos que se deben considerar, requerimientos, etc.

De ésta manera, se propone una gestión optimizada de residuos sólidos en donde se contempla tanto la disminución del impacto ambiental, al tratar una determinada cantidad de residuos y tener menos desechos que depositar en un relleno, como los criterios económicos necesarios para poder llevar a cabo ésta propuesta, además de incluir aspectos sociales, de manera tal de ir mejorando progresivamente, y pasar de no tener un manejo de residuos sólidos adecuado, a ir formando un plan de gestión integral de residuos sólidos urbanos en etapas.

- REPRESENTACIÓN ESQUEMÁTICA DE LAS ALTERNATIVAS PROPUESTAS



En los capítulos siguientes se desarrollarán, además de las características del área de estudio, cada una de las fases que componen una **GESTIÓN INTEGRAL DE RSU PARA LA CIUDAD DE VENADO TUERTO**, teniendo en cuenta que las etapas de generación de residuos sólidos, educación de la población y recolección, son comunes a las dos alternativas de gestión que se proponen para nuestra ciudad.

Mientras que el capítulo que hace referencia al tratamiento de RSU, es sólo desarrollado para la ALTERNATIVA 2. La disposición final se plantea mediante diferentes métodos según se trate de una u otra alternativa de gestión.

## CAPÍTULO 4: CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

### 4-1- UBICACIÓN GEOGRÁFICA

La ciudad de Venado Tuerto se encuentra situada al sur de la Provincia de Santa Fe. Se halla a 61°58' al oeste de Greenwich y a 33°46' al sur del Ecuador, tomando como referencia el cruce de las rutas Nacionales 8 y 33, y se encuentra a 113 metros del nivel del mar. Abarca un distrito de 580 km<sup>2</sup>.



#### 4-2- DATOS CLIMÁTICOS

La ciudad de Venado Tuerto está ubicada dentro del clima Templado Pampeano, que se caracteriza por presentar temperaturas medias durante las distintas estaciones y amplitud térmica baja. En cuanto a las temperaturas medias anuales, éstas se hallan entre 16 ° y 17 °. Se obtuvo que la media en enero oscila entre 24° y 29°, mientras que la media de julio entre 9° y 10°.

Otro dato climático importante que se debe considerar para realizar un estudio de la región es la humedad relativa ambiente, la cual alcanza un promedio anual entre 70 % y 78 %, según los valores suministrados.

Con respecto a las precipitaciones, las mismas varían entre los 700 y 1100 milímetros anuales, encontrando los mayores registros durante el período de primavera - verano y los menores durante el período otoño – invierno.

Haciendo referencia a los vientos cabe destacar que no se observan vientos de importancia, si tomamos como base de comparación otras zonas del país.

#### 4-3- USOS DEL SUELO

La actividad predominante en nuestra región es la agropecuaria, en especial la relacionada con la provisión de insumos y servicios para el agro. Podemos destacar que en la zona en la cual se encuentra nuestra ciudad, se observa la mayor existencia de ganado porcino de nuestra provincia.

También se debe resaltar la actividad industrial que se desarrolla en la ciudad, contándose con un Parque Industrial que presenta importantes ventajas para la radicación de empresas industriales, ya sea en infraestructura como en servicios. La actividad industrial está básicamente desarrollada en el ámbito de alimentos, bebidas, metalúrgica y mecánica.

En cuanto al sector comercial, se considera a Venado Tuerto como un centro de abastecimiento de la zona debido a los servicios y necesidades que satisface.

#### 4-4- DATOS DEMOGRÁFICOS

##### - Distribución de la población:

Según datos obtenidos del Censo Nacional de 1991 se pudo establecer que la población de Venado Tuerto alcanzaba 60308 habitantes. La tasa de crecimiento anual media registra una tendencia decreciente y un crecimiento moderado de 1,73 % en el período correspondiente a 1980-1991.

En nuestra ciudad se pueden observar dos aspectos importantes que determinan el ritmo de crecimiento de la población. Es decir se evidencia un fuerte proceso de urbanización y a la vez, se desarrollan movimientos migratorios.

Registros estadísticos permiten concluir en que la ciudad ha aumentado su participación en la cantidad total de habitantes de la región en los últimos 50 años, siendo la población que debido a su crecimiento sostenido se destacó de las demás.

##### - Proyección poblacional:

Para realizar la estimación futura de la población para la ciudad se recurre a datos suministrados por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INDEC).

#### **Proyección de la población de Venado Tuerto para año 2005:**

- Datos estadísticos población según INDEC para año 1991: 60308 habitantes
- Tasa media anual de variación: 0.0173
- Año: 2005
- Pf: población futura
- Po: población actual
- r: tasa de crecimiento = 0.0173
- n: intervalo de años = 14

→ **Pf = 76676 habitantes**

#### **Proyección de la población de Venado Tuerto para año 2010:**

- n: intervalo de años = 19

→ **Pf = 83542 habitantes**

#### 4-5- MARCO LEGAL

Este aspecto incluye el conocimiento de las legislaciones locales, provinciales, nacionales e internacionales sobre el manejo de los residuos sólidos urbanos, el medio ambiente y la salud.

Se tiene que evaluar la posibilidad de analizar, dictaminar y elaborar las reglamentaciones jurídicas necesarias para implementar un sistema de tratamiento de residuos sólidos urbanos.

Dentro de las leyes, decretos y/o ordenanzas de carácter local, provincial y nacional se encuentran las disposiciones relacionadas con: residuos sólidos domiciliarios; el medio ambiente; las estructuras gubernamentales; los aspectos técnicos; los sectores que tratan sobre temas tales como recursos hídricos, urbanismo, planeamiento, etc.

En nuestro caso se debe considerar el Decreto Nacional Ley 9111/78, la Ley de Medio Ambiente Provincial N° 11717 y el Código de Preservación, Conservación, Defensa, Mejora y Recuperación del Medio Ambiente Ciudad de Venado Tuerto.

- **Decreto Nacional Ley 9111/78:** Regula el método y el sitio de disposición final de los residuos de cualquier clase y origen.
- **Ley Provincial N° 11717 “Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable”:** Establece dentro de la política de desarrollo integral de la Provincia de Santa Fe, los principios rectores para preservar, conservar, mejorar y recuperar el medio ambiente, los recursos naturales y la calidad de vida de la población.
- **Código de la ciudad de Venado Tuerto:** presenta un apartado especial para las reglamentaciones sobre residuos sólidos domiciliarios, así también como para residuos peligrosos. Por lo tanto se tiene:

### TITULO III : MEDIO TERRESTRE

#### CAPITULO I: DE LOS RESIDUOS DOMICILIARIOS EN GENERAL

Art. 71: El tratamiento de los residuos y/o sustancias, excluyendo los peligrosos, patológicos y radioactivos, son de competencia del municipio, correspondientes con la Ley Org. de Munic. de la Pcia. N° 2756 . Le atribuye la facultad de reglar sobre sus residuos sólidos y/o domiciliarios sin perjuicio de la facultad de adherirse a los términos del presente Código Urbano Ambiental.

Art.72: Los residuos sólidos desde el momento en que sean depositados en la vía pública serán de propiedad del Municipio, según el lugar de que se trate pudiendo a partir de ese momento disponerlos de conformidad a su calidad de propietario.

## CAPITULO II: DE LA GESTION

Art. 73: El Municipio deberá erradicar la disposición final de residuos sólidos a cielo abierto y organizar servicios adecuados de manejo, utilizando preferiblemente los medios que permitan evitar el deterioro del ambiente y de la salud humana. La prestación de este servicio por personas físicas o jurídicas de derecho privado, requerirá la previa autorización del Área de Aplicación.

Art. 74: El Municipio, establecerá las frecuencias, sitios y ruta de recolección y transporte de los residuos sólidos de manera tal que durante la disposición transitoria los mismos no alteren o propicien condiciones adversas a la salud y se interfiera lo menos posible con la actividad normal de la población.

La recolección y el transporte de los residuos sólidos serán efectuados por los operarios designados a tal efecto, o por las personas autorizadas expresamente por la Municipalidad, de acuerdo con las rutas y las frecuencias establecidas para tal fin. Evitando de esta manera que personas no autorizadas, realicen el manipuleo, traslado, selección y/o comercialización de los residuos sólidos en cualquiera de sus tipos. Los operarios encargados de manejo de residuos sólidos, o las personas autorizadas para tal fin, deberán estar capacitados y adiestrados para el ejercicio técnico y eficiente de sus funciones. Además contarán con vestimenta, equipos y elementos adecuados para su protección personal, a efectos de minimizar riesgos y evitar accidentes.

Art. 75: El diseño y las características de los vehículos destinados para recolección y transporte de los residuos sólidos deberán ser las propias para esta actividad. En general deberán evitar el derrame de líquidos y la caída de los residuos sólidos fuera del vehículo durante su transporte. Estos vehículos deberán estar permanentemente en buenas condiciones para la prestación del servicio.

Art. 76: El tratamiento y disposición final de los residuos sólidos debe comprender el aprovechamiento de los mismos utilizando alguno de los siguientes métodos:

- a) Enterramiento sanitario.
- b) Relleno sanitario
- c) Estabilización biológica o composting
- d) Recuperación de materiales.
- e) Incineración.

Art. 77: El Municipio podrá adoptar cualquiera de las modalidades de tratamiento y disposición final indicadas en el artículo anterior pudiendo realizar la variedad de procesos que cada uno ofrece o bien la combinación de dos o más de ellos, siempre y cuando se evite o reduzca al mínimo posible el efecto contaminante, se obtenga un aprovechamiento de los componentes de los residuos sólidos y convenga a los intereses de la comunidad, tendiéndose siempre a que el sistema empleado mejore la calidad de vida de los habitantes y evite el deterioro del ambiente.

Art. 78: La ubicación del emplazamiento para el tratamiento y disposición final será determinada por el Municipio, previo conocimiento sobre las condiciones que el sitio debe cumplir. Pudiendo estar éste dentro o fuera de su ejido, para lo cual se deberá contar con el correspondiente Estudio de Impacto Ambiental. En caso que el Municipio delegue el tratamiento y disposición final a personas físicas y jurídicas de derecho privado, será él quien extienda la licencia ambiental acreditando la optimización ambiental del sitio.

Art. 79: Se podrá disponer de estaciones de transferencia cuando las necesidades en el manejo de residuos sólidos así lo requieran. Todo diseño para construcción o instalación de estaciones de transferencia y/o plantas de tratamiento y disposición final de residuos sólidos, deberá cumplir con las normas del presente Código Urbano Ambiental.

Art. 80: Los residuos comerciales podrán ser tratados en forma conjunta con los residuos domiciliarios, salvo que por su condición y tipo requiera un tratamiento especial en su recolección y traslado, para lo cual, la Municipalidad establecerá las normas que rijan estos procedimientos.

Art. 81: Los residuos obtenidos del aseo de calles, veredas y espacios públicos, podrán ser tratados en forma conjunta con los residuos domiciliarios, salvo que por su condición y tipo requiera un tratamiento especial en su recolección y traslado, para lo cual, la Municipalidad establecerá las normas que rijan estos procedimientos.

Art. 82: En la gestión de residuos y/o sustancias, el Municipio deberá implementar mecanismos viables para fomentar:

- a) El reciclaje de los materiales
- b) La disposición y tratamientos separados de los residuos biodegradables, de los que no los son.
- c) Apoyar el manejo cooperativo de los procesos de tratamiento.

Art. 83: El Municipio podrá brindar asistencia técnica a comunidades vecinas a los fines de garantizar la efectiva gestión de los residuos sólidos, así como también propiciar la celebración de acuerdos regionales para llevar a cabo acciones conjuntas a efectos de reducir la incidencia de los costos fijos y optimizar los recursos.

Art. 84: Está prohibido:

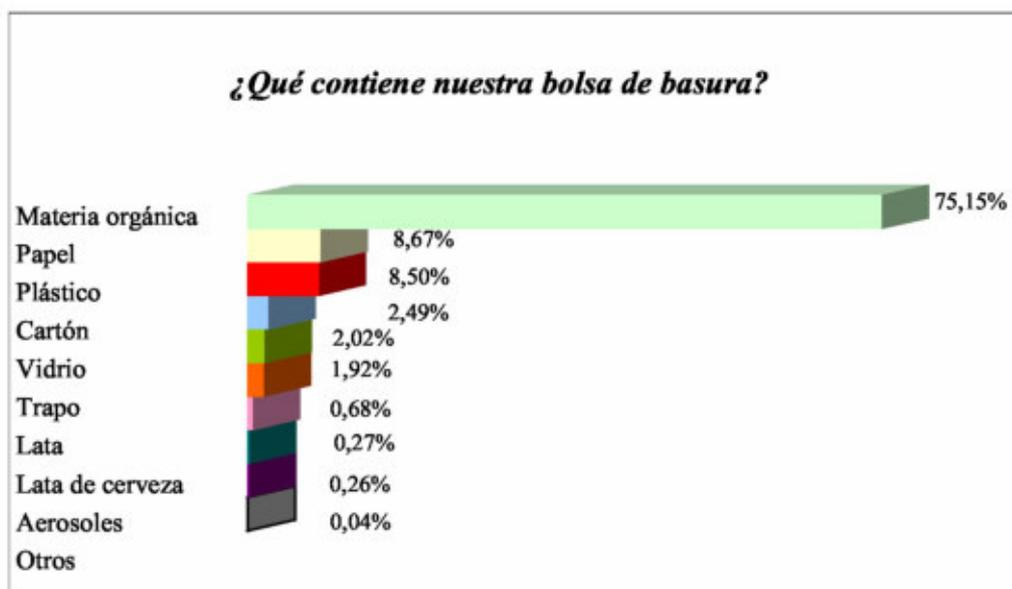
- a) Arrojar residuos y/o sustancias en canales, desagües, lagunas, conductos y todo tipo de recursos de agua.
- b) Descargar o arrojar residuos sólidos en la vía pública, parques, plazas, paseos, lugares para acampar, calles, rutas, caminos vecinales y otros lugares.
- c) Arrojar residuos patológicos de tipo y categoría.
- d) El ingreso de residuos peligrosos de cualquier tipo al área del Municipio.

Art. 85: Está totalmente prohibido utilizar tierras en jurisdicción del Municipio, pública o privada para enterrar, almacenar o procesar materiales radioactivos o tóxicos susceptibles de causar daño al ambiente o personas, salvo para utilizarlos o ser procesados, lo que deberá ser expresamente autorizado por ley especial.

## **CAPÍTULO 5: GENERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS**

### **5-1- TIPOS Y CANTIDADES DE RESIDUOS**

A partir de estudios cuanti y cualitativos de los residuos sólidos de Venado Tuerto realizados por la Universidad Nacional de Córdoba y actualizados por la Municipalidad, se obtuvieron los siguientes valores que permiten tipificar los residuos:



Fuente: Elaboración propia, en base a información obtenida de la Municipalidad de Venado Tuerto.

Cabe destacar que en ésta determinación se tuvieron en cuenta todo tipo de residuos sólidos urbanos de origen municipal, domiciliarios y mayores, no considerándose los residuos de origen privado, debido a que el acceso de los mismos al basural no está controlado de ninguna forma, y ésto genera errores en la cuantificación del peso de la basura, además de otros problemas sociales, sanitarios, etc.

También en el estudio anterior se determinó un valor medio para la densidad de la basura antes de clasificar, y un valor para la densidad media de la materia orgánica separada:

DENSIDAD DE LOS RESIDUOS	
Antes de la clasificación	0.185 kg/ dm <sup>3</sup>
Posterior a clasificación de materia orgánica	0.359 kg/ dm <sup>3</sup>

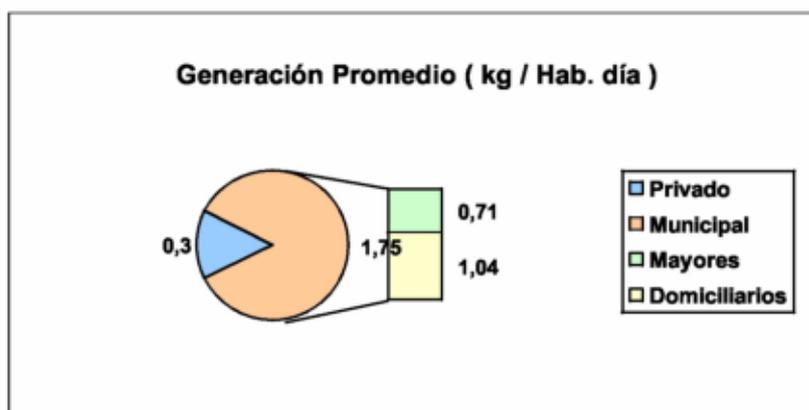
En el estudio se distinguieron los residuos que aportan los particulares, y residuos volcados por la propia Municipalidad, entre éstos se diferenciaron: residuos domiciliarios de aquellos provenientes del barrido de calle, poda, zanjeo y escombros.

El intervalo de estudio que se considera para éstas determinaciones debe ser tal, que permita mostrar las variaciones estacionales, por lo general un año es un intervalo aceptable. Estadísticamente, en verano la generación de residuos sólidos es mayor.

El valor de generación que se toma es de 1.34 kg/hab./día que incluye los residuos domiciliarios y los residuos de origen privado (aporte particular). En este valor no se consideran los residuos mayores, los cuales presentan una generación promedio de 0.71 kg/hab./día. Por lo tanto:

- 1- De origen municipal: 1.75 kg/ hab. día
- Residuos Domiciliarios: 1.04 kg/ hab. día
- Residuos Mayores: 0.71 kg/ hab. día

- 2- De origen privado: 0.30 kg/ hab. día (aporte particular)



Se puede determinar la generación mensual de residuos sólidos, tanto de origen municipal como privado, teniendo en cuenta los siguientes datos:

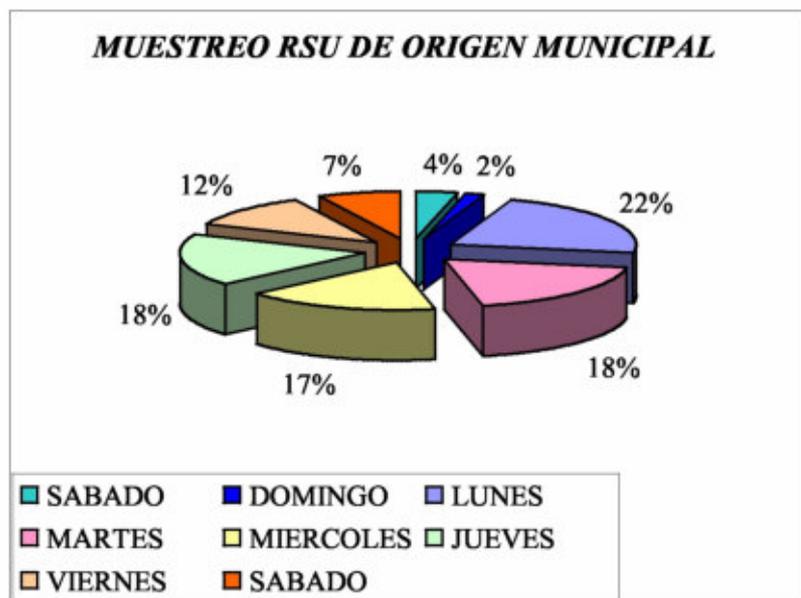
- Población (datos del Censo año 2001): 68508 habitantes
- Días de trabajo efectivo por mes (para residuos domiciliarios): 26 días
- Días de trabajo efectivo por mes (para residuos mayores): 20 días

- 1- De origen municipal: 3117 ton/ mes
- Residuos Domiciliarios: 1852 ton/ mes
- Residuos Mayores: 972 ton/ mes

- 2- De origen privado: 534 ton/ mes (aporte particular)

A través de los muestreos realizados por la Municipalidad de Venado Tuerto en el actual basural, para tipificar los residuos que se depositan en el lugar, se obtuvo una conclusión importante relacionada con la **generación de residuos**, en particular con los días de mayor producción de residuos.

Cabe recordar que las muestras se tomaron durante una semana y consistió en el pesaje de todos los residuos que arribaron al basural de origen municipal, es decir domiciliarios y desperdicios mayores. El acceso no controlado de los particulares al predio del basural, originó inconvenientes para cuantificar ese tipo de residuos.



Fuente: Elaboración propia, en base a información obtenida de la Municipalidad de Venado Tuerto.

Éste gráfico permite observar que los días lunes se recolectan la mayor cantidad de residuos sólidos urbanos, mientras que los días domingo muestran una disminución importante en la cantidad de residuos que llegan al basural.

## 5-2- INFORMACIÓN ACERCA DE LOS RESIDUOS

Para abordar el tema del tratamiento y disposición final de los residuos sólidos urbanos, es interesante conocer datos sobre el período de vida de algunos de los desechos, ya que ésta información permite tener una idea del impacto ambiental negativo que produce un inadecuado manejo de los residuos. Entonces:

### **¿CUÁNTO VIVE LA BASURA?**

- **1 año:** el papel compuesto básicamente por celulosa, no genera mayores problemas para integrar sus componentes al suelo. Lo ideal, es reciclarlo para evitar que se sigan talando árboles para su fabricación.
- **5 años:** un trozo de chicle masticado se convierte en ese tiempo, por acción de oxígeno, en un material muy duro que empieza a resquebrajarse hasta desaparecer.
- **10 años:** es el tiempo que tarda la naturaleza en transformar una lata de gaseosa o de cerveza al estado de óxido de hierro. Los vasos descartables de polipropileno también tardan este tiempo.
- **30 años:** lacas, espumas, la aleación metálica que forma las tapas de botellas, la estructura de aluminio (5%) de los envases de tetra-brik.
- **Más de 100 años:** las botellas de plástico son las más rebeldes a la hora de transformarse. Al aire libre pierden su tonicidad, se fragmentan y dispersan. Enterradas duran más tiempo.
- **150 años:** las bolsas de plástico, hechas de polietileno de baja densidad, por causa de su mínimo espesor pueden transformarse más rápido que una botella de ese material.
- **200 años:** las zapatillas están compuestas por cuero, tela, goma y espumas sintéticas. Por eso tienen varias etapas de degradación. Lo primero que desaparece son las partes de tela o cuero. Su interior no se degrada, sólo se reduce.
- **Más de 1000 años:** tiempo que tardan en desaparecer las pilas y / o baterías.
- **4000 años:** la botella de vidrio, en cualquiera de sus formatos es un objeto muy resistente. Aunque es frágil, para los componentes del suelo es una tarea muy difícil transformar este material. Formada por arena y carbonatos de sodio y calcio es reciclable en un 100%.

## **CAPÍTULO 6: EDUCACIÓN DE LA POBLACIÓN**

### **6-1- GENERALIDADES**

Una de las características principales de un proyecto de separación y disposición final de residuos urbanos es su carácter social, ya que permite a todos los ciudadanos participar de manera voluntaria en la solución del problema.

Es necesario abordar desde la **educación** la problemática de los residuos e incluir un programa de educación ambiental que permita la intervención de la comunidad a través de grupos organizados, es decir, centros educativos, organizaciones no gubernamentales, municipio y empresas. Se aconseja realizar charlas y talleres en los establecimientos educativos de todos los niveles de la enseñanza.

La educación procura lograr un cambio de actitudes y de conductas hacia la prevención y la protección del ambiente, de modo que en la población se desencadenen acciones concretas y prácticas para proteger y evitar la contaminación del ambiente.

En la implementación de un programa de gestión integral de residuos sólidos se debe también capacitar y supervisar al personal que trabaja en el manejo de los desechos, ya que ellos a través de su apariencia personal, cortesía, y competencia, deben alentar la cooperación de la ciudadanía con respecto al sistema de recolección, tratamiento y eliminación de residuos.

La **educación** y la **publicidad** constituyen dos elementos fundamentales que deben acompañar todo programa de gestión integral de residuos sólidos urbanos. Se deben repartir folletos explicativos y se deben realizar campañas publicitarias con abundante cantidad de información de manera de contribuir al saneamiento urbano.

Las campañas de concientización revisten especial importancia en las etapas previas a la implementación efectiva del programa. Deben cumplir con la premisa de informar a la población sobre la razón del proyecto, su puesta en marcha e implementación operativa. En las etapas previas, es donde el esfuerzo informativo y educativo debe intensificarse brindando a la población toda la información necesaria.

Las campañas de difusión deben cubrir tres aspectos fundamentales:

- ✓ El cuidado por el medio ambiente
- ✓ La justificación del proyecto
- ✓ La metodología a utilizar

Es conveniente que éstas campañas sean ilustradas con bocetos, logos y slogans diseñados por profesionales especialistas en comunicación, para tener una mayor aceptación en la población.

Se debe tener en cuenta que si no se llega a la comunidad en todos sus niveles no se logra una concientización en la gente, por lo cual las campañas deben ser masivas, abarcando todos los sectores de la población.

Las campañas publicitarias son muy valiosas, por ejemplo un volante o una propaganda televisiva sobre el sistema de manejo de residuos sólidos puede contener la siguiente información: qué servicios se proporcionan, cuántos trabajadores hay, el presupuesto anual, qué mejoras se persiguen, organización del sistema, qué se espera del ciudadano y los beneficios económicos y de salud que una ciudad más limpia proporciona.

También existe un número de informaciones básicas a comunicar a la población con relación a la temática: Horario de recolección, requisitos para la colocación y remoción de las bolsas de residuos o contenedores, días para la recolección especial de desperdicios mayores, métodos para efectuar quejas acerca del servicio, etc.

La publicidad de los beneficios parciales que se obtengan servirá para aportar conceptos educativos al resto de la población, a fin de lograr una amplia participación y cambio de actitudes en sectores cada vez más numerosos. También es muy importante que se conozcan en forma detallada el destino de los materiales recuperados.

Generalmente, se cuenta con el apoyo de los “ecoclubes”, que son organizaciones no gubernamentales, donde participan básicamente niños y jóvenes, que articulan acciones con otras instituciones de la comunidad para mejorar la calidad de vida de la población.

## **CAPÍTULO 7: RECOLECCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS**

### **7-1- GENERALIDADES**

La recolección de los residuos es el vínculo entre la disposición inicial que se realiza en el domicilio y el sistema de disposición final de los mismos. El término **recolección** incluye no solamente la recolección de los residuos, sino también el transporte de los mismos hasta el lugar donde los vehículos recolectores se vacían.

Es muy importante que la recolección y transporte de los residuos esté organizada de tal forma que permita brindar un servicio eficiente sin generar ruidos molestos, olores desagradables, suciedad, desorden, etc. Ésta tarea suele ser cada más compleja debido a que las formas de generar residuos varían constantemente y se incrementa la cantidad total de desechos. En la actualidad, los inconvenientes que se presentan son críticos debido a los altos costos de combustible y mano de obra requeridos.

Existen dos sistemas típicos para realizar la recolección de los residuos: la recolección municipal y recolección por contrato. En la recolección por contrato, la municipalidad paga a una empresa para que realice el trabajo con el personal del municipio, éste sistema simplifica la labor municipal.

Se pueden definir claramente cuatro etapas en la recolección de residuos:

- 1) Recolección propiamente dicha: Ésta etapa abarca todo el tiempo empleado por el personal recolector desde que comienza a vaciar el primer recipiente hasta que realiza la descarga del último.
- 2) Transporte: Ésta operación corresponde al tiempo empleado por el camión desde el instante en que recibió la basura del último recipiente hasta que se vacíe el contenido del primer recipiente del siguiente viaje de recolección, excluido el tiempo de descarga.
- 3) Descarga: Es el tiempo utilizado por el vehículo de recolección en el sitio de disposición final. Ésta etapa depende del tipo de camión, es decir del sistema de descarga y del tamaño del lugar destinado para la recepción de los residuos en el sitio disposición final.
- 4) Fuera de ruta: En esta parte de la recolección, se incluye la actividad relacionada con el personal, que no es productiva pero es esencial para el sistema, por ejemplo: carga de combustible, reuniones con supervisores.

En la operación de recolección y transporte deben considerarse los siguientes aspectos: tipos de servicio de recolección proporcionados; necesidades de equipamiento y mano de obra; análisis de los sistemas de recolección y metodología de los itinerarios de recolección.

## 7-2- VEHÍCULOS RECOLECTORES DE RESIDUOS

El equipo de recolección de residuos varía mucho en cuanto a tamaño y características que puede presentar. La capacidad de los mismos influye notoriamente en el costo de la recolección. Además, la altura de la carga es importante desde el punto de vista del rendimiento y daño que pueda causar al operario, por lo tanto debe tener tal valor que permita una operación cómoda y sin riesgos. La altura ideal es aquella que facilita el trabajo durante la carga y es lo suficientemente alta como para no reducir la capacidad del vehículo.

- ⇒ Camión recolector con caja compactadora: éstos vehículos están equipados con una caja compactadora que dispone de un dispositivo de compresión que permite reducir entre 3 y 5 veces el volumen de los residuos. La capacidad normal es de 2 a 13 toneladas de residuos.
  
- ⇒ Camión recolector con caja cerrada: sin compactación: su capacidad de carga es más reducida que la del camión recolector con caja compactadora.
  
- ⇒ Camiones para contenedores: de gran capacidad, son vehículos especiales que van equipados con dispositivos tipo “cadenas” para poder levantar y depositar los grandes contenedores sobre el chasis del camión.
  
- ⇒ Camiones de caja abierta: este tipo de vehículos se suele utilizar en áreas rurales dónde el volumen de los residuos es muy reducido y no se dispone de suficientes medios económicos para realizar un servicio adecuado. En las áreas urbanas, éste tipo de camión suele utilizarse para la recolección de residuos voluminosos.
  
- ⇒ Otros tipos de vehículos: los que son movidos por tracción animal o tractores. Generalmente se usan en el medio rural donde el volumen de residuos sólidos generados es muy pequeño.

### 7-3- PERSONAL RECOLECTOR

El personal que realiza los trabajos de recolección y transporte de residuos debe estar provisto de uniformes, guantes, cascos y todo elemento que contribuya a protegerlo y resguardarlo de posibles accidentes.

El trabajo de recolección de residuos requiere una gran contribución del factor humano, por lo tanto es importante su condición física y su espíritu de trabajo. Es preciso contar con trabajadores que comprendan la importancia social del trabajo que realizan y que contribuyan a realizar eficazmente las tareas asignadas.

Por lo tanto, es conveniente que se instruya a los operarios mediante cursos, charlas informativas, sobre trato con el público y normas que permitan poner en práctica hábitos de higiene personal, cuidados al estar en contacto con determinado tipo de residuos, etc.

El número de operarios por vehículo recolector de residuos no puede ser normalizado, y debe ser estudiado en cada situación en particular, ya que depende de múltiples factores tales como:

- ✓ Densidad de población
- ✓ Características de la localidad
- ✓ Tiempo disponible para la recolección
- ✓ Tiempo empleado para el transporte al sitio de disposición final
- ✓ Número de viajes por día
- ✓ Tiempo necesario para la recolección propiamente dicha
- ✓ Tamaño del vehículo recolector

Por lo general, se emplean por vehículo recolector dos o tres hombres y en algunas situaciones pueden ser cuatro. Si se tienen cuatro operarios, un hombre trabaja a cada lado del camión para manipular las bolsas o recipientes de residuos, el tercero los descarga en el vehículo y el cuarto es el chofer, quien debe permanecer en su posición. Ésta disposición se justifica en zonas de alta densidad de población y cuando se tienen bolsas de residuos colocadas en la vereda.

Un aspecto importante relacionado con el personal empleado en la recolección de residuos, es la organización de las vacaciones y suplencias, debido a que es preciso asegurar la continuidad del servicio a pesar de las ausencias por enfermedad o por vacaciones.

Por lo tanto, quien esté a cargo del servicio deberá contemplar éste factor y adoptar la solución más adecuada. Podrá optar en contar con una cantidad determinada de operarios en exceso para cubrir las bajas, pero de ésta forma se encarece demasiado la mano de obra.

#### 7-4- DISEÑO DE RUTAS DE RECOLECCIÓN

La diagramación de las rutas de recolección es uno de los caminos para mejorar el rendimiento, tanto de los equipos que se utilizan como de la mano de obra que se emplea para realizar la recolección y transporte de los residuos.

La **sectorización** es la primera etapa del diseño de las rutas, la cual consiste en dividir la ciudad en sectores, de manera que cada sector asigne a cada equipo de recolección una cantidad apropiada de trabajo, utilizando toda su capacidad. Los sectores se pueden dividir a su vez en subsectores.

Para llevar adelante un trabajo de sectorización de la ciudad, se necesita contar con los siguientes datos:

- Área de cada zona a servir
- Densidad de población de cada zona
- Índice de producción de residuos per cápita (PPC) de cada zona
- Equipo de recolección disponible
- Densidad de basura en el camión recolector
- Frecuencia de recolección
- Números de viajes que se pueden realizar por camión durante una jornada normal de trabajo

El número de viajes depende de los siguientes factores:

- Cantidad de residuos en cada punto de recolección
- Tipo de recipientes
- Estado de pavimento de calles
- Condiciones de tráfico
- Longitud de las rutas de recolección
- Distancia al sitio de disposición final
- Condiciones mecánicas del camión recolector

La **diagramación** es la segunda etapa del diseño de las rutas y se basa en desarrollar una ruta de recorrido para cada subsector, para permitir a cada equipo llevar a cabo la tarea de recolección en menos tiempo y con un recorrido menor. Para realizar la diagramación es necesario tener en cuenta los siguientes datos:

- Lugar donde se guardan los vehículos
- Lugar de disposición final

- Sentidos de circulación
- Hora de mayor intensidad de tránsito
- Topografía
- Vías servibles y vías no servibles
- Tipo de trazo de rutas

Los tipos de trazo de rutas de recolección pueden ser clasificados y descritos de la siguiente forma:

- ✓ PEINE: recolección de ambos lados de las vías a la misma hora; se recorre solamente una vez por cada vía.
- ✓ DOBLE PEINE: recolección de un lado de las vías; se recorre por lo menos dos veces por cada vía.

Las rutas deben presentar las siguientes características:

- Evitar duplicaciones, repeticiones y movimientos innecesarios
- Contemplar las disposiciones de tránsito
- Minimizar el número de vueltas izquierdas y redondas, para evitar pérdidas de tiempo al cargar, reducir peligros a los operarios y no generar obstáculos en el tráfico
- Las rutas con tráfico intenso no deben recorrerse en la hora pico de tránsito
- Dentro de lo posible, las rutas deberían iniciarse en los puntos más cercanos al lugar donde se guardan los vehículos
- Las partes más elevadas deben recorrerse en los inicios de ruta
- Las vías empinadas deberían recorrerse cuesta abajo, realizando la recolección a ambos lados de las vías, para de ésta manera aumentar la seguridad en el trabajo, acelerar la recolección, reducir el desgaste de equipos y el consumo de combustible y aceite.
- Cuando se usa el trazo “Peine” es conveniente desarrollar las rutas con recorridos largos y rectos antes que dar vueltas a la derecha.
- Cuando se usa el trazo “Doble peine” es preferible desarrollar las rutas con muchas vueltas en el sentido de las agujas del reloj, alrededor de manzanas.

#### **7-5- PROBLEMAS HIGIENICOS DE LA RECOLECCION DE RSU**

Los problemas higiénicos de la recolección de residuos, comienzan en los recipientes domiciliarios utilizados para el almacenamiento y continúan en los vehículos recolectores.

En principio, si se considera un orden cronológico en cuanto al circuito de la basura desde su producción hasta su disposición final se puede decir que, los residuos sólidos domiciliarios, permanecen cerca de las fuentes emisoras, es decir en la vía pública, mas tiempo del aconsejable.

La permanencia de los residuos en la vía pública, trae como consecuencia dos graves inconvenientes, la contaminación ambiental y el fomento del cirujeo; la contaminación ambiental se manifiesta a través del mal olor, focos de infección, contaminación visual y la proliferación de ratas, moscas cucarachas y perros que diseminan y contagian numerosas enfermedades.

La excesiva permanencia de los residuos en el lugar de espera puede deberse a que los habitantes saquen los residuos a horas inadecuadas o que los camiones de la empresa recolectora no cumpla correctamente con su servicio. Para solucionar el problema del primer caso, se deben realizar campañas de concientización, y penalizar el incumplimiento de las disposiciones horarias establecidas. Si el incumplimiento se da por parte de la empresa recolectora, se deberá sancionar a la misma y a su vez hacer eficiente el servicio que la misma presta.

El almacenamiento apropiado de los residuos en el domicilio implica: la provisión de un número adecuado de recipientes con suficiente capacidad para contener el volumen de los desechos acumulados entre las recolecciones, la selección de un tipo apropiado de recipiente, la colocación de este en un lugar que de máxima conveniencia para el usuario, la adecuada manipulación de los desperdicios antes de su almacenamiento, y la conservación de los recipientes y sus alrededores en condiciones higiénicas.

En cuanto a los vehículos recolectores, es fundamental el compromiso de los operarios, ya que si el personal no realiza en forma eficiente las tareas, puede volcar los desechos en la calle creando focos de proliferación de moscas y roedores.

Que los residuos sean recogidos diariamente o día por medio depende de varios factores, pero se adopte uno u otro sistema, es necesario que se cumpla con los periodos y horarios establecidos, para evitar la creación de pequeños vaciaderos en la vía pública o en terrenos baldíos.

**7-6- SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE RSU EN VENADO TUERTO**

El sistema de recolección y transporte de residuos en nuestra ciudad está a cargo de la Municipalidad. Por un lado se realiza la recolección de residuos domiciliarios que incluyen no sólo lo que se genera en los hogares sino también los residuos comerciales e industriales menores de la ciudad y por otro lado se tiene la recolección de los desperdicios mayores en la que se incluyen elementos de poda, césped, barrido de calles, escombros, tierra, etc.

En referencia al parque recolector, la municipalidad cuenta con 7 camiones volcadores, 6 camiones compactadores, 3 carros de arrastre. Según los datos recabados podemos decir que se opera con 4 camiones volcadores al 50% de su utilidad, y el resto de los camiones volcadores al 30% de uso, y se considera 3 camiones compactadores al 50% de su uso, y el resto de los camiones compactadores al 30% de utilidad.

Éstos porcentajes de uso o utilidad, hacen referencia a que se emplean éstos mismos equipos también para desarrollar otras tareas.



***Camión compactador llegando al basural***



***Camión compactador con carga trasera***



***Camión volcador descargando residuos mayores***

La forma en que se lleva a cabo la tarea de recolección de residuos, en cuanto al trazo de las rutas, es mediante el trazo “peine” que consiste, en la recolección de residuos a ambos lados de las vías, recorriéndose una vez por cada vía.

## 7-7- ANÁLISIS DE LOS SISTEMAS DE RECOLECCIÓN DE RSU

Los sistemas de recolección de residuos sólidos pueden clasificarse de la siguiente manera:

### 7-7-1. Recolección Domiciliaria

La recolección domiciliaria consiste en la recolección de los residuos generados vivienda por vivienda. En éste sistema se encuentra la variante de:

#### 1- Recolección Domiciliaria Común

Se basa en realizar la recolección de los residuos generados en los domicilios y también la de los producidos por comercios e industrias ubicados en el área urbana.

En éste tipo de recolección, los residuos son dispuestos en una bolsa única generalmente de polietileno, sin separación alguna. Es la recolección clásica, llamada **“todo en uno”**.

El servicio de recolección y transporte de residuos, con que cuenta la ciudad de Venado Tuerto, como se dijo es efectuado por la Municipalidad. La recolección para los residuos domiciliarios se realiza en toda la ciudad en horario nocturno, desde las 21 hs hasta las 3 hs. y se asignan determinados horarios para cada uno de los barrios de la ciudad.

Las frecuencias son diarias en toda la zona urbana y suburbana, con un recorrido aproximado de 3000 cuadras. Se distribuye en 7 zonas con una unidad compactadora por cada una de ellas. Comprenden entre 300 y 400 cuadras promedio por recorrido. Realizan dos viajes promedio por noche cada unidad compactadora.

El volcado de los residuos recolectados en el vertedero está en correspondencia con los horarios de recolección, siendo el de mayor complejidad el volcado de los residuos domiciliarios que se realiza entre las 2 y 4 de la madrugada, debido al volumen de los mismos y a la heterogeneidad de productos.

En la ciudad se cuenta, actualmente, con 6 camiones compactadores con carga trasera para realizar las tareas de recolección y transporte de residuos domiciliarios.

Éstos equipos tienen muchos años de uso, por lo tanto se debe aplicar el coeficiente de amortización correspondiente. Es así como se tienen vehículos de mayor antigüedad que otros, por ejemplo algunos adquiridos en el año 1986, otros 1994, y algunos un poco más nuevos como los que datan del año 2001.

En éste estudio se debe incluir, la mano de obra, debido a que es un factor de mucha incidencia económica ya que se cuenta con un numeroso plantel de operarios.

El análisis de éste tipo de recolección de residuos se complementa con los costos que demanda la recolección y transporte de los mismos, que a continuación se adjuntan. Para realizar el estudio de costos se deben contemplar los siguientes datos:

- ✓ Generación mensual de residuos domiciliarios: 1852 ton/ mes
- ✓ Equipos utilizados: 6 camiones compactadores
- ✓ Cantidad personal: 30 operarios
- ✓ Horas jornada de trabajo: 6 horas

Según datos recabados en la Sub-Secretaría de Servicios Públicos de la Municipalidad de nuestra ciudad, los vehículos afectados a la prestación de este servicio son:

- Camiones Compactadores:

<b>113-</b> Compactadora Ford 7000	– mod.1986 – Adquirido 07/07/1986
<b>114-</b> Compactadora Ford 7000	– mod.1986 – Adquirido 18/11/1986
<b>115-</b> Compactadora Dodge	– mod.1980 – Adquirido año 1987
<b>116-</b> Compactadora Ford 14000	– mod.1994 – Adquirido 01/06/1994
<b>117-</b> Compactadora Ford 14000	– mod.1994 – Adquirido 01/06/1994
<b>119-</b> Compactadora Ford 14000	– mod.1994 – Adquirido 01/06/1994
<b>131-</b> Compactadora Ford 14000	– mod.2001 – Adquirido 12/07/2001

Para realizar el análisis se consideran todos camiones Ford 1400 con su valor a nuevo y una amortización de 20.000 horas para tener en cuenta el hecho de que tienen considerable antigüedad. Se considera un interés anual de 0.12. Además se toma el consumo mensual de combustible suministrado por la sub-secretaría que es de 2310 litros. Los lubricantes se los incluye como un 20% del combustible y la reparación y repuestos como un 80% de la amortización.

En cuanto a la mano de obra se opera con un total de 30 empleados municipales, de los cuales 6 son choferes y 24 coleros. En este rubro se debe incluir las cargas sociales, adicionales por presentismo y seguro.

**ITEM : RECOLECCIÓN DOMICILIARIA**

Horas jornada de trabajo: 6 (De 21:00 a 03:00 hs)

**RUBRO: EQUIPOS**

Denominación	Cant.	Pot.Total	Costo Unit. (\$)	Uso (%)	Potencia (HP)	Costo Total (\$) c/IVA
Camión Compactador Ford 14000 - Caja carga trasera	6	960	130.000	33%	316,8	257.400
<b>TOTALES</b>					<b>316,8</b>	<b>257.400</b>
Amortización	20.000 hs					12,87 \$/hs
Interés Anual	0,12					8,49 \$/hs
Combustible	2310 litros x mes					21,47 \$/hs
Lubricantes	20	% de Combustible				4,29 \$/hs
Reparación y Repuestos	80	% de Amortización				10,30 \$/hs
					Costo horario del Equipo	57,43 \$/hs
					Rendimiento	72,00 ton/día
					Costo por ton	4,79 \$/ton

**COSTO DEL RUBRO EQUIPOS**

**4,79 \$ /ton**

**RUBRO: MANO DE OBRA**

Denominación	Cant.	Sueldo Unit.	\$ / día	\$ / hora	% Uso	Costo (\$ / hora)
Choferes	6	344,96	13,27	2,21	100%	13,27
Coleros	24	344,96	13,27	2,21	100%	53,07
Costo neto M. de O.						66,34 \$/hs
Cargas Sociales	24 %					15,92 \$/hs
Adicionales-Presentismo	14 % Sueldo unit. básico					9,29 \$/hs
Seguro	8,40 \$/mes x operario					1,62 \$/hs
					Costo horario Mano de Obra	93,16 \$/hs
					Rendimiento	72,00 ton/día
					Costo por ton	7,76 \$/ton

**COSTO DEL RUBRO MANO DE OBRA**

**7,76 \$ /ton**

**COSTO TOTAL EQUIPOS Y MANO DE OBRA**

**12,55 \$ /ton**

Teniendo en cuenta los datos de generación mensual de los residuos domiciliarios, es decir, lo que se produce en los hogares más los residuos comerciales e industriales menores de la ciudad y los costos obtenidos de la planilla anterior, en donde se incluyen equipos y mano de obra, se puede determinar el costo de recolección y transporte actual de residuos domiciliarios.

El análisis de costos se hace considerando por un lado, los costos de equipos nuevos, y por el otro teniendo en cuenta que en realidad se tienen equipos de importante antigüedad, y esto interviene en los valores mediante el coeficiente de amortización.

→ Recolección y Transporte = **12.55 \$/ ton**

→ Generación residuos = 1852 ton/ mes

→ **Recolección y Transporte**

<b>23.250 \$/mes</b>
----------------------

## 2- Recolección Domiciliaria con Separación en Origen

Éstos sistemas o programas de separación en origen y recolección selectiva, procuran clasificar los residuos, separarlos según su naturaleza, reaprovechar algunos de ellos y facilitar el control del destino de los desechos no aprovechables que se generan.

Como se pueden tener fracciones húmedas, secas reciclables o no reciclables, y cada una de ellas se recolectan en bolsas diferentes por camiones diferentes, se llama a éste sistema recolección **“por fracciones”**.

Desde el punto de vista práctico, la aplicación de este programa ofrece la posibilidad de reciclar los desperdicios susceptibles de ser transformados otra vez en materiales útiles. Una de las ventajas de separar en origen, es que el material que ingresa ya clasificado a un centro de reciclaje es mucho más fácil de manejar.

La efectivización de esta clasificación de los residuos por parte de todos nosotros, ya sea en el hogar como en el ambiente laboral, posee algunas desventajas que hace que en muchos lugares no se la tenga en cuenta. De todas las desventajas se resumen:

- La globalización y los libres mercados hacen que algunos productos elaborados posean costos muy bajos, por lo que la utilización de reciclados se hace nula por su costo.
- Actualmente muchas empresas no tienen estructura como para incorporar reciclados.
- Muchos de los consumidores asocian la palabra "reciclado" con "usado" generando cierta cautela en la adquisición.

Para facilitar el proceso, es fundamental que los materiales sean correctamente separados en el momento que se desechan, porque si así no lo fueren se incrementará el trabajo al tener que hacer otra clasificación posterior. Está demostrado que es más fácil y económico separar los materiales en el inicio y no después cuando están todos mezclados entre sí.

Por ejemplo, para realizar una separación de los residuos en el domicilio de la parte orgánica y los materiales posibles de reciclar, se los debe colocar en recipientes con características diferenciales que identifiquen su contenido, como: bolsas de polietileno de distintos colores según el residuo que contengan.

Para cada caso en particular se debe realizar un estudio pormenorizado de los tipos de residuos generados, cantidades y forma en que se desechan, debiéndose también estudiar el mercado de captación de los mismos.

Todo el programa de reciclado no tendría éxito si no viene acompañado con un plan de capacitación de las personas involucradas en todos los niveles, y una campaña de difusión de la misma con la confección de impresos, afiches, etc.

Se concluye, con todo este estudio, que la recolección y clasificación selectiva es difícil de incorporar como una filosofía de vida. Además, siempre resulta dificultoso razonar la implementación de acciones cuyos frutos se verán a futuro.

Para poder realizar un análisis acerca de la separación en origen, en diferentes bolsas, y posterior recolección selectiva, se puede comenzar sectorizando la ciudad, dividiéndola, por ejemplo en cinco zonas, y asignándole a cada una de ellas un porcentaje que equivale al 20% de la superficie de la ciudad.

Se parte de considerar la zona céntrica, a la cual le corresponde un 20 % de superficie y por lo tanto un determinado porcentaje de población y cantidad de residuos que se generan. Se propone recolectar diariamente los residuos orgánicos y dos veces por semana los residuos inorgánicos. Por lo tanto se tiene:

- ✓ 20 % superficie = 500.00 has
- ✓ Cantidad de población = 13701.60 hab
- ✓ Densidad de población = 27,40
- ✓ Tipología de la zona = Residencial

Con los datos del total de habitantes y generación per cápita, se puede obtener los residuos que se generan en esa zona, y determinar los % de orgánicos e inorgánicos.

- ✓ Generación per cápita = 1,75 kg/ hab. día
- ✓ Residuos Domiciliarios = 1,04 kg/ hab. día
- ✓ Residuos Mayores = 0,71 kg/ hab. día
- ✓ Residuos orgánicos = 75,15 %
- ✓ Residuos inorgánicos = 24,58 %
- ✓ Otros residuos = 0,27 %

Para la separación en origen y recolección selectiva se consideran sólo los residuos domiciliarios, por lo tanto:

- ✓ Cantidad de residuos = 1,04 kg/ hab. día x 13.701 hab.
- ✓ Cantidad de residuos = 14.250 kg/ día (100%)
- ✓ Cantidad orgánica = 10.709 kg/ día (75,15%)
- ✓ Cantidad inorgánica = 3.502 kg/ día (24,58%)

Se debe analizar qué ocurre cuando se realiza en un 20% de la ciudad separación en origen, y en el resto de la ciudad recolección común, y evaluar la cantidad de residuos que se tienen que recolectar tanto por recolección común como por recolección selectiva. De ésta manera se deben ir evaluando las necesidades de camiones y ver cuándo se justifica realizar uno u otro tipo de recolección.

Entonces:

El análisis debe partir de considerar el sistema de recolección actual de residuos, que comprende el 100% de la ciudad con recolección tradicional. Luego, se debe ir implementando un programa de recolección selectiva sectorizada, aumentando progresivamente los porcentajes de superficie de la ciudad en donde se aplicará dicho sistema y evaluar cómo van incidiendo esos valores en la recolección.

- **Si se recolecta de manera tradicional en el 100% de la ciudad, se tiene el siguiente esquema:**

→ Diariamente se recolecta:

- 75% (orgánico) del 100% RSU = 53.438 kg/ día
- 25% (inorgánico) del 100% RSU = 17.812 kg/ día
  
- Total = 100% residuos orgánicos e inorgánicos
- Total = 71.250 kg/ día residuos orgánicos e inorgánicos
  
- Cantidad de vehículos recolección diaria: 6 camiones compactadores (cap. = 6 ton)

- **Si se recolecta selectivamente en un sector de 20% de superficie, en el 80% restante se tiene que recolectar de manera tradicional y por lo tanto se tiene el siguiente esquema:**

→ Diariamente se recolecta:

- 75% (orgánico) del 100% RSU del sector = 15% (orgánicos) = 10.709 kg/ día
- 75% (orgánico) del 100% RSU resto ciudad = 60% (orgánicos) = 42.750 kg/ día
- 25% (inorgánico) del 100% RSU resto ciudad = 20% (inorgánicos) = 14.250 kg/ día

- Total = 95% residuos orgánicos e inorgánicos
- Total = 67.709 kg/ día residuos orgánicos e inorgánicos

- Cantidad de vehículos recolección diaria: 6 camiones compactadores (cap. = 6 ton)

→ Dos veces por semana se recolecta:

- 25% (inorgánico) del 100% RSU del sector = 5% (inorgánicos) = 3.502 kg/ día
- Total = 5% residuos inorgánicos

- Cantidad de vehículos recolección diferenciada: 1 camión volcador (cap. = 6 m<sup>3</sup>)

- **Si se recolecta selectivamente en un sector de 40% de superficie, en el 60% restante se tiene que recolectar de manera tradicional y por lo tanto:**

→ Diariamente se recolecta:

- 75% (orgánico) del 100% RSU del sector = 30% (orgánicos) = 21.375 kg/ día
- 75% (orgánico) del 100% RSU resto ciudad = 45% (orgánicos) = 32.063 kg/ día
- 25% (inorgánico) del 100% RSU resto ciudad = 15% (inorgánicos) = 10.688 kg/ día

- Total = 90% residuos orgánicos e inorgánicos
- Total = 64.126 kg/ día residuos orgánicos e inorgánicos

- Cantidad de vehículos recolección diaria: 5 camiones compactadores (cap. = 6 ton)

→ Dos veces por semana se recolecta:

- 25% (inorgánico) del 100% RSU del sector = 10% (inorgánicos) = 7.125 kg/ día

- Total = 10% residuos inorgánicos

- Cantidad de vehículos recolección diferenciada: 2 camiones volcadores (cap.= 6 m<sup>3</sup>)

- Si se recolecta selectivamente en un sector de 60% de superficie, en el 40% restante se tiene que recolectar de manera tradicional y por lo tanto:

→ Diariamente se recolecta:

- 75% (orgánico) del 100% RSU del sector = 45% (orgánicos) = 32.063 kg/ día

- 75% (orgánico) del 100% RSU resto ciudad = 30% (orgánicos) = 21.376 kg/ día

- 25% (inorgánico) del 100% RSU resto ciudad = 10% (inorgánicos) = 7.125 kg/ día

- Total = 85% residuos orgánicos e inorgánicos

- Total = 60.564 kg/ día residuos orgánicos e inorgánicos

- Cantidad de vehículos recolección diaria: 5 camiones compactadores (cap. = 6 ton)

→ Dos veces por semana se recolecta:

- 25% (inorgánico) del 100% RSU del sector = 15% (inorgánicos) = 10.688 kg/ día

- Total = 10% residuos inorgánicos

- Cantidad de vehículos recolección diferenciada: 2 camiones volcadores (cap.= 6 m<sup>3</sup>)

- Si se recolecta selectivamente en un sector de 80% de superficie, en el 20% restante se tiene que recolectar de manera tradicional y por lo tanto:

→ Diariamente se recolecta:

- 75% (orgánico) del 100% RSU del sector = 60% (orgánicos) = 42.750 kg/ día

- 75% (orgánico) del 100% RSU resto ciudad = 15% (orgánicos) = 10.688 kg/ día

- 25% (inorgánico) del 100% RSU resto ciudad = 5% (inorgánicos) = 3.562 kg/ día

- Total = 75% residuos orgánicos e inorgánicos

- Total = 53.438 kg/ día residuos orgánicos e inorgánicos

- Cantidad de vehículos recolección diaria: 5 camiones compactadores (cap. = 6 ton)

→ Dos veces por semana se recolecta:

- 25% (inorgánico) del 100% RSU del sector = 20% (inorgánicos) = 14.250 kg/ día

- Total = 20% residuos inorgánicos

- Cantidad de vehículos recolección diferenciada: 3 camiones volcadores (cap.= 6 m<sup>3</sup>)

▪ **Si se recolecta selectivamente en el 100% de la ciudad:**

→ Diariamente se recolecta:

- 75% (orgánico) del 100% RSU total ciudad = 53.438 kg/ día

- Total = 75% residuos orgánicos

- Total = 53.438 kg/ día residuos orgánicos

- Cantidad de vehículos recolección diaria: 5 camiones compactadores (cap. = 6 ton)

→ Dos veces por semana se recolecta:

- 25% (inorgánico) del 100% RSU total ciudad = 17.812 kg/ día

- Total = 25% residuos inorgánicos

- Cantidad de vehículos recolección diferenciada: 3 camiones volcadores (cap.= 6 m<sup>3</sup>)

→ **CUADRO RESUMEN RECOLECCIÓN DOMICILIARIA CON SEPARACIÓN EN ORIGEN**

- ✓ Recolección Tradicional: residuos orgánicos
- ✓ Recolección Selectiva: residuos inorgánicos

SISTEMA RECOLECCIÓN	SECTOR CIUDAD	CANT. VEHÍCULOS	FRECUENCIA RECOLECCIÓN
<i>Tradicional</i>	100%	6	Diaria (6 días)
<i>Selectiva</i>	20%	1	Dos veces x sem.
<i>Tradicional</i>	100%	5	Diaria (6 días)
<i>Selectiva</i>	40%	2	Dos veces x sem.
<i>Tradicional</i>	100%	5	Diaria (6 días)
<i>Selectiva</i>	60%	2	Dos veces x sem.
<i>Tradicional</i>	100%	5	Diaria (6 días)
<i>Selectiva</i>	80%	3	Dos veces x sem.
<i>Tradicional</i>	100%	5	Diaria (6 días)
<i>Selectiva</i>	100%	3	Dos veces x sem.

Después de considerar todo lo expuesto anteriormente, se pueden realizar las siguientes conclusiones acerca de implementar un programa de separación en origen y recolección selectiva sectorizada:

1. No se reduce en forma apreciable las cantidades de camiones y de mano de obra necesaria para la recolección y transporte de los residuos, debido a que si bien se requieren menos vehículos para la recolección diaria, se necesitan más camiones para llevar a cabo la recolección diferenciada.
2. Teniendo en cuenta el ítem anterior, se deduce que no se producirá una disminución en los costos de recolección y transporte.
3. Se debe tener presente que los costos de recolección y transporte constituyen una parte importante de los costos del proceso de gestión de residuos sólidos.
4. Se debe contemplar la posibilidad real de que parte de la población que intervenga en la separación en origen, no coopere con la propuesta y por lo tanto no contribuya al éxito del programa. Se debe pensar, entonces en realizar, además una separación en destino para asegurar la calidad de los productos que se recuperen.
5. Es conveniente implementar un plan de separación en origen y recolección selectiva en forma progresiva. Esto significa; partir de mejorar las condiciones actuales de tratamiento y/o disposición de residuos, para luego pasar a separación en destino, y a través del tiempo ir cambiando hábitos en la población, esto impulsado por campañas educativas, para lograr llevar a cabo un sistema con separación en origen.

### 7-7-2. Recolección Selectiva:

La “**recolección selectiva**”, es un sistema que se basa en que son los propios ciudadanos los que realizan la selección de los productos recuperables, colocándolos en recipientes independientes. Éstos materiales pueden ser reutilizados por la industria como materias primas en mejores condiciones que si hubiese que separarlas de las bolsas de residuos donde están mezcladas con materia orgánica, que las ensucian y deterioran.



A nivel particular lo ideal sería disponer de dos cestos de basura distintos: uno para los residuos inorgánicos (vidrio, papel, plásticos, etc.); y otro para residuos orgánicos (cáscaras, restos de verduras y frutas, etc.). Se debería contar con otro cesto reservado para la basura especial: pilas, medicamentos, termómetros de mercurio rotos, pinturas, barnices, disolventes, restos de insecticidas y otras sustancias químicas.

Para implementar un sistema de recolección selectiva, conviene en un primer momento promover la selección en origen de los residuos orgánicos, es decir los de origen animal o vegetal, que se degradan rápidamente.

Los motivos que determinan la elección de este tipo de residuos son los siguientes:

- Son los más numerosos: en todos los casos supera el 60% del peso total.
- Son los que favorecen la proliferación de ciertas plagas. Los restos de alimentos son los que permiten que se multipliquen insectos (moscas, cucarachas), roedores, etc.
- Son los que ocasionan contaminación del aire (olores nauseabundos, humo a causa de la autocombustión, etc.) y de las napas de agua (lixiviados con nitritos, nitratos, etc.)

En una segunda etapa es conveniente proponer la selección en origen de papeles y cartones, residuos que habitualmente son separados en algunos hogares. Luego se puede incentivar la separación de inorgánicos, de tóxicos, de medicamentos vencidos, etc.

Con la separación en origen y recolección selectiva, se produce una disminución del volumen de los residuos. Una de las características que presenta, es que a diferencia de la materia orgánica, que se tiene que sacar para ser recolectada a determinados horarios, los componentes inorgánicos se pueden depositar a cualquier hora en los contenedores.

Entre las ventajas que presenta éste método, se encuentran el hecho de que no es necesario pasar a retirar los residuos todos los días cuando se establece una determinada disciplina, se reduce el volumen de la disposición final, cuya capacidad es limitada, se adquiere valor a lo que antes se perdía, contribuye a proteger el medio ambiente.

Para poder llevar adelante un sistema de recolección selectiva, es fundamental que todos los ciudadanos se comprometan a realizar la separación en domicilio de los diferentes tipos de residuos y depositarlos correctamente en el contenedor adecuado. No solamente deben cooperar los generadores de los residuos, sino también los que se encargan de su recolección, tratamiento y disposición.

Se debe contar con contenedores o puntos limpios determinados (centros de recolección selectiva como establecimientos, escuelas) ubicados adecuadamente y muy bien identificados en cuanto a qué tipo de residuo depositar. Además, se debe crear un programa de recolección, en donde se especifique días y horarios para recolección de materia orgánica, y lo mismo para los productos inorgánicos. También es muy importante determinar adecuadamente la relación habitante/ contenedor para alcanzar una cobertura que asegure el funcionamiento del servicio de recolección selectiva.

Este servicio domiciliario requiere un período de entrenamiento de los habitantes, para lograr que depositen los distintos materiales reciclables en sus correspondientes contenedores, separándolos del resto de los desechos orgánicos que se generan en el hogar.

Después de todo lo explicado anteriormente, se puede concluir que es muy difícil realizar un sistema de recolección selectiva de este tipo en nuestra ciudad, debido a que se necesita fundamentalmente un cambio cultural, lo cual lleva todo un proceso a largo plazo e implica modificaciones en la conducta de los ciudadanos.

No se puede implementar un sistema de éstas características si se va a correr el riesgo de que no todos los habitantes separen correctamente sus residuos. Por lo tanto, es imposible pensar en realizar una separación en origen de los residuos y luego llevarlos hacia los “puntos limpios”, sin intensas campañas de concientización, sensibilización, programas de divulgación en centros escolares y educativos, etc.

Cabe destacar que la recolección selectiva se aplica en países desarrollados, donde se una conducta diferente frente a ésta problemática y otra situación económica.

Se podría aplicar éste sistema, en nuestra sociedad, luego de haber creado un verdadero cambio en la población. Es posible comenzar con la separación y tratamiento de los residuos en destino, y luego ir progresivamente trabajando para tratar de ir haciendo un hábito en la separación de los mismos en origen (hogares, comercios, etc.), es decir crear un programa en etapas, las cuales se vayan superando y mejorando hasta lograr un verdadero compromiso de todos los ciudadanos.

### 7-7-3. Recolección Comercial e Industrial Individual:

Los residuos comerciales incluyen los desechos provenientes de la operación y mantenimiento de los establecimientos comerciales, fábricas, etc. Comprende principalmente papel, cartón, tarros, material de embalajes y otros desechos sólidos.

En cuanto a los residuos industriales, son aquellos residuos que de forma directa o indirecta se generan en las actividades industriales. La calidad de residuos que genera una industria es función de la tecnología del proceso productivo, calidad de las materias primas, propiedades de los materiales empleados, envases y embalajes del proceso. Los residuos industriales pueden ser clasificados de la siguiente manera:

Residuos industriales inertes: como chatarras, cenizas, vidrios, etc. No suelen presentar grandes riesgos para el medio ambiente, sólo impactos visuales.

Residuos industriales asimilables a urbanos: producidos en las industrias, además de servicio de limpieza, oficinas. Pueden ser tratados con los residuos urbanos.

Residuos industriales especiales: son aquellos que suponen un riesgo para el medio ambiente y la salud de las personas, por lo tanto requieren una separación, transporte y tratamiento específico, no pudiendo ser depositados en vertederos de residuos sólidos urbanos o inertes.

El tipo de servicio de recolección proporcionado a las actividades industriales y comerciales grandes está centrado en el empleo de recipientes móviles y estacionarios de gran capacidad.

En nuestra ciudad, éste sistema de recolección es realizado, en la actualidad, individualmente por los generadores. Éstos concurren al basural a cielo abierto y depositan allí los residuos de características asimilables a urbanos. Por lo tanto no se tiene ningún costo de recolección y transporte. Se debe tener presente que debido al acceso incontrolado de residuos, es muy difícil realizar la cuantificación de los mismos.

Como ya se dijo anteriormente, la generación promedio de residuos de origen privado, es de: 0.30 kg / hab. x día lo cual determina lo siguiente:

- ✓ Generación mensual de residuos de origen privado: 534 ton/ mes
- ✓ Recolección Comercial e Industrial Individual: No genera gastos de operación

Existe un servicio privado de recolección con contenedores para residuos orgánicos, generados por restaurantes, comedores, negocios de artículos alimenticios, etc. Éste sistema debe ser regulado, ya que los desechos se destinan para criaderos de cerdos y esto atenta contra la salud de la población. Se estiman alrededor de 20 ton / día de residuos orgánicos.

**7-7-4. Recolección Desperdicios Mayores:**

En la recolección de los desperdicios mayores se incluyen elementos de poda, césped, barrido de calles, escombros, tierra, etc.

Esta tarea está a cargo, también de la Municipalidad de nuestra ciudad. Los horarios en los cuales se efectúa la recolección de los residuos mayores son de 7 hs a 13 hs, siguiendo de 13 a 19 hs. La frecuencia de recolección de éste tipo de residuos depende de los diagramas que efectúa la Municipalidad, los cuales establecen días y horarios en función de los barrios, y luego se da conocer mediante publicidad.

Los vehículos que se utilizan para realizar éstas operaciones son camiones compactadores, para minimizar el volumen de restos de poda y de árboles, y camiones volcadores.

La recolección en la zona céntrica, comprende un radio de 1200 cuadras, y se realiza en forma diaria con 6 camiones compactadores los que recogen 12 viajes por día promedio. Las zonas que tienen calles con mejorado de piedra calcárea, se dividieron en 21 barrios, y la tarea se realiza con una frecuencia de 15 días con 7 camiones volcadores de 6 m<sup>3</sup> de capacidad, los que recogen 30 viajes diariamente.

En la recolección de los residuos mayores, los factores que más importancia económica presentan son el transporte de los mismos y la mano de obra que se debe emplear, debido que, al ser elementos voluminosos se necesitan varias personas para cargarlos, esto implica más tiempo utilizado en la recolección, más arranques y paradas, etc.

Por éstos motivos, es muy importante la planificación que se haga del servicio de recolección de residuos mayores, es decir, organizar las tareas para que se realicen cada una determinada cantidad de días y especificar los barrios, y de ésta manera justificar los costos que se producen.

Para valorizar la recolección y transporte de residuos mayores se deben tener en cuenta los siguientes datos:

- ✓ Generación mensual de desperdicios mayores: 972 ton/ mes
- ✓ Equipos utilizados: 7 camiones volcadores - cap.: 6 m<sup>3</sup> / 6 camiones compactadores
- ✓ Cantidad personal: 57 operarios
- ✓ Horas jornada de trabajo: 12 horas

Los datos obtenidos de la Sub-Secretaría de Servicios Públicos de la Municipalidad en cuanto a características de los vehículos que efectúan la recolección y transporte son los siguientes:

- Camiones Volcadores:

- 110- Camión volcador Dodge – mod.1978 – Adquirido 08/10/1986
- 101- Camión volcador Ford 7000 – mod.1984 – Adquirido 01/10/1984
- 108- Camión volcador Ford 14000 – mod.1994 – Adquirido 01/06/1994
- 109- Camión volcador Ford 14000 – mod.1994 – Adquirido 01/06/1994
- 120- Camión volcador Ford 14000 – mod.1994 – Adquirido 01/06/1994
- 121- Camión volcador Ford 14000 – mod.1994 – Adquirido 01/06/1994
- 127- Camión volcador Ford 600 – mod.1966 – Adquirido 18/02/1997

- Camiones Compactadores:

- 113- Compactadora Ford 7000 – mod.1986 – Adquirido 07/07/1986
- 114- Compactadora Ford 7000 – mod.1986 – Adquirido 18/11/1986
- 115- Compactadora Dodge – mod.1980 – Adquirido año 1987
- 116- Compactadora Ford 14000 – mod.1994 – Adquirido 01/06/1994
- 117- Compactadora Ford 14000 – mod.1994 – Adquirido 01/06/1994
- 119- Compactadora Ford 14000 – mod.1994 – Adquirido 01/06/1994
- 131- Compactadora Ford 14000 – mod.2001 – Adquirido 12/07/2001

Para realizar el análisis se consideran todos camiones Ford 1400, tanto volcadores como compactadores, con su valor a nuevo y una amortización de 20.000 horas para tener en cuenta el hecho de que tienen considerable antigüedad. Se considera un interés anual de 0.12. El consumo mensual de combustible es de 9445 litros, según lo informado. Los lubricantes se los incluye como un 20% del combustible y la reparación y repuestos como un 80% de la amortización.

Se considera la mano de obra con un total de 57 empleados municipales, de los cuales 26 son choferes y 31 coleros. En este rubro se debe incluir las cargas sociales, adicionales por presentismo y seguro. La recolección de desperdicios mayores demanda una cantidad importante de mano de obra, y esto repercute significativamente en los costos.

**ITEM : RECOLECCIÓN DESPERDICIOS MAYORES**

Horas jornada de trabajo: 12 (De 07:00 a 13:00 hs y de 13:00 a 19:00 hs)

**RUBRO: EQUIPOS**

Denominación	Cant.	Pot.Total	Costo Unit. (\$)	Uso (%)	Potencia (HP)	Costo Total (\$) c/IVA
Camión Compactador Ford 14000 – Caja carga trasera	6	960	130.000	66%	633.6	514.800
Camión Volcador Ford 14000 – cap.: 6 m <sup>3</sup>	7	1120	100.000	50%	560	350.000
<b>TOTALES</b>						<b>864.800</b>
Amortización	20.000 hs					43,24 \$/hs
Interés Anual	0,12					14,27 \$/hs
Combustible	9445 litros x mes					57,06 \$/hs
Lubricantes	20 % de Combustible					11,41 \$/hs
Reparación y Repuestos	80 % de Amortización					34,59 \$/hs
			Costo horario del Equipo			160,58 \$/hs
			Rendimiento			49,00 ton/día
			Costo por ton			39,33 \$/ton

**COSTO DEL RUBRO EQUIPOS 39,33 \$/ton**

**RUBRO: MANO DE OBRA**

Denominación	Cant.	Sueldo Unit.	\$ / día	\$ / hora	% Uso	Costo (\$ / hora)
Choferes	26	344,96	17,25	1,44	100%	37,37
Coleros	31	344,96	17,25	1,44	100%	44,56
Costo neto M. de O.						81,93 \$/hs
Cargas Sociales	24 %					19,66 \$/hs
Adicionales-Presentismo	14 % Sueldo unit. básico					11,47 \$/hs
Seguro	8,40 \$/mes x operario					2,00 \$/hs
			Costo horario Mano de Obra			115,96 \$/hs
			Rendimiento			49,00 ton/día
			Costo por ton			28,18 \$/ton

**COSTO DEL RUBRO MANO DE OBRA 28,18 \$/ton**

**COSTO TOTAL EQUIPOS Y MANO DE OBRA 67,50 \$/ton**

En función de los valores de generación mensual de desperdicios mayores y los costos obtenidos de la planilla anterior, en donde se incluyen equipos y mano de obra, se puede determinar el costo de recolección y transporte actual de desperdicios mayores.

El análisis de costos se hace considerando por un lado, los costos de equipos nuevos, y por el otro teniendo en cuenta que en realidad se tienen equipos de importante antigüedad.

→ Recolección y Transporte = **67.50 \$/ ton**

→ Generación residuos = 972 ton/ mes

→ **Recolección y Transporte**

<b>65.610 \$/mes</b>
----------------------

**7-7-5. Recolección Residuos Patológicos y Peligrosos:**

Los residuos patológicos son los provenientes de hospitales, sanatorios, clínicas; o de sitios donde puedan existir individuos enfermos; o de industrias que manipulen sustancias tóxicas o peligrosas para el hombre.

Los desperdicios peligrosos para entregarse a una planta de tratamiento o al sitio de colocación final suelen ser recolectados por el productor del desperdicio o por un recolector especializado.

Se deben tomar medidas de prevención en la manipulación, recolección, almacenamiento, transporte, tratamiento y eliminación, tanto dentro como fuera del lugar generador, ya que pueden representar un riesgo a las personas que laboralmente estén en contacto con éste tipo de residuos.

En cuanto a la recolección y destino de los residuos patológicos, en nuestra ciudad, están a cargo de la Cooperativa de Obras Sanitarias, quien tiene un convenio con la Municipalidad de Venado Tuerto. La forma de operar consiste en que los generadores de éstos residuos, los depositen en envases preparados para tal fin. Se les proporciona a los generadores, bolsas y contenedores para el acopio interno. Luego los mismos son recolectados por vehículos y personal abocados a ésta tarea, y transportados para su procesamiento.

Los residuos patológicos son llevados a la planta de tratamiento de la Cooperativa de Obras Sanitarias, y una vez en el lugar los residuos son incinerados en un horno pirolítico, el cual está habilitado por el Ministerio de Medio Ambiente de la Provincia de Santa Fe.

El proceso de termodestrucción por horno pirolítico somete al material patogénico a una temperatura del orden de 800 C° en cámara primaria y 1200 C° en cámaras secundarias, en condiciones subestequeométricas de combustión.

El horno cuenta con un sistema húmedo de lavado de humos, y según estudios de impacto ambiental la emanación de gases no implica alta concentración de partículas en los alrededores de la planta.

La Cooperativa de Obras Sanitarias presta este servicio a más de 100 generadores de la ciudad y alrededores. En este horno pirolítico se tratan anualmente más de 150.000 kilos de residuos patogénicos.

## **CAPÍTULO 8: TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS**

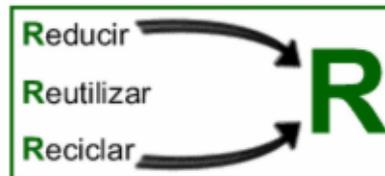
Como se dijo anteriormente, el tratamiento de RSU para nuestra ciudad, es una etapa que forma parte de la gestión integral de residuos que se propone en la ALTERNATIVA 2.

### **8-1- GENERALIDADES**

La posibilidad de implementar un sistema de **tratamiento de residuos sólidos urbanos**, dentro del proceso de gestión integral de RSU depende de la cantidad y tipo de residuos que se generan en la ciudad y del estudio cualitativo y cuantitativo de la demanda de los mismos.

La implementación de este proceso exigirá decisiones referidas a qué reciclar y en qué etapa del proceso de gestión integral se incluye.

Los tres conceptos fundamentales para dar un tratamiento correcto y eficaz a los residuos sólidos urbanos son:



Por lo tanto, se debe poner en práctica la regla de las “3R”:

#### **✓ Reducir:**

Si se reduce el consumo de alimentos envasados y enlatados, se disminuye la cantidad de residuos de plásticos, vidrios y metales. Es posible reducir los desperdicios disminuyendo el tamaño de los embalajes y eliminando objetos descartables.

#### **✓ Reutilizar:**

Otra forma de reducir la cantidad de desperdicios es usar varias veces un mismo elemento o darle diferentes usos.

#### **✓ Reciclar:**

Para fabricar nuevos objetos, es posible usar las materias primas presentes en los desechos orgánicos, y en los inorgánicos, como el papel, el vidrio, el plástico y el metal.

El tratamiento de RSU tiene por objeto la recuperación y el posterior aprovechamiento de los distintos componentes de los desechos. Para ello se procede en primer lugar a la separación y clasificación de las distintas fracciones por materiales, de manera que sean utilizados de nuevo como materias primas y puedan ser transformados a través de su incorporación en un proceso de producción.

La recuperación de los componentes de los RSU puede realizarse de dos formas distintas:

- *Mediante separación en origen y posterior recolección selectiva*: la separación se realiza en el lugar de producción del residuo - hogar, oficina, comercio, y se recolecta en contenedores específicos situados en la calle o en los domicilios.
- *Mediante la separación de la basura bruta en plantas de clasificación*: la recuperación de los componentes de las basuras es más complicada y la calidad de los materiales recuperados es menor que la obtenida por recolección selectiva

El objetivo de cualquier proceso de reciclaje es el uso o re uso de materiales provenientes de residuos. Existen tres actividades principales en el proceso del reciclaje:

- ✓ *Recolección*: Se deben juntar cantidades considerables de materiales reciclables, separar elementos contaminantes o no reciclables y clasificar los materiales de acuerdo a su tipo específico.
- ✓ *Manufactura*: Los materiales clasificados se utilizan como nuevos productos o como materias primas para algún proceso.
- ✓ *Consumo*: Los materiales de desperdicio deben ser consumidos. Los compradores deben demandar productos con el mayor porcentaje de materiales reciclados en ellos. Sin demanda, el proceso de reciclaje se detiene.

Dentro de las ventajas que presenta la recuperación de los residuos sólidos se observa:

- ✓ Creación de fuentes de trabajo (centro de acopio, empresas de utilización de materiales reciclables, etc.).
- ✓ Incorporación de nuevas empresas al circuito económico.
- ✓ Preservación de los recursos naturales y creación de una conciencia ecológica en la población.
- ✓ Disminución de las posibilidades de contaminación del agua, aire y suelo.
- ✓ Ahorro de energía para la fabricación de nuevos productos a partir del uso de materiales recuperados.

## 8-2- TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO DE RSU

Uno de los aspectos fundamentales que intervienen en el tratamiento de los residuos sólidos son las técnicas de procesamiento que se utilizan en los sistemas de manejo de residuos sólidos para:

- ✓ Mejorar la eficiencia de los sistemas
- ✓ Recuperar los materiales utilizables
- ✓ Preparar los materiales para la recuperación de los productos de conversión y la energía

Se puede clasificar a las técnicas de procesamiento de la siguiente manera:

- Separación manual de los componentes: consiste en realizar la separación de materiales recuperables, tanto en el punto de generación como en la estación de transferencia, en la estación de procesamiento o en el sitio de disposición final.
- Almacenamiento y transferencia: cuando los residuos son tratados para la recuperación de materiales, se deben incluir en el proceso instalaciones de almacenamiento y transferencia.
- Reducción mecánica del volumen: es uno de los aspectos más importantes en el desarrollo y operación de los sistemas de tratamiento de residuos sólidos. Se observa la alteración de la forma de los componentes de los residuos. Se logra mediante compactadores hidráulicos tipo pistón para los vehículos de recolección, compactadores en el sitio y en la estación de transferencia, quebradoras de rodillos, utilizadas para triturar materiales quebradizos y aplastar latas de estaño y aluminio.
- Reducción química del volumen: la incineración es un método utilizado para reducir químicamente el volumen. Aunque la tecnología de la incineración ha ido mejorando con el tiempo, el control de la contaminación del aire, el rechazo social y el costo siguen siendo los principales inconvenientes para poner en marcha éste sistema de tratamiento.
- Alteración mecánica de los componentes: consiste en producir la alteración del tamaño y la forma de los componentes de los residuos, con el objetivo de obtener un producto final que sea uniforme y bastante más reducido en su tamaño, en comparación con su forma original. Los equipos que se utilizan incluyen molinos de martillos, desmenuzadores, quebradores de rodillo, etc.

- Separación mecánica de los componentes: es una operación necesaria para la recuperación de los recursos de los residuos sólidos, y en algunos casos, sirve para obtener energía y productos de conversión que se recuperan de los desperdicios que se procesan. Las técnicas mecánicas utilizadas son las siguientes:
  1. *Cribado*: se utiliza para separar los componentes de los desperdicios sólidos por tamaño, mediante mallas vibratorias, zarandas y mallas de disco.
  2. *Separación con aire*: se utiliza para separar los materiales ligeros (orgánicos) de los pesados (inorgánicos) de los residuos sólidos, mediante clasificadores de aire zig-zag, vibratorio, rotatorio o tipo cuchillo.
  3. *Separación con cribas vibratorias*: se utiliza para separar los materiales ligeros de los pesados contenidos en los residuos sólidos, mediante separación por densidad.
  4. *Separación neumática*: se utiliza para separar los materiales ligeros y pesados en los residuos sólidos.
  5. *Separación por flotación y hundimiento*: ídem.
  6. *Separación por inercia*: ídem.
  7. *Separación con mesa inclinada*: ídem.
  8. *Separación con mesas vibratorias*: ídem.
  9. *Flotación*: ídem.
  10. *Selección óptica*: ídem.
  
- Separación magnética y electromecánica: sirve para separar los materiales ferrosos y no ferrosos de los desperdicios sólidos. Se utiliza la separación magnética para los materiales ferrosos y la separación electromecánica para los no ferrosos, como por ejemplo, vidrio.
  
- Secado y eliminación de agua: se procesa a los desperdicios sólidos para eliminar la humedad que contienen. Esta operación se realiza mediante secadores por convección, conducción y radiación, sistemas de centrifugación y filtración.

### 8-3- PLANTAS DE TRATAMIENTO DE RSU

El diseño, el equipamiento y el funcionamiento de las plantas de tratamiento de residuos sólidos urbanos están condicionados por las etapas de **generación**, y **recolección / transporte**, y afectan la última fase que es la disposición final, debido a la vinculación que se establece entre ellas.

Las plantas de separación preceden a la última etapa del sistema de gestión integral de RSU, el vertedero controlado. Este, aunque sea de tamaño reducido, generalmente es mantenido para la disposición final de los materiales rechazados en planta y de aquellos residuos que no pasan por esas plantas de tratamiento.

Se debe tener presente que los costos de la gestión de los residuos sólidos urbanos inciden notoriamente sobre los presupuestos municipales y, en la mayoría de los casos solo son parcialmente recuperados. Los gastos de mantenimiento y funcionamiento, generalmente, superan la recaudación por ventas de los materiales que se obtienen de la separación de residuos, y ésto sin considerar la inversión para la instalación de la planta. Pero, son costos que se deben afrontar para el mantener las condiciones ambientales adecuadas.

Entonces, se tienen varios factores que condicionan el diseño y la instalación de una planta, como son el presupuesto, la tecnología a emplear y la consideración del crecimiento de la población. Las características de la planta, deben estar en correspondencia con los dos componentes de la generación: el volumen y la composición, para lograr con una inversión mínima un funcionamiento óptimo y económico.

Los aspectos que caracterizan a las plantas de tratamiento son: las dimensiones del terreno y su ubicación, las construcciones, el equipamiento, la cantidad y tipo de personal y la modalidad del procesamiento.

Las plantas de separación requieren para su asentamiento un terreno amplio, alejado del casco urbano una distancia adecuada, dentro del cual se construyen los recintos necesarios para las operaciones de procesado de los residuos sólidos urbanos.

El recinto principal está constituido por un galpón o un tinglado, en el cual se hacen las operaciones de separación y acondicionamiento. Por lo general, también en este mismo recinto se ubican las prensas para compactar y enfardar los residuos inorgánicos que han sido separados. Se debe preveer la instalación de la administración, los vestuarios y otras dependencias destinadas a los empleados.

En la mayoría de los casos las instalaciones se inician con un equipamiento mínimo que se va completando paulatinamente. Año tras año se incrementan las construcciones, por ampliación de las existentes o por el agregado de nuevas, y se aumenta el equipamiento o perfecciona el existente.

En las plantas de separación, en las que se procesa la totalidad de los residuos, las instalaciones dependen no solo de la cantidad de residuos a procesar, sino también del producto que se quiere obtener y de la capacidad de inversión de la municipalidad o de la empresa privada que esté a cargo.

Por lo general, están compuestas por una o más construcciones destinadas al control de entrada y báscula, a las instalaciones para el procesamiento, los depósitos, la oficina administrativa y los servicios para los operarios.

## 1. TERRENO Y UBICACIÓN

La ubicación y dimensiones de los terrenos destinados a la instalación de las plantas de procesamiento de residuos sólidos está condicionada por varios factores. Entre los que se tienen, el costo y disponibilidad de terrenos de tamaño adecuado, la proximidad de fuentes de agua, la facilidad de desagüe y la provisión de energía eléctrica, evitar causar molestias a la población, minimizar el impacto del medio ambiente.

Éste tipo de establecimiento puede producir olores, efluentes altamente contaminantes, insectos y roedores que deben ser eliminados para no afectar a los ciudadanos. Para reducir el impacto ambiental, éstas plantas deben ubicarse en zonas rurales o industriales, a conveniente distancia del casco urbano y de áreas urbanizadas o de urbanización futura.

El perímetro del terreno debe estar cercado con alambrado y con simple o doble barrera verde, se deben acondicionar los niveles y realizar las instalaciones para el escurrimiento de las aguas de lluvia y los desagües de los líquidos residuales, y se deben parquizar.

## 2. CONSTRUCCIONES

Las distintas variantes que se pueden presentar para las superficies cubiertas dependen de la modalidad adoptada para el tratamiento de los residuos, del estado de maduración del proyecto.

También hay que considerar los requerimientos del equipamiento instalado. No se necesita lo mismo para tratar exclusivamente residuos orgánicos que para realizar el procesamiento de todos los residuos de una manera tecnológicamente más compleja.

Las construcciones de una planta pueden tener cerramientos laterales, completos o parciales. Se pueden construir con mampostería común, chapa o mixtos, todos deben tener amplias aberturas para facilitar la ventilación de los recintos. Las cubiertas son, generalmente estructuras livianas, construidas con vigas metálicas reticulares y chapas metálicas o plásticas.

Cuando la construcción es única, se divide en compartimentos, para reunir bajo una misma cubierta los espacios para la separación de residuos, el prensado de metales y cartones, el depósito para los distintos tipos de elementos recuperados, el horno incinerador, los vestuarios y oficina administrativa.

Los materiales que se recuperan son almacenados en depósitos (donde también pueden encontrarse las prensas cuando no están instaladas en el recinto principal) y en boxes externos, a veces cubiertos, destinados a cada clase de material.

Las instalaciones destinadas al personal comprenden oficinas, instalaciones sanitarias, duchas y vestuarios, generalmente situados en lugares separados.

### 3. EQUIPAMIENTO

Las características del equipamiento de las plantas dependen del estado en que llegan los residuos sólidos urbanos y de la clase de tratamiento que se va a realizar.

En las plantas en donde sólo se procesa el residuo orgánico, separado en origen, faltan las instalaciones para la separación y sus complementarias. En aquellas destinadas al procesamiento de los residuos que llegan a la planta, separados en origen o no, el equipamiento tiene por componente central la instalación destinada a la separación.

El proceso de separación puede efectuarse sobre plataforma o rampa, en este caso sólo resulta conveniente cuando se trata de volúmenes relativamente pequeños, ya que los residuos son movilizados por los propios obreros mientras practican la separación.

También el proceso de separación se puede realizar sobre cintas transportadoras, que es el caso más común. Su instalación comprende una o más cintas transportadoras que se deslizan frente a las distintas "estaciones", cada una correspondiente al material que se va a separar. El obrero recoge el material inorgánico destinado a su "estación" y lo deposita en un contenedor que tiene a su lado. La cinta transportadora puede estar alimentada de diferentes maneras:

- manualmente desde una plataforma superior, donde se recibe la descarga de los camiones recolectores en bolsas que un operario va abriendo y volcando en una tolva;
- mecánicamente desde un nivel inferior mediante una cinta elevadora o, desde su mismo nivel, mediante una cinta de carga horizontal.
- mediante el uso de una o más zarandas rotativas: trómeles, que se instalan al principio de la cintas transportadoras. Su función es la de realizar la primera separación gruesa de los residuos orgánicos, que son recogidos en una plataforma inferior, mientras los inorgánicos son volcados sobre las cintas para su separación.

Otro implemento, es la cinta magnética, instalada al final de las cintas de separación, destinada a la extracción de los pequeños objetos de metales ferrosos que pueden haber pasado desapercibidos durante la operación.

Se debe considerar un molino triturador, destinado a la preparación del material orgánico, antes de su disposición sobre las instalaciones de compostaje o desactivación de la materia orgánica.

También se deben incluir las prensas, por lo general no menos de dos, una para metales y otra para papeles y cartones.

Las plantas de procesamiento de magnitudes importantes suelen además estar provistas de distintos tipos de vehículos, para movilizar los residuos y el material recuperado entre los distintos sectores de la planta, éstos son: palas mecánicas, pequeños tractores y camiones.

Algunas plantas están también dotadas de hornos comunes para la incineración de residuos no recuperables (por ejemplo, pañales, algunos tipos de plásticos y patológicos de origen domiciliario).

#### 4. PERSONAL EMPLEADO

Se supone que la cantidad de personal empleado depende del volumen diario de residuos a manipular, de la tecnología que se usa en la planta y de la modalidad de recolección. Dentro de la planta de tratamiento el personal debe cumplir con determinadas funciones y por lo tanto se los puede clasificar de la siguiente forma:

- ✓ separadores: operarios dispuestos a lo largo de la cinta transportadora o de la plataforma o rampa, que extraen los materiales que corresponden a la “estación” que atienden;
- ✓ obreros destinados al manejo de las prensas y los depósitos;
- ✓ obreros para la atención de los hornos (cuando existen)
- ✓ otros encargados del manejo de las máquinas (zarandas mecánicas, palas mecánicas, tractores, etcétera).

Debido al tipo de tareas que deben realizar, generalmente la asignación de funciones no es rígida, por el contrario existe cierta movilidad según los horarios y las fases del funcionamiento diario de la planta.

Otro aspecto a considerar, es que si la gestión de la planta es municipal, la situación laboral del personal debe ser como contratado. No es conveniente, por diversos motivos que el personal empleado pertenezca al plantel municipal.

## **5. PROCESAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS**

El procesamiento de los residuos sólidos urbanos está condicionado principalmente por el volumen y composición del material a tratar y por el tipo de producto final que se desea obtener o recuperar.

Por lo tanto, se pueden presentar los siguientes esquemas:

- a) Proceso de separación simultáneo, tratando al mismo tiempo todos los residuos, donde no hay separación domiciliar, o si la hay el transporte no está diferenciado (la separación en origen es mantenida porque proporciona inorgánicos más secos, especialmente cartón, papel y trapos).
- b) Proceso de separación de los inorgánicos sobre las instalaciones que posee la planta, el mismo día, antes o después del proceso de depuración de los orgánicos, donde hay separación domiciliar y transporte diferenciado por vehículo. También se procede de la misma manera en los casos donde se practica la separación domiciliar y el transporte a planta es mixto. Las bolsas son procesadas en la planta en operaciones sucesivas, según su color.
- c) Procesamiento en planta de orgánicos e inorgánicos en días distintos, en correspondencia con el día de recolección, cuando las bolsas de la separación domiciliar son recolectadas y transportadas en días alternativos.

## **6. PROCESAMIENTO DE RESIDUOS ORGÁNICOS**

El procesamiento de los residuos orgánicos luego de su depuración o separación, según el método adoptado y la tecnología de la planta (procesamiento en plantas con o sin instalaciones para la separación) tiene por resultado el mismo producto final: compost, lombricompost o material desactivado que sirve para relleno de bajos, enmiendas. La diferencia consiste únicamente en la forma del tratamiento que el residuo recibe en las fases previas a su disposición sobre las plataformas de compostaje, o playas de desactivación de la materia orgánica.

El residuo orgánico depurado generalmente pasa por un molino triturador que lo acondiciona para su disposición en parvas o montículos, donde se produce su fermentación y transformación en compost. En su transcurso las parvas son removidas periódicamente y regadas para mantener los adecuados niveles de temperatura, requeridos para el proceso.

Una variante de este proceso es el tratamiento directo del residuo orgánico por lombricultura, es decir sin aplicar la fase previa de las etapas de compostaje.

## 7. PROCESAMIENTO DE RESIDUOS INORGÁNICOS

La separación en planta de esta clase de residuos, está condicionada por los pasos anteriores de separación domiciliaria y recolección.

Cuando la separación en la planta se realiza de manera separada para las bolsas que contienen residuos inorgánicos, el procedimiento, además de proporcionar material más seco, facilita la selección de los diferentes recuperables y disminuye los tiempos operativos. La poca cantidad de residuo orgánico que pueda quedar, sigue hasta el final de la cinta donde es recogido y procesado.

Los residuos inorgánicos son separados y depositados en los respectivos contenedores, dispuestos a lo largo de las instalaciones de separación, al costado del operario correspondiente.

Completada ésta primera fase del procesamiento, siguen las operaciones de acondicionamiento que pueden comprender la selección de algunos de los materiales obtenidos. La modalidad de cada una de las operaciones involucradas, depende principalmente de la facilidad de inserción en el mercado de los materiales que se recuperan.

Los envases de aluminio pueden ser seleccionados entre recipientes comunes y aquellos de productos cosméticos, generalmente de lámina más pesada, y de mejor venta. Los otros residuos metálicos, envases de hojalata, alambres y chatarra, también son seleccionados por clase y tamaño para su venta por separado.

Para todos estos casos la práctica general es el prensado y enfardado del material recuperado y seleccionado, seguido por su almacenamiento en los depósitos o boxes de la planta.

Los residuos plásticos, son seleccionados por tipo de acuerdo a los requerimientos de las empresas que se dedican a su reciclado. Algunos deben ser triturados, otros prensados y otros tienen por destino final el vertedero o la incineración. La dificultad principal que plantean los plásticos deriva de la variedad de tipos que se encuentran entre los residuos. La selección es difícil porque en la mayoría de los casos no están identificados por el sello correspondiente a su calidad.

El papel y el cartón, son seleccionados dentro de cada clase según su tipo: diarios, papel común, cartón y cartón ondulado, luego son prensados y enfardados.

Los vidrios son seleccionados según su estado: enteros o fragmentados, también se presenta el caso de que todo el vidrio es triturado.

Los distintos materiales son almacenados hasta conseguir volúmenes convenientes para la venta o el trueque. Todo el residuo remanente del procesamiento es considerado rechazo de planta y su destino final es generalmente, el vertedero controlado.

8-4- PROPUESTA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS PARA LA CIUDAD DE VENADO TUERTO

A través de la propuesta de tratamiento de RSU que se plantea para nuestra ciudad (ALTERNATIVA 2), se pretende disminuir el impacto ambiental, y mejorar la situación social, considerando aspectos técnicos y económicos. Por lo tanto, se deben tener en cuenta los siguientes requerimientos:

- ✓ Recolección y transporte directo de los residuos, es decir, un sistema que va desde los circuitos de recolección hasta el lugar de su disposición final, previo paso por la planta de procesamiento.
- ✓ Planta de separación que permita ser modulada para ir progresando paulatinamente con un plan de clasificación de los residuos en destino.
- ✓ Los residuos orgánicos se recuperarán para su posterior uso como material de relleno o enmienda, para trabajos de mantenimiento de calles, para su posterior uso en lombricultura o compost. Por lo tanto deben ser trasladados a las playas de desactivación de materia orgánica.
- ✓ Procesamiento de los residuos inorgánicos de acuerdo a sus características y composición; es decir, distinto tipo de tratamiento según se trate de: papeles y cartones, vidrio, latas de aluminio, plásticos, pilas y baterías, aerosoles, etc.
- ✓ Reducción de la cantidad de desperdicios mayores, mediante máquina chipeadora o trituradora.
- ✓ Mínima inversión para comenzar a implementar un sistema de tratamiento de los residuos que llegan a la planta.
- ✓ Los residuos que no pueden ser recuperados, debido a su naturaleza, se envían a un relleno sanitario controlado y / o de seguridad.
- ✓ Evaluación del mercado productivo y factibilidad de comercialización de los productos recuperados.

La propuesta de una planta de separación y tratamiento de residuos sólidos implica considerar los siguientes objetivos:

→ AMBIENTALES:

- Evitar la contaminación y degradación del medio ambiente.
- Contribuir a la utilización de recursos naturales reincorporando materia prima al ciclo de producción a través del reciclado.
- Eliminar el basural a cielo abierto, que constituye un foco de contaminación del agua, suelo y aire, y reducir significativamente los volúmenes de residuos.

→ SOCIALES:

- Concientizar a la población sobre los problemas ambientales e incentivar su participación activa en la solución a éste conflicto.
- Generar fuentes de trabajo, que ocupará tanto a mano de obra calificada, como a los actuales trabajadores marginales, alejándolos del riesgo sanitario y otorgándoles una remuneración fija y cobertura social.
- Provocar cambios en los hábitos de consumo de manera de ir creando conductas que tiendan a cuidar el medio ambiente.
- Mejorar las características de la ciudad en lo que respecta a salud, calidad de vida, condiciones higiénicas y sanitarias, etc.
- Implementar un sistema de educación ambiental.
- Promover la participación ciudadana.

→ ECONÓMICOS:

- Incorporar y adecuar las tecnologías y el equipamiento a la realidad y posibilidades de nuestra ciudad.
- Comenzar con una determinada inversión que justifique los procedimientos que se van a llevar adelante, considerando todos los aspectos que deben intervenir tales como: cantidad de personal adecuado, infraestructura básica, equipamiento que permita trabajar óptimamente.
- Pretender el autofinanciamiento operativo a mediano plazo.
- Evitar la desvalorización de los terrenos con basurales.
- Crear procesos de producción con los materiales recuperados.

→ CULTURALES:

- Tratar de incentivar a la población para que modifique sus usos y costumbres en lo que respecta a residuos domiciliarios.
- Fomentar la conciencia ecológica de la población

#### **8-4-1. CRITERIOS DE INGENIERÍA**

Para el desarrollo y establecimiento de una planta de clasificación y recuperación de residuos, es necesario que se tengan en cuenta una serie de criterios o cuestiones de ingeniería, como son:

- ✓ Definir las funciones de la planta de recuperación de RSU, las cuales dependen de qué papel ocupa la instalación en el sistema de gestión de residuos, del tipo de materiales que se van a recuperar, etc.
- ✓ Determinar las cantidades de residuos sólidos que van a ser separados.
- ✓ Identificar las especificaciones materiales que se deben cumplir en el proceso de recuperación ahora y en el futuro.
- ✓ Desarrollar diagramas de flujo del proceso de separación, donde deben considerarse, características de los materiales residuales que serán procesados, especificaciones para los materiales recuperados, y tipos de equipamiento e instalaciones requeridos.
- ✓ Especificar la capacidad de procesamiento de la planta de RSU.
- ✓ Plantear las pautas necesarias para el trazado y diseño de las instalaciones físicas que integran la planta de recuperación de RSU.
- ✓ Seleccionar el equipamiento y las instalaciones que serán utilizados.
- ✓ Incluir controles ambientales, medidas de prevención y consideraciones estéticas.
- ✓ Valorar la flexibilidad y adaptabilidad de la instalación a cambios potenciales en las características y / o cantidades de residuos sólidos.

También deben considerarse cuestiones no ingenieriles asociadas a la implantación de la planta de recuperación de residuos, tales como:

- ✓ Localización de la planta de RSU
- ✓ Emisiones ambientales
- ✓ Salud y seguridad pública, tanto de los operarios de la planta de RSU, como de la población en general.
- ✓ Análisis de la factibilidad económica para la instalación de la planta de RSU

#### 8-4-2. BALANCE DE MASA

Para poder diseñar una planta de clasificación y tratamiento de residuos sólidos urbanos, es necesario comenzar por un balance de masa, es decir, plantear todas actividades que se relacionan y las cantidades de materiales que se manejan, para determinar entradas y salidas.

Primeramente, se debe identificar cada tipo de residuos que se genera actualmente en nuestra ciudad, y luego, considerar las cantidades en las que interviene cada uno de los materiales que conforman el paquete denominado “basura”.

Los datos que se necesitan son; el valor promedio de la generación per cápita, tipos de residuos que se van a tratar, componentes de la basura, densidad de los residuos, etc.

- Generación per cápita RSU:

- ✓ Residuos Domiciliarios: 1.04 kg/ hab. día
- ✓ De origen privado: 0.30 kg/ hab. día (aporte particular)
- ✓ De recolección privada: 20.00 ton / día (residuos orgánicos)

- Generación Residuos Mayores:

- ✓ Residuos Mayores: 0.71 kg/ hab. día

- Cantidad de residuos domiciliarios:

1872 ton /mes: 72,000 ton / día (26 días recolección y transporte)

- Composición de residuos domiciliarios:

Papel	8.67%	=	7.80 ton / día
Plástico	8.50%	=	7.65 ton / día
Cartón	2.02%	=	1.82 ton / día
Vidrio	2.49%	=	2.24 ton / día
Trapo	1.92%	=	1.73 ton / día
Lata	0.68%	=	0.61 ton / día
Lata de cerveza	0.04%	=	0.04 ton / día
Aerosoles	0.26%	=	0.23 ton / día
Material orgánico	75.15%	=	67.64 ton / día
Otros	0.27%	=	0.24 ton / día

- Cantidad de residuos origen privado: (aporte particular)

534 ton /mes:            20,538 ton / día

→ Se considera un 70% de residuos inorgánicos que pueden ser recuperados (metales, papel, madera, etc.), y un 30% de residuos que deben ir directamente a un vertedero controlado.

- Cantidad de residuos mayores:

972 ton /mes:            48,600 ton / día (20 días recolección y transporte)

→ Se considera un total de RSU = 50 ton / día

Se debe afectar a los porcentajes en peso de residuos, de **coeficientes de reciclado**, que tienen en cuenta la cantidad que efectivamente puede ser reciclada, debido a que siempre existen cantidades que no se pueden recuperar, por ejemplo: papel mezclado con materia orgánica, que queda húmedo y no se lo puede separar para valorizarlo.

Entonces, a partir de un balance de masas en donde intervengan cada uno de los componentes que forman parte de los **residuos sólidos urbanos** que se producen en la ciudad, es posible cuantificar la generación diaria, los desechos que son tratados, los que se recuperan para su posterior comercialización, los que deben ir a un vertedero controlado o de seguridad.

Es necesario realizar el balance de materiales para la ALTERNATIVA 2, ya que resulta imprescindible para diseñar una planta de separación y tratamiento de residuos sólidos urbanos.

- ALTERNATIVA 2:

- SIN SEPARACIÓN EN ORIGEN
- RECOLECCIÓN UNICA
- SEPARACION EN DESTINO
- PLANTA DE TRATAMIENTO
- RELLENO DE SEGURIDAD

El esquema consiste en optar por una planta de tratamiento que permita ir progresando de manera paulatina con un plan de clasificación y tratamiento de los residuos sólidos en destino, paralelamente a la desactivación del actual basural a cielo abierto.

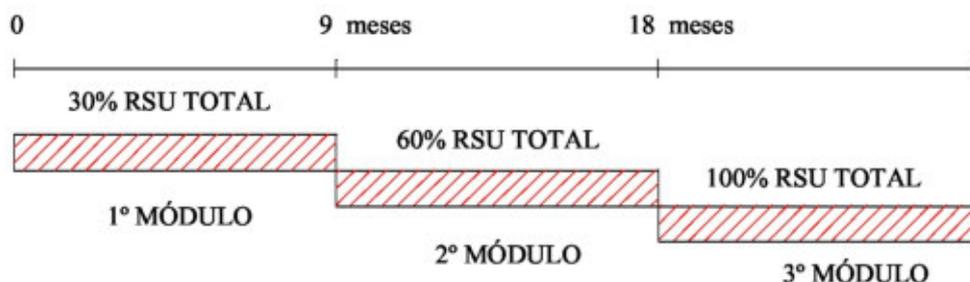
Por lo tanto, se plantea un plan de manejo de residuos sólidos a realizar en el período preestablecido de 18 meses, en los cuales el sistema se realizará de forma tal de contar con tres módulos de operación. A través de ésta alternativa se busca que la clausura del actual basural se realice de manera de que la planta de separación y tratamiento de residuos sólidos tenga suficiente tiempo para optimizar su funcionamiento y puesta en marcha.

El esquema de operación total, entonces, se determina con tres módulos en los cuales se vaya implementando un plan de reciclado progresivo. Esto permite realizar la clasificación y tratamiento del porcentaje de residuos que llega a la planta, mientras que el porcentaje restante sigue depositándose en el vaciadero actual. Esta situación debe continuar, hasta que la totalidad de los residuos que se recolecten vayan a la planta de tratamiento. El resto de los residuos, que no se pueden recuperar se envían a un relleno de seguridad.

El sistema consiste en un **primer módulo** en donde el **30% RSU** total va a la planta de tratamiento de residuos, y el **70%** restante continúa en el actual basural. En el **segundo módulo**, el **60% RSU** se destina a planta y el porcentaje restante se sigue disponiendo en el vaciadero municipal.

Éstos módulos de operación determinan, como se dijo anteriormente, el tiempo que llevará abandonar definitivamente el actual basural a cielo abierto y comenzar a clasificar y tratar el 100% de los residuos sólidos que se generen, propuesto para éste caso en 18 meses.

Por último, el **tercer módulo**, consiste en llevar el **100% RSU** a planta de clasificación y tratamiento, debido a que ya se ha abandonado el basural.



Es importante tener en cuenta que a través del desarrollo de éstas etapas se deben ir tratando de perfeccionar la metodología aplicada e ir poniendo en práctica la experiencia adquirida, en cuanto a operación, personal empleado, equipamiento, infraestructura, administración, comercialización, etc.

El sistema de clasificación y tratamiento de residuos sólidos, considera los residuos domiciliarios (de origen municipal), los residuos que aportan los particulares, los residuos orgánicos recolectados por privados que se destinan para criaderos de cerdos, situación que se debe prohibir debido a que atenta contra la salud de la población.

También se incluyen los desperdicios mayores (poda, restos jardín, escombros), los cuales serán disminuídos en su volumen mediante la trituración o astillado de los mismos, con el empleo de una máquina chipeadora.



***Máquina Chipeadora de Desperdicios Mayores***

Básicamente, la propuesta en cuanto a la clasificación y tratamiento de los residuos sólidos es la siguiente:

- ✓ Se clasificarán y tratarán los residuos domiciliarios de origen municipal, es decir los generados en los hogares y recolectados por el municipio. Los residuos orgánicos junto con los desperdicios mayores serán desactivados, y los inorgánicos se reuperarán para su posterior comercializarán.

- ✓ Se dispondrá de una zona destinada a recibir el aporte de residuos de origen particular, es decir, el llamado “punto limpio”. El buen funcionamiento de los puntos limpios exige que los usuarios aporten los residuos, previamente seleccionados, y los depositen en contenedores adecuados, en función del tipo de material a depositar. Se deben fijar días y horarios para recepción de residuos, de manera de organizar las actividades correctamente. De ésta manera. al darle a la población un lugar donde pueda arrojar aquellos residuos que por sus características (voluminosos, residuos de limpieza, papeles en cantidad), no pueden ser eliminados a través de la bolsa de basura, se evita la formación de nuevos mini basurales en distintos sectores de la ciudad. Además se puede insertar laboralmente a aquellas personas que se dedican a recuperar materiales en el basural (cirujas), haciendo que ellos mismos clasifiquen los materiales que pueden ser recuperados de los que deben ir directamente a vertedero controlado.



- ✓ En cuanto a los residuos orgánicos recolectados por privados, se recibirán en la planta para luego tratarse mediante desactivación de la materia orgánica.
- ✓ Los desperdicios mayores, serán clasificados manualmente, y procesados mediante una máquina chipeadora, cuya función es triturar los restos de poda y jardín, de manera de obtener un producto conocido como “chips” o “astillado” de distinto tamaño. De ésta manera, se reduce aproximadamente en un 70% la cantidad de residuos mayores que se van a desactivar. El resto de residuos que se encuentran producto de la separación manual tales como: plásticos, escombros, metales, etc. se dispone en un relleno de seguridad.

Para tener en cuenta los porcentajes de residuos que se van a recuperar, y con esto poder definir equipos, personal, estructura, modalidad de operación, etc., es necesario afectar las cantidades de cada material que forman parte de los RSU (domiciliarios), de determinados coeficientes de reciclado, es decir porcentajes que determinan cuánto de ese material puede reciclarse realmente, ya que se deben considerar los desperdicios, lo que no puede recuperarse por estar muy deteriorado, la eficiencia del personal, etc.

Los coeficientes de reciclado que se consideran, para cuantificar con más exactitud los componentes de los residuos surgen de tener en cuenta un porcentaje para evaluar el rendimiento general en la clasificación de los residuos, esto está directamente relacionado con la eficiencia de los operarios y el equipamiento con que se cuente. Además, se debe considerar un porcentaje de merma, para incluir el concepto de que no todo lo que se separa de un determinado material puede ser comercializado.

Éstos valores de disminución de la cantidad que efectivamente puede recuperarse, se obtienen en base a experiencias, correlaciones, y principalmente en función de las características que deban presentar los componentes para su valoración. Por lo tanto, se tienen los siguientes valores:

Papel	50%
Plástico	60%
Cartón	50%
Vidrio	90%
Trapo	50%
Lata	95%
Lata de cerveza	95%
Aerosoles	65%

Para evaluar el rendimiento general de la planta de separación de residuos sólidos, se toma un valor equivalente al 80%, que considera la efectividad del personal, en cuánto a cómo realiza su trabajo, la forma de manipular los residuos, etc.

Para introducir el concepto del porcentaje de merma se deben considerar, como se dijo anteriormente, las condiciones que deben presentar los materiales para su futura valoración comercial. Por ejemplo, no pueden recuperarse todos los tipos de plásticos que se clasifican, ya que no todos tienen aceptación en el mercado, por lo tanto se recupera sólo una determinada clase de plásticos: PET (polietileno tereftalato).

También existen diversas clases de papel, entre las cuales se encuentran en los RSU, los siguientes: papel de periódicos, libros, papel de oficina, cartón, embalajes de papel, otros papeles no destinados al embalaje, pañuelos, toallas de papel, cartón ondulado, etc.

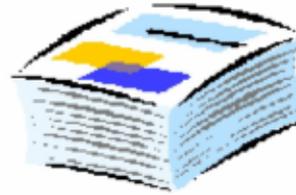
Mediante un informe realizado por la Cooperativa de Obras Sanitarias de nuestra ciudad, en un desarmadero local, se puede conocer el detalle de los materiales que se recuperan y **comercializan**, y de ésta manera evaluar el mercado que se presenta en la ciudad para los productos reciclados. Los resultados de la investigación son los siguientes:

- Vidrio: éste material se comercializa de distintas maneras, es decir, botellas enteras y resto de vidrios. Las botellas enteras deben estar en condiciones de limpieza aceptable y sin ningún tipo de líquidos en su interior. Los restos de vidrio se refieren a restos de botellas de cualquier tipo enteras o rotas. No se comercializan restos de vidrios de aberturas y vidrios de automóviles debido a que son templados.
- Hierro: se reciben los hierros en la forma en que se encuentre y se lo comercializa.
- Cartón-Papel: éstos materiales pueden presentarse en fardos o a granel, y también en bolsas transparentes para constatar que los papeles estén limpios y en buenas condiciones para ser valorizados.
- Plástico: no se comercializa en éste corralón.
- Trapo: no se comercializa.
- Aerosoles: se reciben en cualquier condición, aunque pueden ser aplastados para de ésta forma poder reducir su volumen.
- Hojalata: se reciben en cualquier condición.
- Aluminio: se incluyen latas de cerveza, gaseosa, desodorantes en aerosol, etc. que se reciben en cualquier condición, aunque pueden ser aplastados para de ésta forma poder reducir su volumen.

En cuanto a los beneficios que se pueden obtener de la clasificación y posterior tratamiento de los materiales que conforman la “basura”, se pueden citar los siguientes:

✓ Papel:

- Conservación de recursos forestales.
- Ahorro energético: el proceso de fabricación de papel y cartón a partir de fibras celulósicas recuperables supone un ahorro de energía del 70%.
- Conservación del medio ambientales
- Una tonelada de pasta para la fabricación de papel se consigue con la madera de 14 árboles, cada uno de los cuales tarda 20 años en crecer.



✓ Vidrio:

- La no extracción de materias primas, ya que con cada tonelada de envases de vidrio usado que se recicla se ahorran 1,2 toneladas de materias primas.



✓ Pilas:

- Las pilas no son inofensivas. Hay distintos tipos de pilas en el mercado, básicamente se pueden las pilas normales de cinc-carbono y alcalinas, y las pilas “botón” que son de óxido de mercurio, alcalinas, cinc-aire, óxido de plata y litio.
- Cuando se arrojan pilas con mercurio a la basura, éstas se mezclan con el resto de los residuos y siguen descargando ese mineral.
- Una pila común puede contaminar 3.000 lts. de agua, una de cinc/aire 12.000 lts., la de óxido de plata 14.000 lts., una alcalina puede contaminar 167.000 lts. y una pila botón de mercurio puede contaminar 600.000 lts. de agua.



✓ **PRIMER MÓDULO:**

Se considera para el primer módulo de la planta de separación de residuos sólidos un tiempo de operación de nueve meses.

El procedimiento consiste en implementar un sistema de clasificación y tratamiento de residuos sólidos en etapas, al mismo tiempo que se desactiva el actual basural a cielo abierto. Tal es así, que en los primeros nueve meses, se clasifica el 30 % de RSU total, mientras que el 70 % RSU restante sigue disponiéndose en el actual vaciadero municipal.

Se deben considerar el porcentaje estipulado de los residuos domiciliarios (municipal), los residuos que aportan los particulares, los residuos orgánicos recolectados por privados que se destinan para criaderos privados de cerdos, situación que se debe prohibir debido a que atenta contra la salud de la población, y los desperdicios mayores (poda, restos jardín, escombros), los cuales serán disminuídos en volumen.

Entonces, se clasificará en este primer módulo de la planta de separación, el 30 % de los residuos sólidos urbanos de origen municipal, de los cuales una determinada cantidad podrá recuperarse y comercializarse o reutilizarse, y el porcentaje restante, pasará a un relleno de seguridad debido al tipo de residuos producto del rechazo (inerte). El porcentaje de RSU restante sigue disponiéndose en el actual basural a cielo abierto.

Cabe destacar que en éste primer módulo las toneladas de residuos orgánicos e inorgánicos que se procesarán por día no son muy significativas, ya que la planta cuenta con una capacidad total de procesamiento mucho mayor, y esto pone de manifiesto la alta capacidad ociosa e improductiva que se presenta en esta primera etapa. Esto es así, debido a que se debe iniciar el proceso y realizar la inversión inicial de manera de contemplar los valores que se manejarán cuando la planta de separación esté trabajando a su máxima capacidad.

Ésta situación que se refleja en los valores de inversión, con la presencia de costos muertos, se debe atravesar como un primer paso hacia la implementación del plan de reciclado por fases.

Se manejarán los datos actuales que se detallan a continuación, los cuales permitirán el dimensionamiento de la planta.

- RSU domiciliarios (municipal)= 72 ton / día
- RSU recolección privada = 20 ton / día (residuos orgánicos)
- RSU aporte particular = 20 ton / día (org. / inorg.)
- Desp. mayores = 50 ton / día

→ 30% RSU: PLANTA DE RECICLADO

+ residuos domiciliarios = 21,60 ton / día

→ RSU recolección privada = 20,00 ton / día

→ RSU aporte particular

+ residuos recuperables = 14 ton / día (70%= metales, papel, madera)

+ residuos no recuperables = 6 ton / día (30%= trapos, plasticos, etc.)

→ Desperdicios mayores = 12,00 ton / día (disminuidos en 70%)

+ residuos recuperables = 40 ton / día (80%= eficiencia sep. manual)

+ residuos no recuperables = 10 ton / día (plasticos, escombros, etc.)

<b>ALTERNATIVA 2- PRIMER MÓDULO (30% RSU total a planta clasif.)</b>					
RSU municipal		21,60 ton / día			
Rendimiento general		80 %			
Material	Porcentaje en peso	Cantidad de RSU ton / día	Cantidad de RSU s/ rendim.gral	Porcentaje de merma	Cant. de RSU recuperables
Papel	8,67 %	1,87 ton / día	1,50 ton / día	50,00 %	0,75 ton / día
Plástico	8,50 %	1,84 ton / día	1,47 ton / día	60,00 %	0,88 ton / día
Cartón	2,02 %	0,44 ton / día	0,35 ton / día	50,00 %	0,17 ton / día
Vidrio	2,49 %	0,54 ton / día	0,43 ton / día	90,00 %	0,39 ton / día
Trapo	1,92 %	0,41 ton / día	0,33 ton / día	50,00 %	0,17 ton / día
Lata	0,68 %	0,15 ton / día	0,12 ton / día	95,00 %	0,11 ton / día
Lata de cerveza	0,04 %	0,01 ton / día	0,01 ton / día	95,00 %	0,01 ton / día
Aerosoles	0,26 %	0,06 ton / día	0,04 ton / día	65,00 %	0,03 ton / día
Material orgánico	75,15 %	16,23 ton / día	16,23 ton / día	100,00 %	16,23 ton / día
Otros	0,27 %	0,06 ton / día	0,05 ton / día	100,00 %	0,05 ton / día
<b>TOTALES</b>	<b>100,00 %</b>	<b>21,60 ton / día</b>	<b>20,53 ton / día</b>		<b>18,78 ton / día</b>
TOTAL ORGÁNICO	16,23 ton / día + 20% inorg.( 1,07 ton / día) =17,30 ton /día				
TOTAL INORG.	21,60 ton / día - 17,30 ton / día =4,30 ton /día				
TOTAL RECUP.	2,55 ton / día				
MATERIAL NO RECUPERABLE	1,74 ton / día + 6 ton / día (aporte particular)				
RSU particular	14,00 ton / día = residuos inorgánicos				
RSU privado	20,00 ton / día = residuos orgánicos				
Desp. mayores	50,00 ton / día				

→ 70% RSU: BASURAL A CIELO ABIERTO

+ residuos domiciliarios = 50,40 ton / día

→ RSU A RELLENO DE SEGURIDAD

Se deben considerar las ton / día de residuos que corresponden a la fracción que no se puede recuperar y a los materiales que deben ir directamente a un relleno de seguridad.

Entonces:

→ RSU no recuperables = 1,75 ton / día

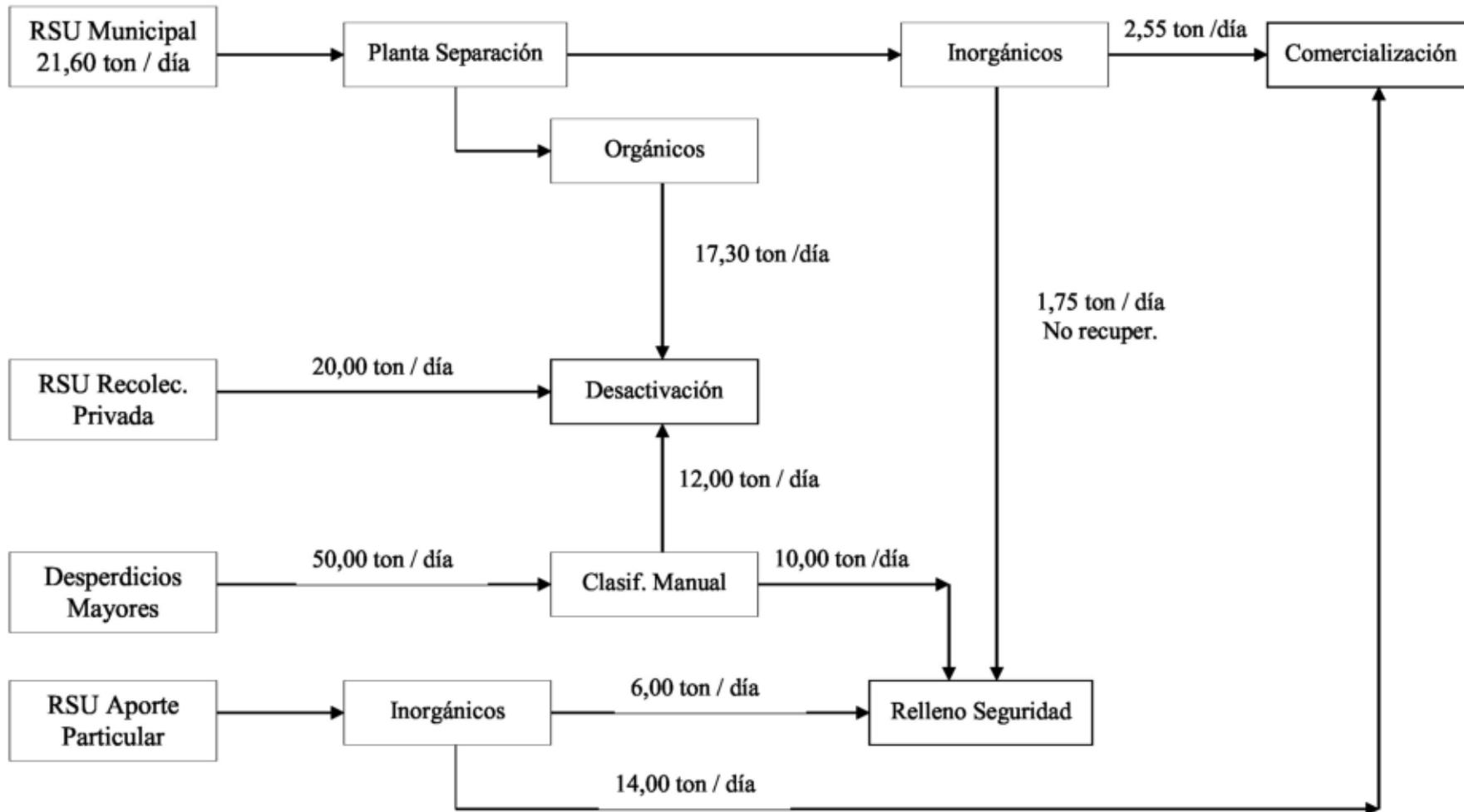
→ Total de RSU aporte part. = 6,00 ton / día

→ Mayores no recuperables = 10,00 ton / día

→ **Total de residuos a relleno = 17,75 ton / día**

→ **Total RSU recuperados = 65,85 ton / día**

→ BALANCE DE MASA DE RSU: 30% RSU total a planta



✓ **SEGUNDO MÓDULO:**

Para el segundo módulo de la planta de separación de residuos sólidos, se considera también un tiempo de operación de nueve meses.

El procedimiento se desarrolla de la misma forma que en el módulo anterior, pero se destinan a la planta de tratamiento el 60 % de RSU total, mientras que el 40 % RSU restante sigue disponiéndose en el actual vaciadero.

Entonces, en este módulo de la planta de separación, se clasificará el 60 % de los residuos sólidos urbanos de origen municipal, de los cuales una determinada cantidad podrá recuperarse y comercializarse o reutilizarse, y el porcentaje restante, pasará a un relleno sanitario de seguridad. El porcentaje de RSU restante sigue disponiéndose en el actual basural municipal a cielo abierto.

Se manejarán los valores actuales que se detallan a continuación, los cuales permitirán el dimensionamiento de la planta.

- RSU domiciliarios (municipal)= 72 ton / día
- RSU recolección privada = 20 ton / día (residuos orgánicos)
- RSU aporte particular = 20 ton / día (org. / inorg.)
- Desp. mayores = 50 ton / día

Se debe tener en cuenta el índice de incremento de RSU para determinar la cantidad de residuos que se generaron durante los **9 meses** de funcionamiento del primer módulo.

→ Incremento de residuos = 7% anual

- RSU domiciliarios (municipal)= 75,78 ton / día
- RSU recolección privada = 21,05 ton / día (residuos orgánicos)
- RSU aporte particular = 21,05 ton / día (org. / inorg.)
- Desp. mayores = 52,63 ton / día

→ 60% RSU: PLANTA DE RECICLADO

+ residuos domiciliarios = 45,47 ton / día

→ RSU recolección privada = 21,05 ton / día

→ RSU aporte particular

+ residuos recuperables = 14,75 ton / día (70%=metales,papel, madera)

+ residuos no recuperables = 6,30 ton / día (30%= trapos, plasticos, etc.)

→ Desperdicios mayores = 12,65 ton / día (disminuidos en 70%)

+ residuos recuperables = 42,10 ton / día (80%= eficiencia sep. manual)

+ residuos no recuperables = 10,50 ton / día (plasticos, escombros, etc.)

<b>ALTERNATIVA 2- SEGUNDO MÓDULO (60% RSU total a planta clasif.)</b>					
RSU municipal		45,50 ton / día			
Rendimiento general		80 %			
Material	Porcentaje en peso	Cantidad de RSU ton / día	Cantidad de RSU s/ rendim.gral	Porcentaje de merma	Cant.de RSU recuperables
Papel	8,67 %	3,94 ton / día	3,16 ton / día	50,00 %	1,58 ton / día
Plástico	8,50 %	3,87 ton / día	3,09 ton / día	60,00 %	1,86 ton / día
Cartón	2,02 %	0,92 ton / día	0,74 ton / día	50,00 %	0,37 ton / día
Vidrio	2,49 %	1,13 ton / día	0,91 ton / día	90,00 %	0,82 ton / día
Trapo	1,92 %	0,87 ton / día	0,70 ton / día	50,00 %	0,35 ton / día
Lata	0,68 %	0,31 ton / día	0,25 ton / día	95,00 %	0,24 ton / día
Lata de cerveza	0,04 %	0,02 ton / día	0,01 ton / día	95,00 %	0,01 ton / día
Aerosoles	0,26 %	0,12 ton / día	0,09 ton / día	65,00 %	0,06 ton / día
Material orgánico	75,15 %	34,19 ton / día	34,19 ton / día	100,00 %	34,19 ton / día
Otros	0,27 %	0,12 ton / día	0,10 ton / día	100,00 %	0,10 ton / día
<b>TOTALES</b>	<b>100,00 %</b>	<b>45,50 ton / día</b>	<b>43,24 ton / día</b>		<b>39,57 ton / día</b>
TOTAL ORGÁNICO		34,19 ton / día + 20% inorg.( 2,26 ton / día) =36,45 ton /día			
TOTAL INORG.		45,50 ton / día - 36,45 ton / día =9,05 ton /día			
TOTAL RECUP.		5,38 ton / día			
MATERIAL NO RECUPERABLE		3,67 ton / día + 6,30 ton / día (aporte particular)			
RSU particular		14,75 ton / día = residuos inorgánicos			
RSU privado		21,05 ton / día = residuos orgánicos			
Desp. mayores		52,63 ton / día			

→ 40% RSU: BASURAL A CIELO ABIERTO

+ residuos domiciliarios = 30,31 ton / día

→ RSU A RELLENO DE SEGURIDAD

Se deben considerar las ton / día de residuos que corresponden a la fracción que no se puede recuperar y a los materiales que deben ir directamente a un relleno de seguridad.

Entonces:

→ RSU no recuperables = 3,65 ton / día

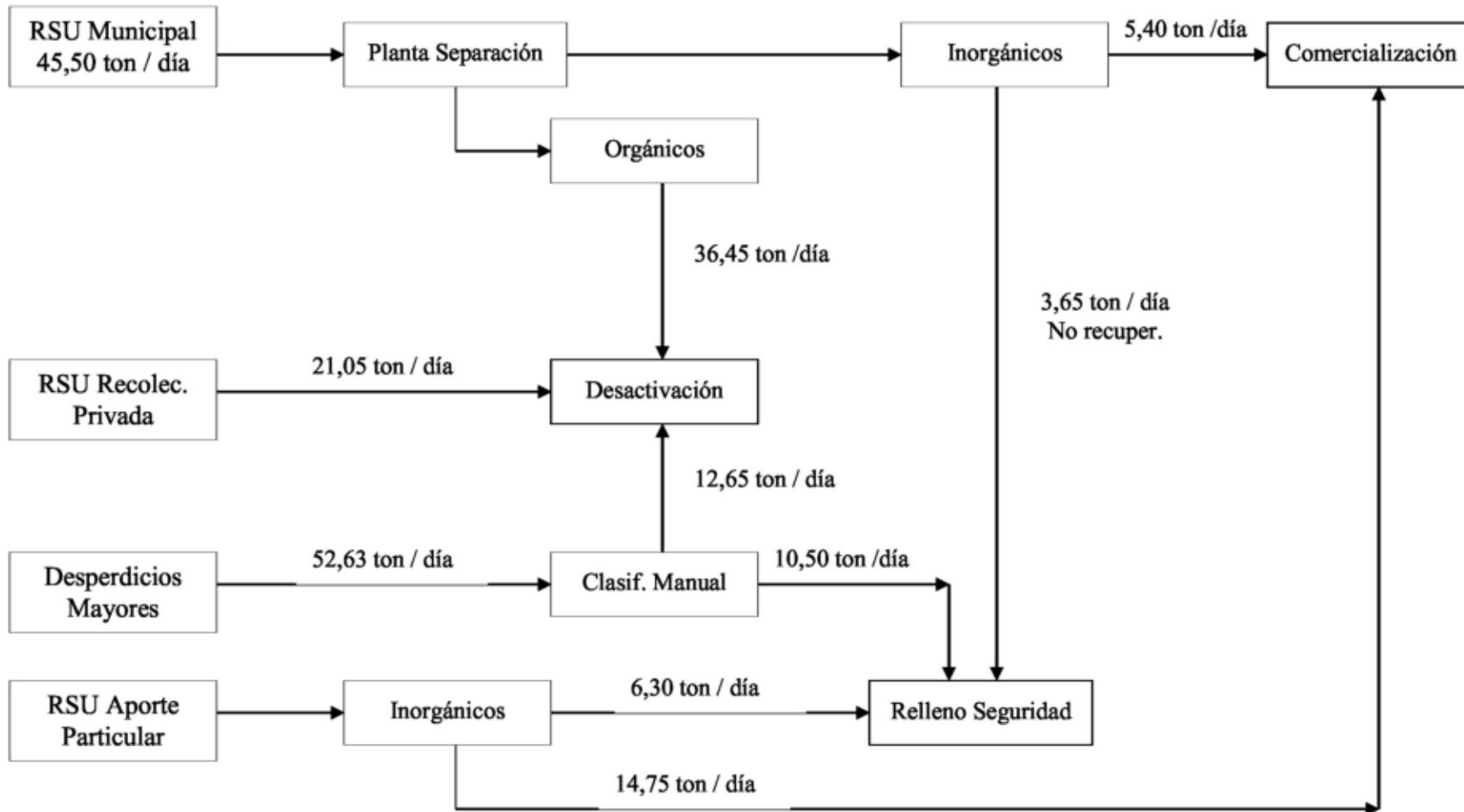
→ Total de RSU aporte part. = 6,30 ton / día

→ Mayores no recuperables = 10,50 ton / día

→ **Total de residuos a relleno = 20,45 ton / día**

→ **Total RSU recuperados = 90,30 ton / día**

→ BALANCE DE MASA DE RSU: 60% RSU total a planta



✓ **TERCER MÓDULO:**

En éste tercer módulo, el 100% de RSU que se recolectan van a la planta de separación y tratamiento de residuos sólidos, lo cual permite concluir que ya se ha abandonado el basural a cielo abierto como método de disposición final.

En este caso, la cantidad de residuos que se van a clasificar corresponde al 100% de los residuos domiciliarios de origen municipal, y se tendrá que determinar el remanente de residuos que no se pueden reciclar debido a su naturaleza, y la cantidad que se pierde al no poder ser recuperado, para definir el total que debe ser enviado directamente a un relleno de seguridad.

También se deben considerar las cantidades de desperdicios que se destinan directamente al vertedero, los residuos recuperados, y los valores que corresponden a material orgánico que debe ser desactivado.

Se debe tener en cuenta el índice de incremento de RSU para determinar la cantidad de residuos que se generaron durante los 18 meses de funcionamiento de los dos módulos anteriores.

Se manejan los valores que se detallan a continuación, los cuales permitirán evaluar las necesidades de equipamiento y personal para el adecuado funcionamiento de la planta.

→ Incremento de residuos = 7% anual = 18 meses (1 año y medio)

- RSU domiciliarios (municipal)= 79,56 ton / día
- RSU recolección privada = 24,20 ton / día (residuos orgánicos)
- RSU aporte particular = 24,20 ton / día (org. / inorg.)
- Desp. mayores = 55,25 ton / día

→ 100% RSU: PLANTA DE RECICLADO

+ residuos domiciliarios = 80,00 ton / día

→ RSU recolección privada = 22,10 ton / día

→ RSU aporte particular

+ residuos recuperables = 15,50 ton / día (70%=metales,papel, etc.)

+ residuos no recuperables = 6,65 ton / día (30%= trapos, plasticos, etc.)

→ Desperdicios mayores = 13,25 ton / día (disminuidos en 70%)

+ residuos recuperables = 44,20 ton / día (80%= eficiencia sep. manual)

+ residuos no recuperables = 11,05 ton / día (plasticos, escombros, etc.)

ALTERNATIVA 2- TERCER MÓDULO (100% RSU total a planta clasif.)					
RSU municipal		80,00 ton / día			
Rendimiento general		80 %			
Material	Porcentaje en peso	Cantidad de RSU ton / día	Cantidad de RSU s/ rendim.gral	Porcentaje de merma	Cant. de RSU recuperables
Papel	8,67 %	6,94 ton / día	5,55 ton / día	50,00 %	2,77 ton / día
Plástico	8,50 %	6,80 ton / día	5,44 ton / día	60,00 %	3,26 ton / día
Cartón	2,02 %	1,62 ton / día	1,29 ton / día	50,00 %	0,65 ton / día
Vidrio	2,49 %	1,99 ton / día	1,59 ton / día	90,00 %	1,43 ton / día
Trapo	1,92 %	1,54 ton / día	1,23 ton / día	50,00 %	0,61 ton / día
Lata	0,68 %	0,54 ton / día	0,44 ton / día	95,00 %	0,41 ton / día
Lata de cerveza	0,04 %	0,03 ton / día	0,03 ton / día	95,00 %	0,02 ton / día
Aerosoles	0,26 %	0,21 ton / día	0,17 ton / día	65,00 %	0,11 ton / día
Material orgánico	75,15 %	60,12 ton / día	60,12 ton / día	100,00 %	60,12 ton / día
Otros	0,27 %	0,22 ton / día	0,17 ton / día	100,00 %	0,17 ton / día
<b>TOTALES</b>	<b>100,00 %</b>	<b>80,00 ton / día</b>	<b>76,02 ton / día</b>		<b>69,57 ton / día</b>
TOTAL ORGÁNICO	60,12 ton / día + 20% inorg.( 3,98 ton / día) =64,10 ton / día				
TOTAL INORG.	80,00 ton / día - 64,10 ton / día =15,90 ton / día				
TOTAL RECUP.	9,45 ton / día				
MATERIAL NO RECUPERABLE	6,45 ton / día + 6,65 ton / día (aporte particular)				
RSU particular	15,50 ton / día = residuos inorgánicos				
RSU privado	22,10 ton / día = residuos orgánicos				
Desp. mayores	55,25 ton / día				

→ RSU A RELLENO DE SEGURIDAD

Se deben considerar las ton / día de residuos que corresponden a la fracción que no se puede recuperar y a los materiales que deben ir directamente a un relleno de seguridad.

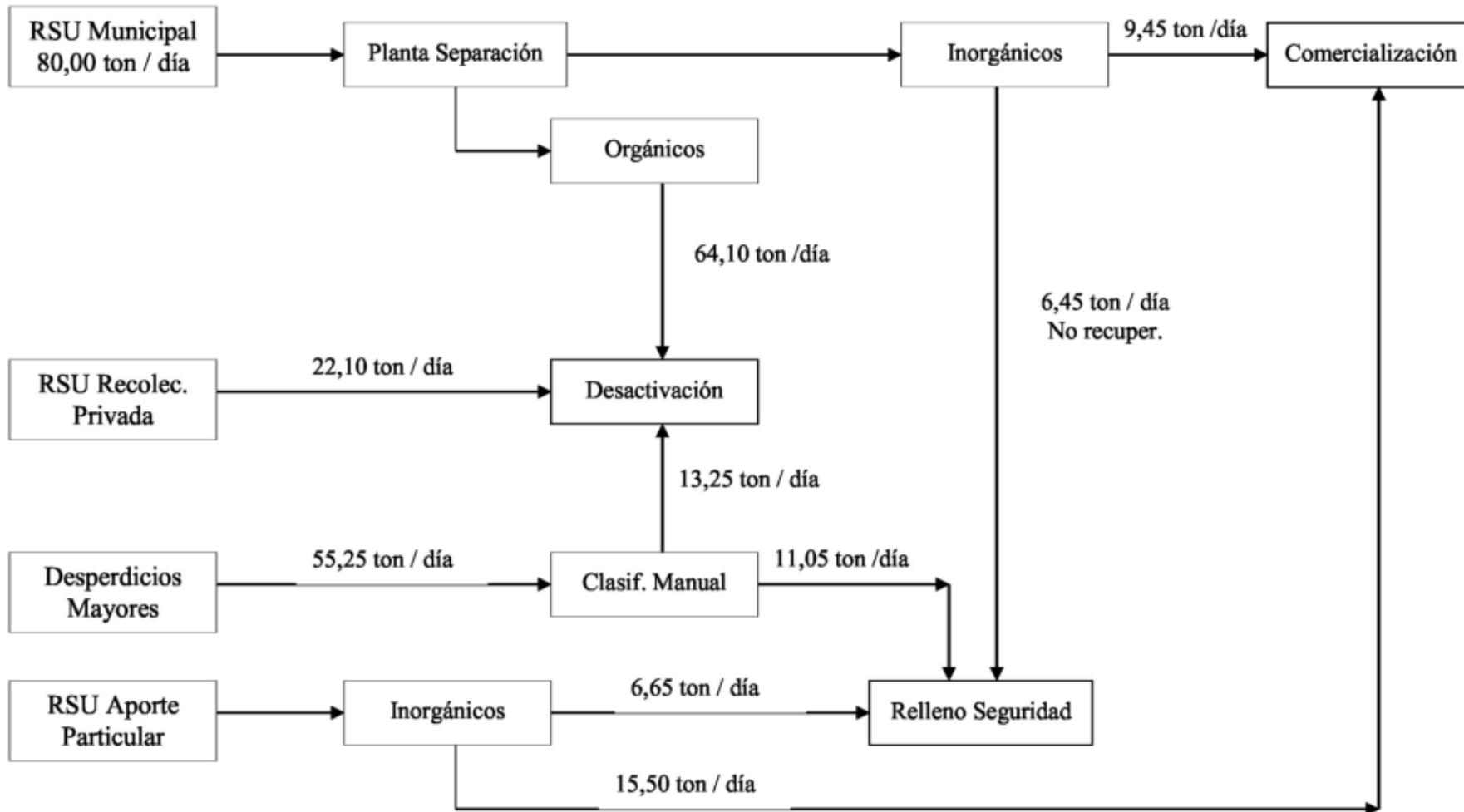
Entonces:

- RSU no recuperables = 6,45 ton / día
- Total de RSU aporte part. = 6,65 ton / día
- Mayores no recuperables = 11,05 ton / día

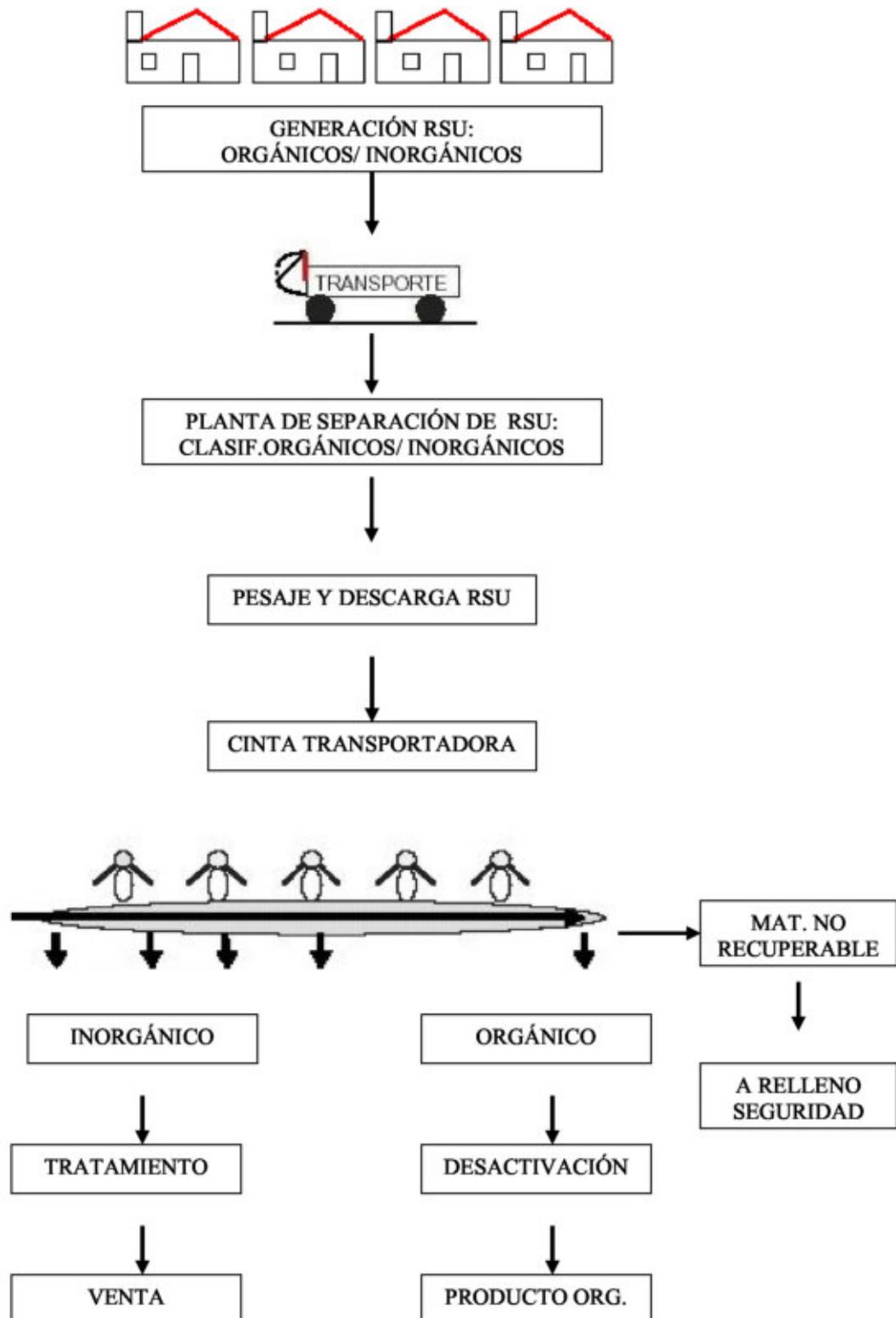
→ **Total de residuos a relleno = 24,15 ton / día**

→ **Total RSU recuperados = 124,40 ton / día**

→ BALANCE DE MASA DE RSU: 100% RSU total a planta



8-4-3. OPERATIVIDAD DE LA PLANTA



Los residuos ingresarán a la planta, serán pesados, se descargarán en una tolva de recepción, pasarán a una cinta de alimentación, y de allí a una mesa o cinta de clasificación en donde los operarios realizarán la separación selectiva de los residuos orgánicos e inorgánicos.

La clasificación se realizará en forma manual a medida que la basura va por la cinta transportadora y los materiales inorgánicos son colocados selectivamente en distintos carros, para luego ser llevados a los depósitos para su acondicionamiento.

Los residuos patológicos que puedan venir en las bolsas de residuos domiciliarios son también colocados en carros, para incinerarlos en un horno pirolítico, conjuntamente con el resto de los residuos patológicos que se retiraron de los diversos centros hospitalarios de la ciudad.

Los residuos peligrosos como por ej. pilas, aceites, solventes, etc. serán dispuestos en celdas de seguridad y en tanques de almacenamiento, como bloques de cemento.

La materia orgánica es trasladada a la playa de desactivación, donde permanecerán aproximadamente 60 días, durante ese lapso se pueden realizar controles de temperatura, humedad y PH.

Los residuos orgánicos provenientes de la recolección privada, también serán desactivados, y luego se utilizarán de la misma forma que la materia orgánica proveniente de los residuos sólidos domiciliarios.

El cartón, papel, aluminio, plásticos, serán luego prensados, enfardados y ensuchados. Los vidrios se triturarán, clasificarán y se acopiarán en los boxes hasta su posterior comercialización.

Los residuos provenientes de los desperdicios mayores, serán desactivados previa reducción de volumen mediante máquina chipeadora. Los materiales como escombros, plásticos, etc. que se encuentran por lo general en los residuos mayores, se disponen en un vertedero controlado

#### 8-4-4. PROCESO DE SEPARACIÓN

El proceso de separación de los residuos comienza con la llegada de los camiones que transportan los residuos hasta la planta de procesamiento. Después los residuos son volcados a una tolva de recepción, de allí pasan a una cinta de alimentación, y luego a una cinta de clasificación.

La propuesta que se plantea para la recuperación de los residuos orgánicos es el tratamiento de los mismos con el fin de obtener subproductos que se puedan comercializar y utilizar para el mantenimiento de calles y otros trabajos de relleno de bajos, etc. También se puede comercializar éste producto, obtenido de la desactivación de los residuos orgánicos, para realizar lombricultivo. Para el tratamiento de los residuos inorgánicos, se propone separarlos, acondicionarlos y realizar el proceso que corresponda según el tipo de material.

A partir de los productos recuperados se da la posibilidad de que se generen distintos tipos de proyectos comerciales, que permiten que muchas personas puedan desarrollarse y sustentarse económicamente.

Los residuos orgánicos son transportados en una cinta de clasificación, luego pasan por un molino de orgánicos, de allí pasan por una cinta de derivación de orgánicos, y posteriormente son trasladados por camión hasta la playa de desactivación en donde se produce la desactivación de la materia orgánica a través de la acción de distintos microorganismos. Allí, se produce un proceso natural aeróbico que oxigena los materiales. Si la humedad y aireación son suficientes, los residuos son atacados por una gran cantidad de microorganismos, como hongos y bacterias, que los degradan, produciendo éste proceso un aumento de la temperatura (60°C - 70°C) durante aproximadamente 60 días.

Éstas temperaturas altas, provocan la muerte de los agentes patógenos presentes en los residuos domiciliarios, es decir, se produce la higienización de la materia orgánica. De esta forma, se obtiene un producto no contaminante y totalmente inocuo, para ser utilizado, como material de relleno para bajos, mantenimiento de calles, o cualquier otro uso.

El sustrato puede colocarse directamente sobre el terreno cuando éste sea suficientemente impermeable, aunque es preferible colocarlo sobre una lámina de material plástico que evite su contacto directo con el suelo, lo que facilita su posterior recolección.

Los residuos inorgánicos se separan de acuerdo a sus características en:

- Papeles y Cartones: se separa el cartón del papel de distintas calidades, y se procede a un prensado, zunchado y acondicionamiento para su posterior comercialización.



- Vidrios: se debe clasificar el vidrio, triturarlo y luego se procede a su comercialización. El vidrio común es no contaminante y esta es una de las ventajas más importantes que tiene este material. El inconveniente que presenta es su acumulación en volumen. Las fábricas son las principales interesadas en reciclar vidrio porque recortan costos de producción, ahorrando materias primas y energía.

- Hojalata: prensado, zunchado y posterior comercialización.

- Latas de aluminio: prensado, zunchado y posterior comercialización. La utilización es indefinida ya que el aluminio puede ser refundido infinitamente sin perder sus características físico-químicas.

- Trapos: no se les da ningún tipo de tratamiento, por lo tanto deben ir a relleno de seguridad, ya que no se tiene mercado para este producto en nuestra ciudad.

- Plásticos: se realiza el prensado en fardos, zunchado y posterior comercialización de los plásticos que llegan a la planta. Los plásticos tratados en la planta de tratamiento de residuos sólidos, están constituidos en su mayoría por dos clases: una de ellas es el polietileno de alta densidad y la otra clase es el nylon, los cuales son comercializados en fardos.



- Pilas y baterías: se deben separar y luego pueden ser tratadas a través de compactación en bloques de cemento. Con este tratamiento se evita el percolado que genera su envejecimiento. No se resuelve el problema de su eliminación, pero se evita la contaminación que produciría su disposición en un vertedero. En el mercado existen diferentes tipos de pilas: las comunes de zinc/carbono o cloruro de zinc; las de níquel/cadmio y las alcalinas, que son las de mayor consumo, y las de carbono/zinc que tienen menor rendimiento.

Un grupo de pilas cuyo consumo viene creciendo, es el de las micropilas o pilas botón. Sus componentes pueden ser óxido de plata, litio, dióxido de manganeso, mercurio, níquel, plomo, bismuto, cobre y cromo.

Al colocarse las pilas junto con los desperdicios tanto sea en vertederos controlados o depósitos tradicionales de basura, se degradan ocasionando el derrame del electrolito interno arrastrando a los metales que forman parte del ánodo de la pila y los integra al suelo, contaminando a las plantas que por sus raíces absorben los cationes metálicos tóxicos como el cadmio, plomo o mercurio. El manganeso y el zinc se destacan por su alto grado de toxicidad sobre los vegetales.

Además por lixiviación los metales contaminantes son arrastrados por aguas de lluvia y pasan a las capas subterráneas. La movilidad de los mismos se ve favorecida en el suelo al estar oxidadas, mucho más si los terrenos presentan PH muy ácidos.

Debido a todos los inconvenientes que presenta la disposición de éste material, conviene tratarlas a través de **compactación en bloques de cemento**.

Si bien, ésta no es la mejor solución para su eliminación, debido a que el residuo sigue estando presente, es una buena opción para minimizar la contaminación. Lo más conveniente sería que éste tipo de residuo altamente contaminante, vuelva a su lugar de origen, es decir a los generadores de pilas y baterías, y que ellos se encarguen de su eliminación y tratamiento, aunque se sabe que esto es muy difícil de llevar a la práctica, debido a que no es económicamente rentable para los que producen estos productos.

Para el prensado de papeles, cartones, plásticos, aluminio y hojalata se emplearán prensas, luego se los deben transportar hasta los boxes de almacenamiento mediante una minicargadora y/o autoelevador.

En referencia a los residuos inorgánicos, se debe considerar la presencia importante de envases. Si bien los envases contribuyen al desarrollo, a la economía y a otros aspectos, contaminan el medio ambiente; por lo tanto para minimizar el impacto que causan, se los debe tratar adecuadamente para controlar dicha contaminación y obtener, dentro de lo posible un retorno económico ahorrando recursos materiales y energéticos.

Hay distintos métodos que se pueden aplicar para reducir el efecto contaminante:

- Reducción en la fuente.
- Reutilización.
- Reciclado mecánico.
- Reciclado químico.
- Incineración energética.

La **reducción en la fuente** es el método más utilizado para reducir el peso de los envases y los materiales descartados disminuyendo la acción contaminante sobre el medio ambiente.

La **reutilización** de envases fue usada hace varios años atrás para vinos, cervezas, leche, etc.; el uso de esta opción depende de los productos en cuestión, los hábitos y costumbres de la población y la factibilidad económica.

El **reciclado mecánico** permite la recuperación de las materias primas usadas en los envases. Por ejemplo, permite la recuperación del vidrio el que puede reciclarse gran número de veces, también, la recuperación de la hojalata usada en los envases, y la de plásticos.

El **reciclado químico** y la **incineración** se efectúan para productos combustibles como plásticos y papel. El reciclado químico de plásticos permite retornar a las materias primas que le dieron origen y reusarlos nuevamente en el caso de glicosis del PET. En el caso de los plásticos olefinicos como el polietileno, polipropileno y PVC, que dan lugar a hidrocarburos gaseosos y líquidos los que destilados en las refinerías se usan para obtener nuevamente plásticos.

#### **8-4-5. ORGANIZACIÓN DEL PROCESO DE CLASIFICACIÓN**

Para realizar el proceso de clasificación y tratamiento de los residuos sólidos urbanos que llegan a la planta de separación, es necesario organizar la misma en sectores que representen cada una de las etapas necesarias para llevar a cabo las tareas correspondientes.

Por lo tanto, se pueden encontrar las siguientes secciones:

- *Sección de pesaje de RSU: balanza*
  
- *Sección recepción y alimentación de RSU: tolva de recepción, cinta de alimentación de residuos sólidos*
  
- *Sección de clasificación de RSU: cinta de clasificación, desgarrador de bolsas*
  
- *Sección de acondicionamiento de residuos inorgánicos: prensas para plástico, hojalata, papel y cartón, aluminio, zarandas, minicargadoras*
  
- *Sección de tratamiento de residuos orgánicos: playa de desactivación de materia orgánica, camión volcador, tractor y/o carritos*
  
- *Sección de acopio y almacenamiento de residuos recuperados(boxes): autoelevador*
  
- *Sección de recepción de materiales aportados por particulares y recuperados por "recicladores"*
  
- *Sección destinada a higiene personal, vestuarios, oficinas, administración, cabina de seguridad, etc.*

#### 8-4-6. CAPACIDAD DE LA PLANTA

Se considera para el **primer módulo**, una capacidad de la planta de **25 ton / día** (turno), verificándose como se dijo anteriormente, una importante capacidad improductiva en ésta etapa.

En el **segundo módulo**, se tiene una capacidad de la planta de **50 ton / día** (turno), según los valores arrojados del balance de masa.

Por último, para el **tercer módulo**, a partir de donde se opera con una clasificación y tratamiento del 100% de los residuos sólidos recolectados, se considera una capacidad de la planta de **90 ton / día** (turno).

#### → *JORNADA LABORAL*

En los tres módulos de operación de la planta, en los cuales se organizó la propuesta de clasificación y tratamiento de residuos sólidos, se considera, en función de la capacidad de la planta en cada uno de los módulos, una **jornada laboral de 8 horas**.

#### → *CANTIDAD PERSONAL*

Para evaluar la cantidad de personal necesario para la operación de la planta de clasificación de residuos sólidos urbanos, se debe tener en cuenta que varían las cantidades de RSU a tratar según los distintos módulos. Por lo tanto, se debe determinar el personal necesario en función de las capacidades de operación de la planta en cada uno de los módulos.

- PRIMER MÓDULO: Cap. Planta 25 ton / día

CANTIDAD DE PERSONAL PARA OPERACIÓN DE LA PLANTA DE CLASIFICACIÓN DE RSU		
Área de trabajo	Cantidad de operarios	Horas x turno
Área de recepción de RSU	1	8
Área de clasificación	4	8
Área de recuperación de residuos inorgánicos	2	8
Área de separación mayores	1	8
Área de procesamiento de residuos orgánicos y mayores	2	8
Manejo de vertedero	1	8
<b>TOTAL OPERARIOS</b>	<b>11</b>	

- SEGUNDO MÓDULO: Cap. Planta 50 ton / día

<b>CANTIDAD DE PERSONAL PARA OPERACIÓN DE LA PLANTA DE CLASIFICACIÓN DE RSU</b>		
Área de trabajo	Cantidad de operarios	Horas x turno
Área de recepción de RSU	1	8
Área de clasificación	6	8
Área de recuperación de residuos inorgánicos	6	8
Área de separación mayores	2	8
Área de procesamiento de residuos orgánicos y mayores	3	8
Manejo de vertedero	2	8
<b>TOTAL OPERARIOS</b>	<b>20</b>	

- TERCER MÓDULO: Cap. Planta 90 ton / día

<b>CANTIDAD DE PERSONAL PARA OPERACIÓN DE LA PLANTA DE CLASIFICACIÓN DE RSU</b>		
Área de trabajo	Cantidad de operarios	Horas x turno
Área de recepción de RSU	2	8
Área de clasificación	9	8
Área de recuperación de residuos inorgánicos	8	8
Área de separación mayores	2	8
Área de procesamiento de residuos orgánicos y mayores	3	8
Manejo de vertedero	3	8
<b>TOTAL OPERARIOS</b>	<b>27</b>	

#### **8-4-7. PROGRAMA DE PRODUCCIÓN**

La actividad en la planta de tratamiento se desarrollará en correspondencia con los horarios de recolección y transporte de residuos sólidos. Las tareas de recolección y transporte de los RSU domiciliarios se efectúan entre las 21:00 y 03:00 hs.

La jornada semanal de trabajo se considera de lunes a sábados y la jornada mensual es de 24 días.

Para la cantidad de residuos que se van a tratar en la planta de separación en el primer módulo, que corresponde a 25 ton / día de RSU, se necesitan un total de 11 operarios, que trabajarán en un turno de 8 horas por día.

Para el segundo módulo, de acuerdo a las 50 ton / día de RSU que van a ser tratadas, se requiere de 20 empleados, cuya jornada diaria de trabajo es de 8 horas.

Por último, para el tercer módulo, en función de las 90 ton / día de RSU que se manejan, se debe incrementar la cantidad de empleados, siendo necesario contar con un total de 27 operarios, que trabajarán también en un turno de 8 horas por día.

#### 8-4-8. INFRAESTRUCTURA NECESARIA

La infraestructura que se necesita para poder desarrollar las actividades de una planta de tratamiento de residuos sólidos urbanos, incluye distinto tipo de instalaciones, que deben permitir su modulación y futura ampliación.

Se debe tener en cuenta que para una planta de separación de RSU planteada en etapas, es necesario contar con una inversión inicial en instalaciones, y también en equipamiento mínimo que se vaya completando progresivamente, de tal forma de permitir que se puedan desarrollar las actividades que correspondan a los distintos módulos. En los tres módulos se consideran básicamente las mismas instalaciones, pero teniendo en cuenta la variación que se producen en sus dimensiones, debido a que las cantidades de residuos que se manejan son diferentes en cada una de las etapas.

Es necesario contar con una infraestructura que asegure la calidad de los procesos, y que brinde al personal condiciones mínimas de seguridad, higiene y confort.

Por lo tanto, a continuación se detallan las características que deben presentar las instalaciones necesarias para llevar a cabo una planta de clasificación de RSU:

##### ✓ ÁREA PARA PESAJE DE RSU:

Se emplazará una instalación destinada al pesaje de cargas, báscula, y una balanza de capacidad y dimensiones acordes a los vehículos que ingresarán a dicha zona.

Es una condición primordial para el funcionamiento de toda báscula para pesar camiones, que el tráfico se realice en el sentido del eje longitudinal de su plataforma.

##### ✓ GALPÓN O DEPÓSITO:

- Dimensiones: 20 m x 40 m, es decir una superficie cubierta de 800 m<sup>2</sup>.

En el **primer módulo** se divide el galpón en compartimientos, para reunir bajo una misma cubierta los espacios para la separación de residuos, el prensado de metales y cartones, el depósito para los distintos tipos de elementos recuperados, etc. Se propone un galpón de tales dimensiones, debido a que debe hacerse una inversión inicial para toda la planta de tratamiento que contemple los siguientes módulos de operación.

Por lo tanto, el **segundo** y el **tercer módulo**, deberán estar organizados de forma distinta, debido a la cantidad de residuos que se manejan, por ejemplo: considerar los depósitos o boxes de almacenamiento fuera del galpón o depósito principal, para tener mayor espacio para realizar las maniobras necesarias.

- Cerramientos laterales de mampostería común, chapa o mixtos.
- Amplias aberturas para facilitar la ventilación de los recintos.
- Cubiertas: estructuras livianas, construidas con vigas metálicas reticulares y chapas metálicas o plásticas.
- Piso: de cemento alisado.
- Se deben proyectar construcciones antiroedores, a través de escalones, aberturas corredizas con rampas, uniones perfectamente selladas y aislación del suelo de los materiales existentes en el lugar.

✓ ÁREA DE ACOPIO Y ALMACENAMIENTO DE RESIDUOS RECUPERADOS:

Éstas áreas de almacenamiento de residuos recuperados, también llamadas boxes de acopio, corresponden al **segundo y tercer módulo** de operación de la planta de tratamiento.

En éstos boxes se depositan los distintos tipos de materiales, y presentan características particulares en función del tipo y cantidad de material que almacenan.

Se pueden distinguir los siguientes depósitos de almacenamiento:

- Box para plásticos
- Box para papel y cartones
- Box para vidrio
- Box para latas de aluminio y hojalata

Los boxes para papeles y cartones son los que presentan mayores requisitos, es decir se necesita una superficie cubierta, con piso de cemento alisado y protección antiroedores.

En cuanto a lo boxes para plásticos, vidrio, latas de aluminio y hojalata, pueden consistir en espacios debidamente separados uno de otro, sin necesidad de tener superficie cubierta, ya que éstos materiales no se deterioran en contacto con los agentes atmosféricos.

Para poder dimensionar éstas áreas de almacenamiento, se deben tener en cuenta los datos obtenidos del balance de masa de cada uno de los módulos, considerando los valores de los materiales a almacenar durante un determinado período. Éste tiempo de acopio debe contemplar la demanda de materiales y su comercialización, se puede estimar por ejemplo en una **semana** el período de acumulación de elementos.

- SEGUNDO MÓDULO:

- Papel y cartón = 13,65 ton /semana
- Plástico = 13,02 ton /semana
- Vidrio = 2,45 ton /semana
- Lata = 1,75 ton /semana

- TERCER MÓDULO:

- Papel y cartón = 23,94 ton /semana
- Plástico = 22,82 ton /semana
- Vidrio = 10,01 ton /semana
- Lata = 3,01 ton /semana

✓ ÁREA DE RECEPCIÓN Y CLASIFICACIÓN DE MATERIALES DE PARTICULARES:

Ésta sección, consiste en disponer de una determinada área en donde los particulares realicen el aporte de materiales que no pueden arrojar con los residuos de carácter domiciliario, y donde los “recicladores” realicen el trabajo de clasificación de los desechos. Se considera un 70% de residuos inorgánicos y un 30% de residuos orgánicos.

Para el **primer módulo** se estiman alrededor de **20 ton / día** de residuos de aporte particular. En cambio para el **segundo módulo**, se manejan valores de aproximadamente **21,05 ton / día**. Por último, para el **tercer módulo**, se debe tener en cuenta que la cantidad de residuos es de **22,10 ton / día**.

Los valores anteriores permitirán determinar las dimensiones del área requerida en función las distintas cantidades que se manejan en uno u otro módulo.

- Dimensiones: 4 m x 5 m, es decir una superficie cubierta de 20 m<sup>2</sup>
- Cubiertas: estructuras livianas, construidas con vigas metálicas reticulares y chapas metálicas o plásticas.
- Piso: de cemento alisado.

✓ PLAYA DE DESACTIVACIÓN DE MATERIA ORGÁNICA:

Para el **primer módulo** se estiman aproximadamente **49,30 ton / día** de residuos orgánicos, entre los cuales se tienen los orgánicos domiciliarios de origen municipal, los provenientes de la recolección privada, y los desperdicios mayores (resto de poda y jardín) reducidos en un 70%.

Para el **segundo módulo**, se observa un incremento considerable en la cantidad de residuos orgánicos que se van a recuperar mediante desactivación de la materia orgánica. Se manejan alrededor de **70,15 ton / día**.

En cuanto al **tercer módulo** de operación, los valores de residuos orgánicos a tratar se estiman en **99,40 ton / día**.

En función de los valores obtenidos del balance de masa de cada uno de los módulos y de la densidad promedio de la materia orgánica que oscila en  $360 \text{ kg} / \text{m}^3$ , se pueden determinar las dimensiones requeridas para las **hileras** de desactivación de la materia orgánica. Es importante considerar el período en el cual se realiza el proceso, aproximadamente 60 días.

- **PRIMER MÓDULO:** 9 m de ancho x 3 m de altura x 45 m de largo

- 10,14 m / día de frente de trabajo
- 608,65 m de hilera (60 días)
- Sup. necesaria = 1 ha

- **SEGUNDO MÓDULO:** 9 m de ancho x 3 m de altura x 50 m de largo

- 14,45 m / día de frente de trabajo
- 867,00 m de hilera (60 días)
- Sup. necesaria = 1 ½ has

- **TERCER MÓDULO:** 9 m de ancho x 3 m de altura x 55 m de largo

- 20,45 m / día de frente de trabajo
- 1227,00 m de hilera (60 días)
- Sup. necesaria = 2 has

- Piso: directamente sobre el sustrato sin cobertura vegetal, puede colocarse un film de polietileno.
- Controlar la producción de olores y presencia de patógenos y evitar el vuelo de papeles y materiales plásticos.

✓ INSTALACIONES DESTINADAS AL PERSONAL ADMINISTRATIVO:

En este caso, las instalaciones destinadas al personal administrativo comprenden, la oficina de administración y recepción, baño y cocina.

- Dimensiones: superficie cubierta de 40 m<sup>2</sup>
- Construcción de material, paredes revocadas y pintadas.
- Piso: cerámico.

✓ INSTALACIONES SANITARIAS, CABINAS DE SEGURIDAD:

Se deben contemplar, las instalaciones sanitarias destinadas al personal que trabaja en la planta de clasificación y tratamiento de RSU y también la infraestructura necesaria para el personal de seguridad y sereno. Para el núcleo sanitario: construcción destinada a baños y vestuarios.

Éstas instalaciones, incluyen baños y vestuarios, con paredes y pisos de cerámico y los servicios de agua fría y caliente. Se deben considerar las cabinas o garitas de seguridad con las características correspondientes, destinadas a controlar el flujo de vehículos y personal.

✓ ADECUADOS CAMINOS DE CIRCULACIÓN:

Para llegar al sitio de ubicación de la planta de tratamiento de RSU, se debe acceder por una vía pública de uso permanente y que reúna condiciones óptimas. Es importante destacar, que el tiempo empleado en el transporte de residuos hasta el lugar de tratamiento y disposición final es más importante que la distancia, por eso es fundamental el estado en el que se encuentren los caminos de circulación.

✓ TERRENO:

El terreno destinado a la ubicación de la planta de tratamiento y disposición final de RSU debe estar alejado del casco urbano no más de 15 km y debe presentar tales dimensiones que permita la ampliación de la planta y del área destinada para la eliminación de los mismos. Se deben considerar el cercado perimetral y la barrera vegetal, ya que contribuyen a minimizar los impactos negativos que puede provocar el asentamiento de una planta de éstas características en el bienestar de la población.

- Dimensiones: aproximadamente 10 has, ésta superficie comprende el área destinada para planta de tratamiento y el área para disposición final de RSU no recuperables.

✓ PROTECCIÓN E HIGIENE EN INSTALACIONES DE RSU:

Es muy importante en éste tipo de instalaciones, donde se manejan distintas clases de residuos en diferentes estados, la existencia de construcciones antiroedores.

Éstas son todas aquellas barreras estructurales que el hombre genera para impedir la proximidad de roedores y el ingreso de los mismos al interior de las instalaciones.

Se debe evitar todo posible acceso de roedores al interior de los depósitos o galpones, manteniendo los alrededores limpios, libres de malezas, pasto corto o materiales orgánicos.

Es importante reparar grietas y hendiduras con materiales rígidos resistentes a la acción de roedores (cemento con vidrio molido, latas o latones, cerámicos, etc). También colocar tapas en conductos de alcantarillado y sellar con mallas entradas de ventilación.

Las construcciones deben ser a prueba de roedores, es decir, de cimientos sólidos, se pueden colocar láminas de acero enterrada en el suelo, colocar escalones en las entradas de los edificios.

Si se detectan evidencias claras de roedores (presencia de heces frescas, roeduras), se debe eliminar todo lo que haya tenido contacto con los roedores, luego desinfectar y desratizar. También se puede colocar cebo para ratones en lugares de fácil acceso para estas especies (orillas, rendijas, pasadas de tuberías, madrigueras). Se deben pesquisar las posibles entradas de los roedores a los depósitos y proceder al sellado.

Es muy importante controlar el manejo de los residuos sólidos en una planta de clasificación y tratamiento de RSU, ya sea referido al material propiamente dicho, como así también lo referido al personal que está en contacto con los desechos.

Por lo tanto, las medidas generales para evitar la contaminación con los roedores en trabajadores de limpieza y recolección de residuos son las siguientes:

- El personal de limpieza debe vestir, ropa impermeable que cubra todo el cuerpo: botas de goma y guantes de goma o plástico grueso.
- No exponer los brazos y usar antiparras protectoras y una protección respiratoria adecuada, si la actividad implica la vehiculización de abundante polvo.
- Es conveniente humedecer las superficies secas, basuras, etc. para evitar que las partículas se dispersen con el aire.
- La vestimenta de protección del personal debe ser descontaminada luego de su uso y una vez finalizada la jornada de trabajo, sumergiéndolas en solución de lavandina. La ropa no debe ser sacudida.

- Antes de sacarse los guantes, deben lavarse las manos con los guantes puestos con lavandina y luego con agua y jabón. Luego, se deben lavar sus manos con abundante agua y jabón.

Es conveniente colocar los materiales recuperados en tarimas o contenedores elevados a unos 30 cm del suelo y con movimiento periódico. Se debe evitar que se desparramen residuos orgánicos durante el traslado de los mismos hacia la playa de desactivación.

También, se deben limpiar perfectamente los carros o contenedores que contengan este tipo de residuos, para evitar la proliferación de roedores, moscas y todo tipo de insectos.

Hay que mantener desmalezados y con el pasto cortado los alrededores de los depósitos, predios y jardines. También, eliminar todo tipo de objetos que puedan servir como sitios para anidar. Deberá evitarse la existencia de galpones o depósitos en malas condiciones higiénicas o con excesiva acumulación de residuos sin la adecuada protección, en especial en depósitos de almacenamiento de papel y/o restos orgánicos.

Por lo tanto, en relación a los métodos y técnicas que se utilizan en el control de los roedores, se observa que la desratización, tiene como objetivo el control de los mismos (ratas y ratones) dentro y fuera de las instalaciones y se fundamenta en la prevención, impidiendo que los roedores penetren, vivan o proliferen en los locales o instalaciones.

Los procedimientos utilizados pueden ser sintetizados de la siguiente forma:

→ Control Directo:

- Métodos químicos: repelentes, cebos, tóxicos, fumigantes, quimioesterilizantes, atrayentes.
- Métodos físicos: trampas, ultrasonidos y uso de energía.
- Métodos biológicos: bacterias, depredadores.

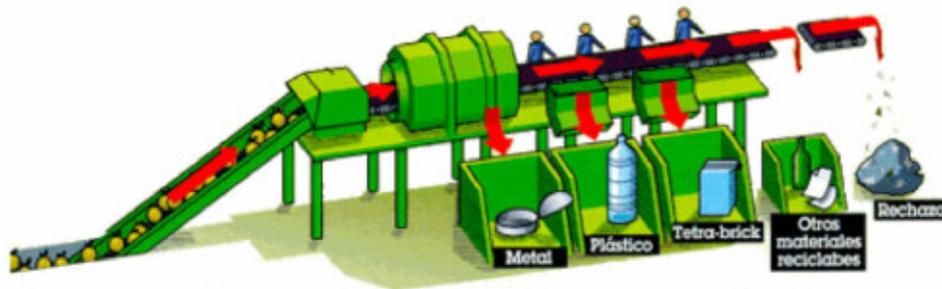
→ Control Indirecto:

- Manejo del medio ambiente: construcciones adecuadas (antiroedores), prácticas sanitarias, evacuación controlada de los residuos.
- Prácticas culturales: eliminación de basuras, control de madrigueras, control de acceso con bloqueos a las entradas de instalaciones y locales, impedir el acceso a fuentes de agua.

#### **8-4-9. EQUIPAMIENTO NECESARIO**

El equipamiento necesario para el funcionamiento de la planta de clasificación y tratamiento de residuos sólidos urbanos es básicamente el mismo en los tres módulos. Esto es así, debido a que el equipo inicial para poner en marcha la planta requiere de una instalación mínima que sirve también para las etapas posteriores de operación.

Se hacen algunas incorporaciones, como por ejemplo, el desgarrador de bolsas que aumenta notablemente la eficiencia, sin necesidad de incrementar de manera notoria el número de empleados.



→ **PRIMER MÓDULO:** 25 ton / día

- TOLVA DE RECEPCIÓN
- CINTA TRANSPORTADORA DE ALIMENTACIÓN
- CINTA TRANSPORTADORA DE CLASIFICACIÓN
- CINTA TRANSPORTADORA DE ORGÁNICOS
- CARROS VOLCADORES
- PRENSA VERTICAL PARA PLASTICOS/ CARTON/ LATAS
- PRENSA HORIZONTAL PARA ENVASES Y LATAS
- SISTEMA DE MOLIENDA DE ORGANICOS
- ZARANDAS
- MINICARGADOR

→ **SEGUNDO MÓDULO:** 50 ton / día

En el segundo módulo, la forma de operar en la planta de separación y tratamiento de RSU, es la misma que en el primer módulo. Se cuenta con un equipamiento similar al módulo anterior con la incorporación del **desgarrador de bolsas**, que mejora el rendimiento de las operaciones.

Se debe tener en cuenta el incremento en la cantidad de personal necesario en la planta de clasificación, que debido a la presencia del desgarrador de bolsas, no es muy elevado, ya que el mismo permite aumentar la eficiencia de las tareas.

- TOLVA DE RECEPCIÓN
- DESGARRADOR DE BOLSAS
- CINTA TRANSPORTADORA DE ALIMENTACIÓN
- CINTA TRANSPORTADORA DE CLASIFICACIÓN
- CINTA TRANSPORTADORA DE ORGÁNICOS
- CARROS VOLCADORES
- PRENSA VERTICAL PARA PLÁSTICOS/ CARTÓN/ LATAS
- PRENSA HORIZONTAL PARA ENVASES Y LATAS
- SISTEMA DE MOLIENDA DE ORGÁNICOS
- ZARANDAS
- MINICARGADOR

→ **TERCER MÓDULO:** 90 ton / día

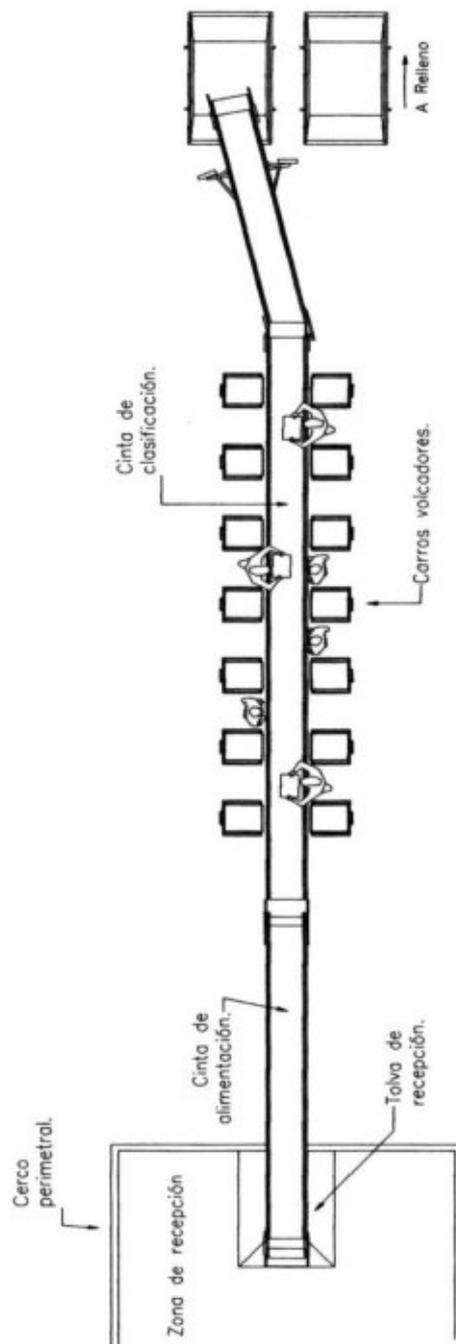
En el tercer módulo, la forma de operar en la planta de separación y tratamiento de RSU, es de la misma manera que en los módulos anteriores.

Se cuenta con el mismo equipamiento que en el segundo módulo, y además se incorpora un **autoelevador**. Se debe considerar un incremento en la cantidad de personal necesario en la planta de clasificación, debido a que en éste módulo se está operando con una capacidad de 90 ton / día de residuos sólidos urbanos.

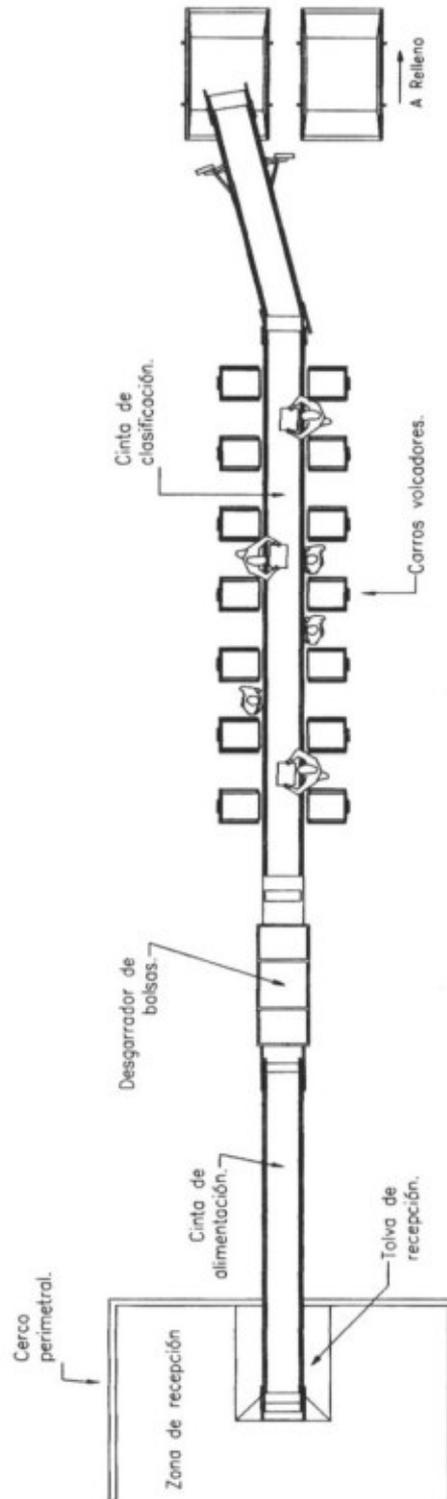
- TOLVA DE RECEPCIÓN
- DESGARRADOR DE BOLSAS
- CINTA TRANSPORTADORA DE ALIMENTACIÓN
- CINTA TRANSPORTADORA DE CLASIFICACIÓN
- CINTA TRANSPORTADORA DE ORGÁNICOS
- CARROS VOLCADORES
- PRENSA VERTICAL PARA PLÁSTICOS/ CARTÓN/ LATAS
- PRENSA HORIZONTAL PARA ENVASES Y LATAS
- SISTEMA DE MOLIENDA DE ORGÁNICOS
- ZARANDAS
- MINICARGADOR
- AUTOELEVADOR

8-4-10. ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO PLANTA DE CLASIFICACIÓN RSU

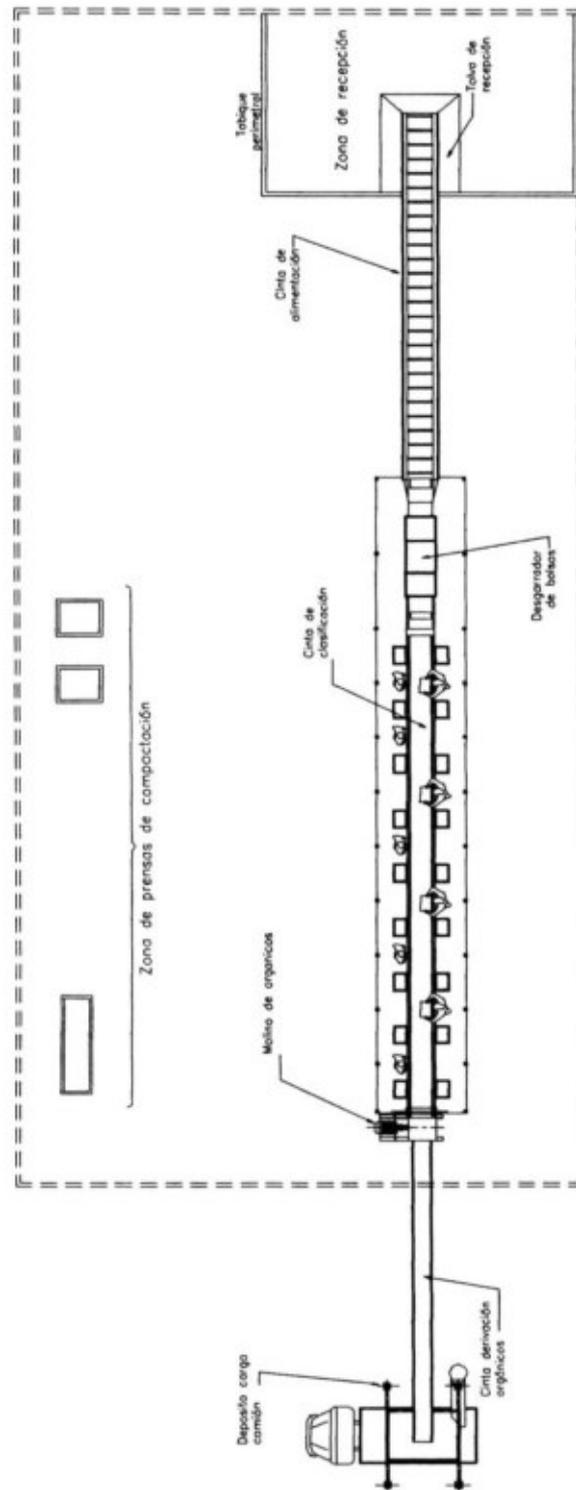
→ **PRIMER MÓDULO: 25 ton / día**



→ **SEGUNDO MÓDULO: 50 ton / día**



→ TERCER MÓDULO: 90 ton / día



8-4-11. COSTOS OPERATIVOS PLANTA DE CLASIFICACIÓN RSU

→ **COSTOS OPERARIOS Y ENERGÍA PRIMER MODULO**

**COSTO TOTAL OPERARIOS / MES PARA PLANTA DE CLASIFICACIÓN DE RSU**

Designación del Área de trabajo	Cant. de operarios	Horas x turno	Turnos x semana	Horas x semana	Horas x mes	Costos Unitarios	Costos Totales
Área de recepción de RSU	1	8	6	48	208,32	\$ 6,00	1249,92
Área de clasificación	4	8	6	192	833,28	\$ 6,00	4999,68
Área de recuperación de residuos inorgánicos	2	8	6	96	416,64	\$ 6,00	2499,84
Área de separación de mayores	1	8	6	48	208,32	\$ 6,00	1249,92
Área de procesamiento de residuos orgánicos y mayores	2	8	6	96	416,64	\$ 6,00	2499,84
Manejo de relleno	1	8	6	48	208,32	\$ 6,00	1249,92

<b>TOTALES</b>	<b>11</b>			<b>528</b>	<b>2291,52</b>		<b>13749,12</b>
----------------	-----------	--	--	------------	----------------	--	-----------------

**COSTO TOTAL ENERGÍA / MES PARA PLANTA DE CLASIFICACIÓN DE RSU**

Área de trabajo	Equipamiento	Potencia Inst. kw	Horas x mes	kw h / mes consumidos	Costos \$/ kw	Costos Totales
Área de recepción de RSU	tolva de recepción	4,04	208,32	841,61	\$ 0,15	126,24
	cinta transportadora					
Área de clasificación	cinta transportadora de clasificación	2,20	208,32	458,30	\$ 0,15	68,75
Área de recuperación de inorgánicos	prensa papel, cartón, latas	5,52	208,32	1149,93	\$ 0,15	172,49
	prensa p/envases	4,04	208,32	841,61	\$ 0,15	126,24
Área de proces. de residuos orgánicos y mayores	molino orgánicos	36,75	208,32	7655,76	\$ 0,15	1148,36
	zaranda	2,94	208,32	612,46	\$ 0,15	91,87
	máquina chipeadora	44,10	208,32	9186,91	\$ 0,15	1378,03

<b>TOTALES</b>		<b>99,59</b>		<b>20749,59</b>		<b>3111,98</b>
----------------	--	--------------	--	-----------------	--	----------------

→ **CUADRO RESUMEN COSTOS OPERATIVOS PRIMER MODULO**

- **RSU TOTAL: 91,60 ton / día**

<b>DESIGNACION</b>	<b>UNIDADES</b>	<b>COSTOS x MES</b>
Energía Eléctrica	20749,59 Kw h	\$ 3111,98
Horas Máquina	416 HM	\$ 10400,00
Combustible	4576 lts / mes	\$ 6406,40
Mantenimiento	global	\$ 1500,00
Seguro Instalación	global	\$ 1000,00
Elementos de seguridad	2%	\$ 448,37
Personal Administrativo	3%	\$ 672,55
Personal de Supervisión	5%	\$ 1120,92
Mano de Obra	2291,52 HH	\$ 13749,12

<b>TOTAL</b>	<b>\$ 38409,34</b>
--------------	--------------------

<b>COSTO OPERATIVO</b>	<b>\$ / ton 16,13</b>
------------------------	-----------------------

→ **COSTOS OPERARIOS Y ENERGÍA SEGUNDO MODULO**

**COSTO TOTAL OPERARIOS / MES PARA PLANTA DE CLASIFICACIÓN DE RSU**

Designación del Área de trabajo	Cant. de operarios	Horas x turno	Turnos x semana	Horas x semana	Horas x mes	Costos Unitarios	Costos Totales
Área de recepción de RSU	1	8	6	48	208,32	\$ 6,00	1249,92
Área de clasificación	6	8	6	288	1249,92	\$ 6,00	7499,52
Área de recuperación de residuos inorgánicos	6	8	6	288	1249,92	\$ 6,00	7499,52
Área de separación de mayores	2	8	6	96	416,64	\$ 6,00	2499,84
Área de procesamiento de residuos orgánicos y mayores	3	8	6	144	624,96	\$ 6,00	3749,76
Manejo de relleno	2	8	6	96	416,64	\$ 6,00	2499,84

<b>TOTALES</b>	<b>20</b>			<b>960</b>	<b>4166,40</b>		<b>24998,40</b>
----------------	-----------	--	--	------------	----------------	--	-----------------

**COSTO TOTAL ENERGÍA / MES PARA PLANTA DE CLASIFICACIÓN DE RSU**

Área de trabajo	Equipamiento	Potencia Inst. kw	Horas x mes	kw h / mes consumidos	Costos \$/ kw	Costos Totales
Área de recepción de RSU	tolva de recepción	4,04	208,32	841,61	\$ 0,15	126,24
	cinta transportadora desgarrador de bolsas	14,70	208,32	3062,30	\$ 0,15	459,35
Área de clasificación	cinta para desgarrador	1,47	208,32	306,23	\$ 0,15	45,93
	cinta transp. de clasific.	2,20	208,32	458,30	\$ 0,15	68,75
Área de recuperación de inorgánicos	prensa papel, cartón, latas	5,52	208,32	1149,93	\$ 0,15	172,49
	prensa p/envases	4,04	208,32	841,61	\$ 0,15	126,24
Área de proces. de residuos orgánicos y mayores	molino orgánicos	36,75	208,32	7655,76	\$ 0,15	1148,36
	zaranda	2,94	208,32	612,46	\$ 0,15	91,87
	máquina chipeadora	44,10	208,32	9186,91	\$ 0,15	1378,03

<b>TOTALES</b>		<b>115,76</b>		<b>24115,12</b>		<b>3617,26</b>
----------------	--	---------------	--	-----------------	--	----------------

→ **CUADRO RESUMEN COSTOS OPERATIVOS SEGUNDO MODULO**

- **RSU TOTAL: 119,18 ton / día**

<b>DESIGNACION</b>	<b>UNIDADES</b>	<b>COSTOS x MES</b>
Energía Eléctrica	24115,12 Kw h	\$ 3617,26
Horas Máquina	416 HM	\$ 10400,00
Combustible	4576 lts / mes	\$ 6406,40
Mantenimiento	global	\$ 1500,00
Seguro Instalación	global	\$ 1000,00
Elementos de seguridad	2%	\$ 458,47
Personal Administrativo	3%	\$ 687,71
Personal de Supervisión	5%	\$ 1146,18
Mano de Obra	4166,40 HH	\$ 24998,40

<b>TOTAL</b>	<b>\$ 50214,43</b>
--------------	--------------------

<b>COSTO OPERATIVO</b>	<b>\$ / ton 16,20</b>
------------------------	-----------------------

→ **COSTOS OPERARIOS Y ENERGÍA TERCER MODULO**

**COSTO TOTAL OPERARIOS / MES PARA PLANTA DE CLASIFICACIÓN DE RSU**

Designación del Área de trabajo	Cant. de operarios	Horas x turno	Turnos x semana	Horas x semana	Horas x mes	Costos Unitarios	Costos Totales
Área de recepción de RSU	2	8	6	96	416,64	\$ 6,00	2499,84
Área de clasificación	9	8	6	432	1874,88	\$ 6,00	11249,28
Área de recuperación de residuos inorgánicos	8	8	6	384	1666,56	\$ 6,00	9999,36
Área de separación de mayores	2	8	6	96	416,64	\$ 6,00	2499,84
Área de procesamiento de residuos orgánicos y mayores	3	8	6	144	624,96	\$ 6,00	3749,76
Manejo de relleno	3	8	6	144	624,96	\$ 6,00	3749,76

<b>TOTALES</b>	<b>27</b>			<b>1296</b>	<b>5624,64</b>		<b>33747,84</b>
----------------	-----------	--	--	-------------	----------------	--	-----------------

**COSTO TOTAL ENERGÍA / MES PARA PLANTA DE CLASIFICACIÓN DE RSU**

Área de trabajo	Equipamiento	Potencia Inst. kw	Horas x mes	kw h / mes consumidos	Costos \$/ kw	Costos Totales
Área de recepción de RSU	tolva de recepción	4,04	208,32	841,61	\$ 0,15	126,24
	cinta transportadora desgarrador de bolsas	14,70	208,32	3062,30	\$ 0,15	459,35
Área de clasificación	cinta para desgarrador	1,47	208,32	306,23	\$ 0,15	45,93
	cinta transp. de clasific.	2,20	208,32	458,30	\$ 0,15	68,75
Área de recuperación de inorgánicos	prensa papel, cartón, latas	5,52	208,32	1149,93	\$ 0,15	172,49
	prensa p/envases	4,04	208,32	841,61	\$ 0,15	126,24
Área de proces. de residuos orgánicos y mayores	molino orgánicos	36,75	208,32	7655,76	\$ 0,15	1148,36
	zaranda	2,94	208,32	612,46	\$ 0,15	91,87
	máquina chipeadora	44,10	208,32	9186,91	\$ 0,15	1378,03

<b>TOTALES</b>		<b>115,76</b>		<b>24115,12</b>		<b>3617,26</b>
----------------	--	---------------	--	-----------------	--	----------------

→ **CUADRO RESUMEN COSTOS OPERATIVOS TERCER MODULO**

- **RSU TOTAL: 160 ton / día**

<b>DESIGNACION</b>	<b>UNIDADES</b>	<b>COSTOS x MES</b>
Energía Eléctrica	24115,12 Kw h	\$ 3617,26
Horas Máquina	624 HM	\$ 15600,00
Combustible	6864 lts / mes	\$ 9609,60
Mantenimiento	global	\$ 1500,00
Seguro Instalación	global	\$ 1000,00
Elementos de seguridad	2%	\$ 626,54
Personal Administrativo	3%	\$ 939,81
Personal de Supervisión	5%	\$ 1566,34
Mano de Obra	5624,64 HH	\$ 33747,84

<b>TOTAL</b>	<b>\$ 68207,39</b>
--------------	--------------------

<b>COSTO OPERATIVO</b>	<b>\$ / ton 16,40</b>
------------------------	-----------------------

8-4-12. ORDEN DE INVERSIÓN TOTAL

El orden de inversión total de la planta de tratamiento de RSU, se estima en aproximadamente \$ 852.500,00. Éste valor permitirá delinear la factibilidad del proyecto y dar una idea de los porcentajes de inversión que se necesitarán en cada uno de los módulos.

**1- Obra Civil** **\$ 300.000,00**

- Terreno aprox. 10 has.
- Caminos de circulación
- Cerco perimetral
- Galpón de 800 m<sup>2</sup>
- Boxes p/ mat. recup.
- Instalaciones sanitarias
- Cabina de seguridad
- Oficinas

**2- Equipamiento para tratamiento** **\$ 307.500,00**

- Balanza y Tolva receptora
- Cinta elevadora
- Desgarrador de bolsas
- Cinta clasificación de residuos
- Carros transportadores
- Molino triturador de orgánicos
- Chipeadora p/ residuos mayores
- Zaranda de clasificación
- Prensa para papel, cartón y latas
- Prensa multipropósito
- Triturador de vidrio

**3- Máquinas y equipos** **\$ 180.000,00**

- Mini-cargador
- Autoelevador
- Camión volcador
- Tractor c/ pala cargadora

**4- Servicios auxiliares** **\$ 65.000,00**

- Energía eléctrica
- Agua fría y caliente
- Desagües cloacales
- Gas

**Total Orden de Inversión** **\$ 852.500,00**

Para determinar el orden de inversión de cada uno de los módulos en los que está organizada ésta planta de clasificación de residuos sólidos, es necesario tener presentes todos los ítems que integran la inversión inicial del proyecto.

Identificar cada uno de los componentes que se suman al equipamiento e infraestructura originarios, sirve para valorizarlos y poder insertarlos dentro de un plan de inversiones. Esto es muy importante cuando se cuenta con un plan progresivo con expansión a futuro.

Por lo tanto, en este caso, se debe tener en cuenta que en el **primer módulo** se hace una inversión inicial mayoritaria, del orden del 85%, aunque esto genere *costos muertos e improductivos*, debido a que son necesarios para las etapas siguientes. En el **segundo módulo** de la planta de tratamiento de RSU, se considera un orden de inversión del 8% correspondiente al equipamiento que se incorpora, es decir al desgarrador de bolsas, debido a que varios ítems ya fueron considerados en el módulo anterior.

Para determinar el orden de inversión del **tercer módulo** de la planta de tratamiento, se consideran los valores que corresponden al elemento que se incorpora que es un autoelevador, que oscila en el 5% de la inversión total. El resto de los componentes de la planta ya fueron considerados, debido a que la mayor inversión de equipamiento e infraestructura se hizo en los módulos anteriores.

Cabe destacar que los costos anteriores se refieren a valores de mercado, obtenidos de proyectos “llave en mano”, dando por lo tanto costos de máxima.

Además, la inversión que debe realizarse para llevar adelante el proyecto total de la planta de clasificación y tratamiento de RSU, puede hacerse en etapas conforme a cómo avanza el plan de recuperación de residuos planteado en módulos.

Es importante considerar la planificación y el financiamiento de inversiones público-privadas, que requieren de la concertación y participación de los distintos actores involucrados directa o indirectamente en el desarrollo del proyecto.

→ IMÁGENES PLANTA DE TRATAMIENTO DE RSU



**1- Instalación Planta de Tratamiento:** cintas de alimentación, transportadoras, plataforma elevada con carros volcadores.



**2- Operación en Planta de Tratamiento:** residuos en cintas transportadoras.



**3- Operarios en Planta de Tratamiento:** personal clasificando residuos en la cinta transportadora, con adecuados elementos de protección.



**4- Vista Planta de Tratamiento:** galpón con cerramiento lateral y cubierta metálica, cinta de alimentación, plataforma elevada.

## **CAPÍTULO 9: DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS**

### **9-1- GENERALIDADES**

La disposición final de los residuos sólidos urbanos, es la última etapa del proceso que siguen éstos a partir de su generación.

La eliminación segura y confiable a largo plazo de los residuos sólidos urbanos en uno de los componentes más importantes de la gestión integral de residuos. En la mayoría de las ciudades, la planificación para la disposición final de los residuos sólidos, implica tratar con distintos tipos de organismos.

Se observa que existen varias formas de disposición final de residuos sólidos urbanos en forma controlada. Pueden ser **incinerados**, con o sin aprovechamiento del calor producido para generar energía. También, pueden ser descompuestos bajo condiciones controladas obteniéndose un producto reutilizable como carga orgánica o abono de suelos, es decir **“compost”**.

Estos métodos, en general, son utilizados en países o ciudades que tienen problemas de espacios disponibles o necesidad de enriquecer sus suelos con aportes orgánicos y minerales y en los que el costo no es un factor importante. Se puede presentar, también como alternativa la **clasificación y recuperación** previa de productos reutilizables.

También, se cuenta con otro método de disposición final, que presenta características diferentes, que es el **relleno sanitario y / o de seguridad**.

Es importante destacar que los sistemas que más se utilizan actualmente, a nivel mundial, para la disposición final de los residuos sólidos urbanos son:

- planta de incineración con y sin recuperación de energía
- vertedero controlado

En la selección de una técnica de disposición final de residuos sólidos urbanos, resulta muy importante adecuar el sistema adoptado a la realidad del medio ambiente donde se aplicará, teniendo en cuenta todas las características y requerimientos propias del lugar.

## 9-2- INCINERACIÓN

La incineración es el método de disposición final de residuos más antiguo y el más usado en algunos países de Europa, donde en muchos casos la falta de espacio y terrenos apropiados obligan a emplear dicho sistema.

Los objetivos principales de este tratamiento son la reducción de volumen y del peso de la masa, así como la transformación de la basura en materiales relativamente no combustibles, inodoros, homogéneos, de mejor aspecto y sin valor para el desarrollo de plagas y animales.

La incineración es un proceso de combustión completa de las basuras en la que interviene el proceso químico de oxidación con el oxígeno del aire, en la que éstas se convierten en productos gaseosos, calor y residuos sólidos. Es decir, es un proceso de combustión controlada que transforma las basuras en gases de combustión, escorias y cenizas.

Incinerar los residuos sólidos tiene dos aspectos positivos. En primer lugar, se reduce mucho el volumen de restos a almacenar porque, lógicamente, las cenizas que quedan ocupan mucho menos que la basura que es quemada y en segundo término, se obtiene energía que se puede aprovechar para diferentes usos.

Es recomendable quitar algunos de los componentes de la basura antes de incinerarlas, como por ejemplo, el vidrio debido a que si se funde, luego se hace difícil retirarlo del incinerador. También deben eliminarse los restos de alimentos que contienen demasiada humedad y hacen más difícil la incineración. Los materiales que mejor arden y más energía dan son el papel, los plásticos y los neumáticos.

La incineración de residuos sólidos urbanos puede realizarse con o sin la recuperación del calor generado en la combustión. Pero sin recuperación de calor no tiene sentido, salvo en determinados casos muy particulares. La dimensión mínima para que la instalación de incineración de este tipo de residuos con recuperación de energía salga adecuada se sitúa a partir de las 140-150 ton/día. El calor liberado puede ser aprovechado para la:

- Producción de energía eléctrica mediante vapor;
- Producción de vapor para su venta directa;
- Producción de agua caliente para calefacción.

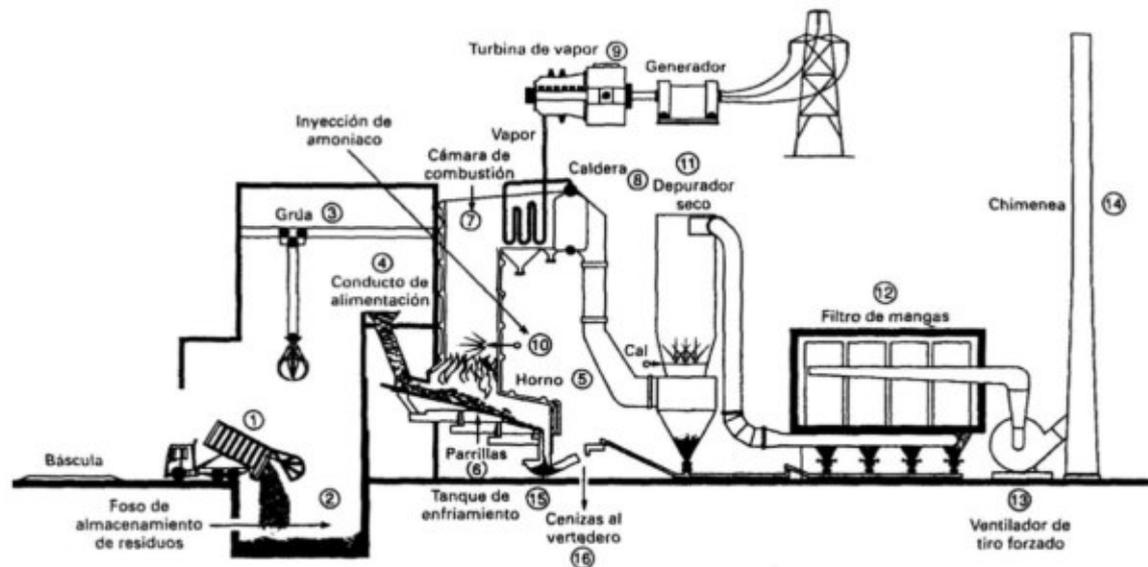
### 9-2-1. CARACTERÍSTICAS DE LA INCINERACIÓN

En la incineración de residuos se debe prestar especial atención a las condiciones de combustión, ya que una buena combustión se rige por la regla llamada de las "3 T": temperatura, tiempo de residencia y turbulencia. Estos parámetros generalmente se fijan en el momento de la concepción del horno. La mala regulación de uno de estos parámetros puede generar condiciones inadecuadas de funcionamiento.

Para la aplicación de este sistema de tratamiento, es necesario que los residuos posean un poder calorífico inferior, superior a las 1400 kcal/kg, a fin de asegurarse la autocombustión. En los incineradores de pequeña capacidad, hay que incorporar combustible adicional, que suele ser habitualmente fuel-oil o propano, aunque también se utiliza gas natural.

Los residuos urbanos son descargados en una fosa de almacenamiento temporal, en depresión atmosférica respecto al exterior para evitar la aparición de malos olores en las zonas próximas a la instalación. Posteriormente, son conducidas a un horno en donde se queman a una temperatura mínima de 850 °C, durante al menos 2 segundos, en presencia de un 6% de oxígeno.

Los elementos y equipos principales que conforman una incineradora de residuos sólidos urbanos (domiciliarios) son los siguientes:



El horno no sólo constituye el elemento soporte de la combustión (bien sea mediante parrillas o mediante horno rotativo), sino que también, produce el avance de las basuras y su volteo, permitiendo la mezcla del aire primario con los residuos a fin de garantizar una buena mezcla del combustible y de los residuos.

En la zona del horno se pueden considerar tres fases:

- 1) Fase de secado: su duración depende del calor radiactivo existente, del grado de mezcla de la basura y de su aeración;
- 2) Fase de combustión propiamente;
- 3) Fase de terminación o postcombustión.

La cámara de postcombustión tiene como funciones principales:

- Permitir la mezcla íntima entre el aire y los gases parcialmente quemados, a fin de obtener una combustión completa.
- Por radiación, calentar y secar las basuras y permitir, por su gran inercia térmica, el mantenimiento de la temperatura necesaria para la correcta combustión de los gases.

Entre los tipos de hornos para residuos municipales se pueden señalar esencialmente:

- Hornos de parrilla (de avance, de rodillos, etc.)
- Hornos rotativos

En los gases de combustión de la incineración de residuos urbanos se pueden encontrar:

- Gases tales como el CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, N<sub>2</sub> y el oxígeno no utilizado en la combustión;
- Partículas de polvo más o menos finas cuya concentración antes de su depuración es del orden de 5 a 10 g/Nm<sup>3</sup>. Estas partículas de polvo están constituidas esencialmente por sales minerales o metálicas, y en ocasiones por partículas sin quemar;
- Gases procedentes de la composición de los residuos incinerados, principalmente se trata de cloro, ácido clorhídrico, óxidos de azufre y de nitrógeno, y de compuestos orgánicos sin quemar.

Otro de los puntos a resolver cuando se instala una incineradora es decidir donde se depositarán las cenizas que contienen elementos tóxicos. Normalmente esto se hace en vertederos controlados.

9-2-2. VENTAJAS E INCONVENIENTES

Las plantas de incineración de basuras presentan frente a otros sistemas de tratamiento de residuos urbanos las siguientes **ventajas**:

- Recuperar la energía térmica contenida en las basuras, obteniendo vapor y/o electricidad
- Reciclar del orden del 20% de los materiales quemados (escorias)
- Importante disminución del volumen de las basuras (= 90 %)
- Importante reducción del peso de las basuras (= 75 %)
- Costos operacionales moderados o bajos en el caso de incinerar con recuperación de energía
- Limitada utilización de terrenos
- Puede tratar cualquier tipo de residuo si su poder calorífico es adecuado
- Permite el reciclaje de los materiales férricos contenidos en las basuras
- Permite la reutilización de las escorias como material de construcción
- Las condiciones atmosféricas no afectan su funcionamiento

La técnica de la incineración, a excepción de cuando se usa en los residuos hospitalarios, **no es recomendable** para los países en vías de desarrollo, y menos aún para las pequeñas y medianas poblaciones, debido a las siguientes causas:

- No supone un sistema de disposición total, precisa un acondicionamiento para las escorias (si no son recicladas) y especialmente para las cenizas sólidas de depuración
- Alta inversión económica inicial
- Costos operacionales elevados en el caso de incinerar sin recuperación de energía
- Exposición a paros y roturas
- Limitada flexibilidad para adaptarse a variaciones estacionales de la generación de residuos, o necesidad de un sobredimensionamiento
- Necesita de sistemas de control y prevención para los gases de combustión
- Rechazo social grande
- Necesidad de un sistema de inertización y eliminación segura de las escorias finales procedentes de la combustión.
- En ocasiones se requiere de combustible auxiliar, ya que el poder calorífico de la basura es bajo y contiene mucha humedad.

A través del análisis del funcionamiento, requerimientos, ventajas y desventajas que presenta la incineración como método de disposición final de residuos sólidos urbanos, se pueden realizar las siguientes conclusiones que permitirán determinar si es posible su utilización o no.

La incineración no es un método de eliminación completo ya que exige un sistema complementario de tratamiento para los restos de la combustión, lo que se traduce en la existencia de un vertedero y de sistemas costosos de control de emisiones de gases.

Los aspectos medioambientales que causan mayor preocupación son las emisiones atmosféricas, ya que el proceso de incineración da lugar a un producto final que puede ser más tóxico que el residuo del que proviene. Los procesos de combustión a altas temperaturas transforman las sustancias iniciales de los residuos en productos de gran toxicidad, como el ácido clorhídrico, el dióxido de azufre, óxidos de Nitrógeno y otros muchos más peligrosos, como las dioxinas, provenientes de la combustión de materiales que contienen productos derivados del cloro (plásticos PVC y PCB). Provocan enfermedades en la piel, hígado y sistema inmunitario.

Existen además otros contaminantes, como los metales pesados, que no se destruyen en la incineración. Los metales de las latas, baterías, tintas, etc., (especialmente antimonio, arsénico, berilio, cadmio, plomo, mercurio...), pasan a las cenizas y a los gases emitidos a la atmósfera, para ser depositados posteriormente en zonas aledañas dando lugar a un riesgo importante cuando se depositan en áreas que están expuestas al contacto directo con personas.

Por lo tanto, debido a la heterogeneidad de los materiales a tratar y a los niveles de emisión impuestos por las normas legales, se ha obligado a desarrollar o adaptar tecnologías específicas para este proceso. Puede afirmarse que la incineración de residuos es la actividad que está sometida a los más exigentes límites de emisión a la atmósfera, y esto genera costos muy elevados.

Además es importante recalcar que la incineración es incompatible con el reciclaje porque muchos de los materiales que pueden ser reutilizados o reciclados son al mismo tiempo combustibles necesarios para el funcionamiento de la incineradora (plásticos, briks: residuos complejos, compuestos por capas de papel, polietileno de baja densidad y aluminio).

Los aspectos socioeconómicos influyen notoriamente en este tipo de cuestiones, y permiten concluir que para implementar la incineración se requieren elevadas inversiones, grandes costos de operación y en general se presenta una fuerte oposición popular.

Por lo tanto, luego del análisis anterior, es posible **desestimar la incineración** como método de disposición final de residuos sólidos urbanos debido a la numerosa cantidad de desventajas que presenta.

### 9-3- RELLENO SANITARIO

La definición de la American Society of Engineers, establece que el relleno sanitario es un “método para la disposición de basuras en el suelo sin detrimento del medio ambiente, sin causar molestias y peligros para la salud y seguridad pública, usando principios de ingeniería para confinar las basuras en un área lo más pequeña posible, a la vez que reduciendo el volumen que sea practicable y cubriendo las basuras así depositadas con una capa de tierra diariamente, al fin de la jornada o tan frecuentemente como sea necesario”.

Algunos conceptos que se desprenden de la definición anterior son los siguientes:

- Es un método de disposición final de residuos sólidos y, por lo tanto, debe ajustarse a **normas de diseño y operación**, requiere **control de ejecución** y un seguimiento para evitar efectos adversos sobre el medio, la salud y la seguridad pública.
- Usa principios de ingeniería para ejecutar los pasos básicos: confinamiento, reducción del volumen y cubrimiento con tierra. Por lo tanto se deben planear tanto la infraestructura, como los equipos a emplear, los sistemas de control, etc.
- Requiere una cubierta diaria de tierra o tan frecuente como sea necesaria. Este es uno de los más importantes aspectos en la operación del relleno sanitario para evitar problemas posteriores de contaminación de aguas subterráneas y superficiales.

Con frecuencia se suele denominar “Relleno Sanitario” a lugares donde los residuos se depositan a cielo abierto sin aplicar ninguna de las técnicas básicas que impone la tecnología. Esta situación, conduce a que la población adopte una incorrecta opinión negativa sobre proyectos de disposición final de residuos sólidos urbanos mediante este sistema.

El relleno sanitario es una obra de ingeniería que consiste en colocar los residuos en celdas o en capas compactadas, cubiertas con tierra, utilizando maquinaria pesada para la distribución y compactación. Al mismo tiempo se construyen obras adyacentes de control y monitoreo, como pozos de venteo, de observación del agua subterránea y fosa para el tratamiento de los lixiviados.

El relleno sanitario es un método de disposición final de residuos sólidos que **interactúa** con el medio ambiente.



El relleno sanitario es un sistema de **manejo** de residuos sobre **bases técnicas** donde hay **método** ajustado a normas de **diseño, operación y seguimiento**.

La tecnología del vertedero controlado centra su atención en contener todos los residuos, líquidos y gases resultantes como productos de su descomposición, de manera tal que puede prevenirse la contaminación del aire y del agua.

Las principales características que sirven para definir a un relleno sanitario o vertedero controlado son las siguientes:

- Control de los residuos que ingresan.
- Garantía de impermeabilidad de suelo.
- Alejamiento de corrientes subterráneas de agua.
- Recolección de líquidos contaminantes (lixiviados) y su tratamiento.
- Enterramiento y cubrición regular de los residuos.
- Extracción de gases.

Dentro de las ventajas del vertedero se pueden enumerar las siguientes:

- Tecnología sencilla y de bajos costos.
- Los costos de inversión y de explotación en la actualidad son inferiores a los de otros sistemas de disposición final.
- Es un método adaptable a los cambios que pueda experimentar la composición y cantidad de las basuras.
- Si se opera correctamente, el impacto ambiental es realmente tolerable.

Para hacer referencia a los inconvenientes que presenta el vertedero, se pueden citar los siguientes aspectos:

- Se desperdician los productos vertidos sino se aplica conjuntamente un programa de reciclaje.
- Es difícil encontrar lugares para emplazar un relleno sanitario, debido al rechazo social a la instalación de vertederos.
- Requiere grandes espacios y terrenos técnicamente aceptables.

- Los costos de transporte pueden ser significativos.
- Bajo las capas de cubrición pueden quedar enterrados residuos que nunca llegaran a descomponerse (latas, plásticos).
- Las condiciones climatológicas adversas pueden dificultar su buen funcionamiento.

Los residuos sólidos urbanos que pueden ser dispuestos mediante este método son los que provienen de:

- Domicilios particulares
- Comercios (asimilables a urbanos)
- Industrias (previo análisis)
- Vía Pública (poda, barrido de calles)
- Institucionales (oficinas, colegios, escuelas, clubes)
- Construcción

Es importante analizar en todos los casos, los residuos que se van a recepcionar de acuerdo a la naturaleza del material; como por ejemplo: papel, madera, plásticos, vidrio, cerámicas, piedras, arena, tierra, escombros, trapos, tejidos, gomas, cauchos, productos alimenticios, metales.

Se debe recalcar que éste método de disposición no es apto para residuos peligrosos como por ejemplo: tóxicos, explosivos, infecciosos, radiactivos, corrosivos, etc.

### **9-3-1. PRINCIPIOS BÁSICOS DEL RELLENO SANITARIO**

Los principios básicos que definen el buen funcionamiento de un relleno sanitario son la elección del **emplazamiento** y la determinación de los **estudios previos** del sitio, necesarios para definir sus condiciones.

#### → **EMPLAZAMIENTO**

Para poder llevar a cabo la disposición final de los residuos sólidos urbanos mediante el método de Relleno Sanitario, la selección del terreno adecuado para su ejecución es uno de las etapas más importantes que preceden a la elaboración del proyecto.

Al evaluar un sitio, los factores a considerar están relacionados con la salud, accesibilidad, seguridad, tipo de suelo y capacidad de drenaje, proximidad a aguas subterráneas y superficiales, zonificación catastral, distancias de las áreas generadoras de residuos, etc.

Hay que tener presente que en muy pocas ocasiones, un terreno reunirá las condiciones ideales del sitio para la construcción de un relleno sanitario. Por lo tanto, se deben clasificar aquellos que presenten buenas características, analizando sus inconvenientes en función de los recursos técnicos y económicos disponibles.

Por lo tanto, para determinar si el área puede ser utilizada con el fin de disponer los residuos con este sistema, requiere hacer un análisis que contemple los siguientes aspectos:

#### ✓ **Ubicación**

Un relleno sanitario puede ejecutarse sin inconvenientes en sectores aledaños a zonas urbanizadas, pero para que esto sea posible hay que mantener un nivel operativo de alta calidad. Se debe tener muy en cuenta, la aceptación pública para la ubicación de un relleno sanitario. La distancia desde la población servida al lugar de disposición resulta un factor decisivo por la incidencia de los costos de transporte. Por ello las opciones entre los predios seleccionados deberán estudiarse cuidadosamente comparando las rutas de acceso, estado de las mismas y rapidez de circulación. Así mismo el uso de camiones recolectores de gran capacidad de carga redundará en economía para distancias largas pero puede presentar problemas de operación en las zonas de recolección y de acceso al relleno donde serán imprescindibles caminos interiores firmes. La distancia máxima a la ciudad está establecida en 15 km.

✓ **Accesos**

Para la ubicación del terreno se debe tener en cuenta la existencia de caminos de acceso de manera que el arribo de los camiones que transportan los residuos no tengan inconvenientes en cualquier época del año.

✓ **Duración del Relleno**

Debe establecerse el lapso durante el que se pretende disponer los residuos en el área que se va seleccionar para, poder establecer la superficie de terreno necesaria. En muchos casos se plantea una situación inversa, es decir que, se cuenta con un terreno técnicamente en condiciones de ser utilizado para la realización de un relleno sanitario y el tiempo que se podrá usar para este fin es posible calcularlo conociendo la producción de residuos, compactación pretendida, altura y pendientes de proyecto, grado de asentamiento, etc.

✓ **Zonas de exclusión**

Se entenderá zona de exclusión cualquier zona, que por alguna característica, tanto humana, social, ecológica, política o económica no pueda ser considerada para la habilitación de un relleno sanitario. Los casos más típicos son los siguientes:

- Distancias mínimas: La distancia mínima del sitio de disposición a la residencia más cercana, pozo de suministro de agua, fuente de agua potable, hotel, restaurante, procesador de alimentos, colegios, iglesias o parques públicos debe ser a lo mínimo de 300 metros (o el equivalente indicado por la regulación).
- Distancias a aeropuertos: La distancia entre el aeropuerto comercial y el punto seleccionado es importante si en el relleno sanitario van a recibirse residuos de alimentos (tanto domiciliarios como de algún proceso industrial), pues estos pueden atraer pájaros en un radio de varios km. Si la operación del residuo es apropiada el problema puede ser aminorado. Se recomiendan distancias de 8 km., sin embargo, este valor puede ser reducido si es justificado.
- Distancias a cursos de agua superficial: La distancia entre la carga de los residuos y el curso de agua superficial más cercano debe ser a lo mínimo de 100m (o el equivalente a la regulación correspondiente). Este parámetro dependerá fundamentalmente de las condiciones hidrogeológicas del sitio.
- Distancias a áreas inestables: El sitio seleccionado debe estar a un mínimo de 100 m de áreas inestables (por ejemplo área de derrumbes) para asegurar la estabilidad estructural del sitio.
- Distancias a áreas de exclusión: El sitio debe estar localizado fuera de los límites de cualquiera área de exclusión delimitada por la autoridad correspondiente.

✓ **Material de cubierta**

Cualquiera sea el tipo de relleno sanitario que se construya, es indispensable contar con material de recubrimiento, el cual es conveniente que provenga del mismo sitio en que se efectúa el relleno.

Es importante tener presente que el tipo de suelo que se elija es fundamental para lograr que el material de recubrimiento conduzca a un sello hermético. Además, de la geología del terreno dependerá la facilidad de la excavación y la obtención de material adecuado en cantidad y calidad.

Cuando no sea factible la obtención in situ del material de cobertura, se deberá prever la facilidad de conseguir tierra por ejemplo de préstamos de zonas cercanas. Éstos aspectos son de consideración obligatoria en cuanto son determinantes para la elección o no del terreno.

✓ **Uso del terreno**

El uso actual y las alternativas para el uso del relleno terminado pueden determinar la selección del lugar, la valorización que se pueda dar a un área mediante un relleno sanitario terminado, puede llegar a solventar el costo total de las mejoras y de operación.

✓ **Drenaje**

Es muy importante estudiar el terreno y hacer los trabajos de manera tal que se produzca el drenaje natural del agua de lluvia, y que el relleno sanitario no intercepte alguna capa de agua subterránea. Un mal proyecto de drenaje puede dificultar la operación del sistema.

La topografía y el drenaje del lugar deben ser analizados para evitar que corrientes de aguas de lluvia causen erosión en el material de recubrimiento del relleno sanitario y dejen residuos expuestos a la intemperie, prevenir inundaciones del lugar y formación de charcos en el sitio mismo del relleno o en zonas adyacentes a él.

→ ESTUDIOS PREVIOS

Una vez que se preseleccionaron las posibles áreas de localización del Relleno Sanitario, es necesario efectuar una serie de estudios previos a efectos de completar los datos preliminares que son imprescindibles para encarar la planificación de este método de disposición final, como lo requiere todo **Proyecto de Ingeniería**.

Por lo tanto, un paso importante en la elección de la localización de un relleno sanitario, será llevar a cabo una caracterización de los sitios propuestos, la cual se compone de dos etapas:

- 1- Consiste en reunir toda la información disponible acerca del lugar en cuestión.
- 2- Corresponde a la investigación de campo, geológica e hidrológica.

Es necesario obtener distintos tipos de datos, los cuales pueden ser agrupados de la siguiente manera para una mejor planificación de la tarea a realizar:

✓ **Legislación Vigente**

Es necesario obtener información y recopilar leyes, decretos, ordenanzas, reglamentaciones y toda legislación relacionada con temas tales como:

- Gestión de residuos sólidos en toda sus etapas
- Protección del medio ambiente: aire, agua, suelo
- Normas para la construcción, instalación y equipamientos industriales
- Ordenamiento territorial y uso del suelo.

✓ **Datos Estadísticos**

La búsqueda de información debe referirse a las características del área de estudio en todo lo referente a la generación de residuos sólidos: cantidad de habitantes y la tasa de crecimiento prevista. Con éstos datos es posible conocer la cantidad de residuos que ingresarán, y establecer la capacidad necesaria o tiempo de duración del terreno a seleccionar. La frecuencia de ingreso de los vehículos recolectores durante la jornada, al Relleno Sanitario permitirá prever las horas pico de ingreso de los mismos. El conocimiento de las actividades principales que se desarrollan en la zona, es una información que permite saber las características de los residuos.

### ✓ **Datos Climáticos**

La información y datos sobre las condiciones climáticas que afectan el relleno sanitario y las áreas circundantes deben conocerse, dado que todas ellas tienen una influencia marcada en este método de disposición final de residuos.

Las características climatológicas de importancia incluyen la intensidad y dirección de los vientos predominantes, precipitaciones pluviales, temperaturas medias y máximas, evapotranspiración, etc.

Conocer la intensidad y dirección de los vientos predominantes es importante para prevenir la posibilidad de problemas potenciales relacionados con el olor, polvo y residuos livianos que pueden ser dispersados por el viento.

La precipitación pluvial siempre fue uno de los inconvenientes máximos en todo relleno sanitario. La evapotranspiración tiene influencia al considerar la generación de lixiviado como así mismo en la necesidad de mantener una humedad aceptable para el desarrollo de la vegetación en la cobertura del relleno sanitario. La temperatura mensual promedio, variaciones de las mismas y valores de temperaturas límites para distintas épocas del año deben ser conocidas. Las temperaturas altas originan que los residuos comiencen su proceso de degradación biológica más rápido; por otro lado bajas temperaturas lo retrasan.

### ✓ **Estudio Hidráulico**

La ejecución de un Relleno Sanitario, genera modificaciones en la topografía del terreno. Esta situación debe analizarse en el proyecto, teniendo en cuenta la situación actual y la futura de la cuenca hídrica sobre la que influirá este emplazamiento.

Debe preverse un adecuado drenaje de las áreas que ocupará el Relleno Sanitario y las zonas aledañas, aguas arriba y aguas abajo del mismo. La pendiente del módulo, la cobertura y la vegetación a implantar en su superficie, es muy importante tenerlas en cuenta, para evitar que se produzca la erosión del mismo. Cuando el emplazamiento del Relleno Sanitario se realiza cercano a un curso de agua, se debe tener en cuenta las crecientes del mismo y obtener valores de los niveles de inundación con una recurrencia lo suficientemente amplia que permitan la construcción de los terraplenes perimetrales con una cota que impida el ingreso del agua al interior del módulo.

✓ **Hidrogeología**

Los Estudios Hidrogeológicos nos aportarán datos sobre las propiedades mecánicas y estructurales de los suelos, de la permeabilidad de los mismos; como así mismo de la ubicación, condiciones y escorrentía de las napas de agua subyacentes.

Con los datos obtenidos con estos estudios, se conocerán las propiedades del material para ser utilizado como soporte de los residuos, cobertura de los mismos, y basamento de los caminos y de las construcciones civiles.

✓ **Topografía y Planialtimetría**

Debe incluirse entre los estudios previos el relevamiento topográfico y planialtimétrico del terreno donde se emplazará el Relleno Sanitario. Con los datos planialtimétricos, se confeccionan los planos de curvas de nivel, y los cortes transversales del terreno, que permiten realizar el balance de suelos y saber si los volúmenes existentes cubren las necesidades de la obra.

✓ **Impacto Ambiental**

Toda alteración del ambiente producida por la intervención del hombre independientemente de la evolución natural del mismo, debe considerarse como un impacto ambiental. Por lo tanto, la ejecución de un Relleno Sanitario es un ejemplo de una alteración ambiental originada por el hombre y se requiere por consiguiente efectuar un análisis previo y evaluación del impacto que su ejecución ocasionará.

La modificación del medio ambiente puede ser: positiva (elevación de un terreno anegadizo), o negativa (producción de olores si la ejecución es incorrecta). Se puede presentar en forma: inmediata (circulación y trabajo de equipos, ruidos). y/o mediata (alteración del paisaje) y tener carácter de estables y/o temporales.

### **9-3-2. TIPOS DE RELLENOS SANITARIOS**

El diseño del relleno sanitario depende del método adoptado (trinchera, área o su combinación), de acuerdo con las condiciones topográficas del sitio, las características del suelo y la profundidad del nivel freático. Éstos factores determinarán la posibilidad o no de extraer la tierra de cobertura de la propia zona del relleno sanitario, siendo ésta la alternativa más económica.

Los tres métodos: relleno de área, de zanja o trinchera y combinado o rampa, tienen distintas técnicas de operación, pero similares. En los tres tipos de relleno sanitario se construyen celdas en donde se compacta y entierra los residuos sólidos que se reciben.

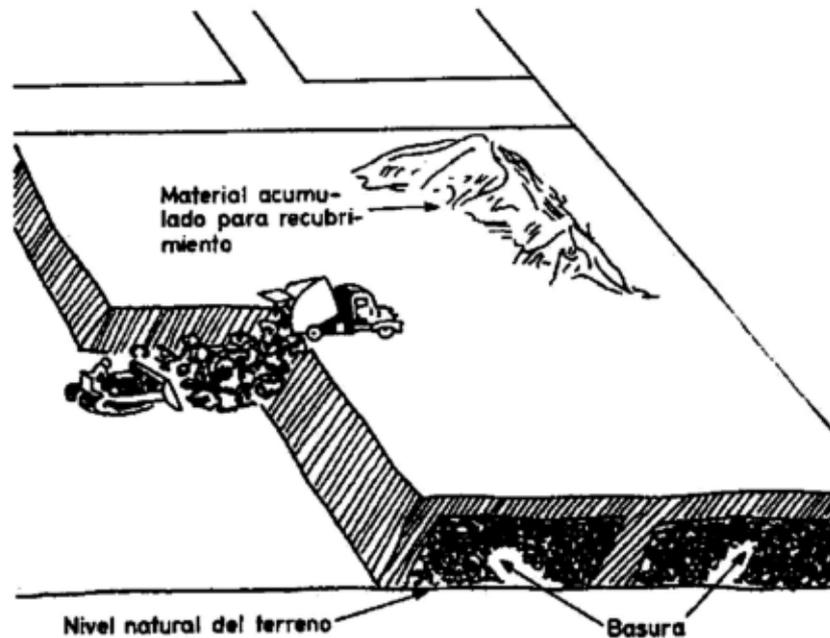
#### **✓ Relleno Sanitario Tipo Área.-**

El relleno de área normalmente se emplea cuando se dispone de terrenos con depresiones y hondonadas naturales y artificiales, canteras, pozos producidos por extracción de materiales (ripió, arena, arcilla), lugares pantanosos, terrenos adyacentes a los ríos u otros similares.

En áreas relativamente planas, donde no sea posible excavar fosas o trincheras para enterrar las basuras, éstas pueden depositarse directamente sobre el suelo original, elevando el nivel algunos metros. En estos casos, el material de cobertura deberá ser importado de otros sitios o, de ser posible, extraído de la capa superficial. En ambas condiciones, las primeras celdas se construyen estableciendo una pendiente suave para evitar deslizamientos y lograr una mayor estabilidad a medida que se eleva el terreno.

La operación de descarga y construcción de las celdas debe iniciarse desde el fondo hacia arriba.

Como el material de cobertura se extrae generalmente, de un lugar distinto al que constituirá la superficie soporte de relleno sanitario. En este caso es muy importante considerar la distancia para el transporte de material de cobertura.



*Relleno Sanitario Tipo Área*

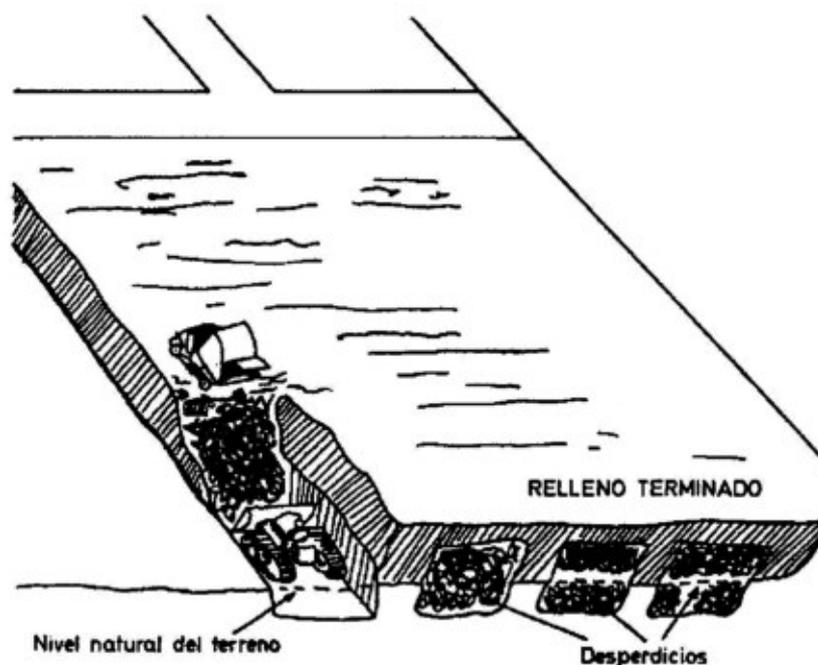
✓ **Relleno Sanitario Tipo Zanja o Trinchera.-**

Este tipo de relleno sanitario es probablemente uno de los más prácticos y apropiados, ya que su operación es sencilla y la escasez de material de recubrimiento no produce problemas siempre que el terreno para este sistema de disposición final sea convenientemente elegido.

Este método se utiliza en regiones planas y consiste en excavar periódicamente zanjas de dos a tres metros de profundidad, con el apoyo de una retroexcavadora o tractor oruga. La tierra que se extrae se coloca a un lado de la zanja para utilizarla como material de cobertura y para construir los terraplenes necesarios para la circulación interior.

Los desechos sólidos se depositan y acomodan dentro de la trinchera para luego compactarlos y cubrirlos con tierra. En este caso los residuos son volcados desde el lugar más alto hacia el fondo de la zanja, trabajando en capas delgadas para lograr una compactación uniforme.

La excavación de zanjas exige condiciones favorables tanto en lo que respecta a la profundidad del nivel freático como al tipo de suelo. Los terrenos con nivel freático alto o muy próximo a la superficie no son apropiados por el riesgo de contaminar el acuífero. Los terrenos rocosos tampoco lo son debido a las dificultades de excavación.



### ***Relleno Sanitario Tipo Zanja o Trinchera***

#### **✓ Relleno Sanitario Tipo Combinado o Rampa.-**

Las técnicas anteriores, se pueden combinar, logrando un mejor aprovechamiento del terreno del material de cobertura y rendimientos en la operación.

El relleno tipo combinado se opera en forma similar a los rellenos de área y zanja, pero los desperdicios descargados se extienden sobre una rampa, se apisonan y recubren diariamente con una capa de material de 0.15 m de espesor. La rampa debe tener una pendiente de 30 °.

Terminada la operación y alcanzado el nivel previsto, se recubre con una capa de tierra, o material similar, de 0.60 m de espesor. El método de rampa se utiliza en terrenos de declive moderado o en aquellos que tienen una capa delgada de material susceptible de ser usado para recubrimiento o como sello del relleno.

### 9-3-3. FACTORES DE DISEÑO

Los principales factores que se deben considerar y controlar para diseñar adecuadamente un relleno sanitario son los siguientes:

#### ✓ **Profundidad**

La profundidad del suelo es una variable que influye fuertemente en el diseño de los módulos para la disposición final. A mayor profundidad del suelo se logra un menor tamaño en superficie de los módulos del relleno sanitario a construir, con el consecuente ahorro de dinero. También es utilizada para calcular la disponibilidad de material de cobertura, que es necesario para aislar diariamente los residuos dispuestos del medio ambiente atmosférico, teniendo en consideración que cuanto mayor sea la profundidad de excavación, mayor será la disponibilidad de tierra. Los suelos deben ser relativamente impermeables con la napa freática a cierta profundidad para el enterramiento.

#### ✓ **Accesos controlados, zona perimetral de amortiguación y adecuados controles del medio ambiente.**

Los accesos a los rellenos sanitarios deben estar adecuadamente controlados; todos los sitios deben tener alambrado perimetral, ingresando los vehículos por una estación de pesaje a la entrada del predio. Se deja en todo el perímetro del relleno una zona de amortiguación totalmente arbolada como barrera estética entre el relleno y la vista del público. Una adecuada red interna de caminos permite el acceso de vehículos bajo cualquier condición climática asegurando la operatividad durante todo el año.

El aspecto más crítico para el diseño y el desarrollo es incluir medidas de control del medio ambiente adecuadas para proteger el sistema ecológico que lo rodea de posibles contaminaciones, cuyas características más destacables son:

- a) La construcción de un dique perimetral que asegura una buena barrera de protección entre el relleno con residuos y las aguas superficiales circundantes. Esto evita la salida de contaminantes y controla posibles inundaciones.
- b) La preparación especial del fondo del relleno con arcilla compactada y con film de material plástico, para crear una barrera impermeable entre el relleno y las napas de agua evitando su contaminación por el lixiviado que se genera. La pendiente adecuada del fondo (y en cierto caso la instalación de cañerías) para permitir la recolección de ese lixiviado y su tratamiento posterior.
- c) La instalación de un sistema para el control adecuado de gases.

### ✓ **Compactación**

Éste es uno de los aspectos más importantes que deben ser considerados en la ejecución de un relleno sanitario.

La densidad de los residuos sólidos al ser descargados de los camiones oscila entre valores de 300 kg / m<sup>3</sup> y 500 kg / m<sup>3</sup>, esto depende de la forma de realizar la recolección y transporte.

Con la utilización de compactadores y equipos pesados, se pretende obtener una densidad de 700 kg / m<sup>3</sup> durante la construcción del relleno sanitario. La compactación de los residuos sólidos depende de la presión ejercida y ésta es más efectiva cuanto menor espesor posea la capa de residuos.

Entonces, la compactación a realizar es función de los siguientes factores:

- Composición de los residuos sólidos, heterogeneidad.
- Presión ejercida por el sistema de rodamiento del equipo empleado (rueda, oruga) en contacto con los residuos sólidos.
- Capas de espesores no mayores de 0,60 m para mejor distribución y compactación.
- La inclinación de la superficie de trabajo de los equipos influye en el grado de compactación que se obtenga.
- El número de pasadas del equipo sobre los residuos distribuidos. Se debe destacar que con 4 o 5 pasadas se consigue un aumento óptimo de la densidad y un buen aprovechamiento del equipo. Mayor número de pasadas, no aumenta considerablemente la densidad.

### ✓ **Asentamientos**

A través de una adecuada compactación, se pueden minimizar los asentamientos que podrían producirse en la etapa de estabilización del relleno sanitario, asegurar el correcto funcionamiento de los drenajes de aguas de lluvia y aumentar el rendimiento.

Los valores de los asentamientos pueden estimarse del orden del 30% y el 50% de la altura neta de la capa de residuos. Es importante agregar que, el tiempo en que se produce el asentamiento es de 10 a 15 años, y en los primeros 5 años se observa el 90% del asentamiento total que se espera.

Los siguientes factores influyen en las magnitudes de los asentamientos:

- Grado de compactación
- Calidad de los residuos sólidos
- Condiciones climáticas
- Tipo de equipo empleado
- Proceso biológico que se desarrolla en el período de estabilización

✓ **Contenido de humedad**

Debe tenerse en cuenta que un alto contenido de humedad producido, en general, por las infiltraciones de agua de lluvia, conduce a la saturación. Por lo tanto, se debe minimizar el ingreso de agua a la masa de residuos, ya que además de producir contaminación, genera zonas de difícil estabilización.

✓ **Pendientes**

Las pendientes a utilizar deben ser compatibles con los equipos empleados en la ejecución del relleno sanitario y con la erosión que se genera sobre la capa de cobertura.

Se observa que una eficiente compactación se logra trabajando en pendientes 1:3, ya que valores superiores producen desgaste del equipo pesado y disminuye la energía de compactación. Pendientes menores facilitan la infiltración del agua de lluvia y capas de residuos de mayor espesor.

La superficie final debe tener una pendiente entre 2% y 3%, que es la misma que se le debe aplicar a la capa compactada de cobertura, para tener en cuenta el hecho de que una vez que se produzcan los asentamientos, la pendiente no sea inferior al 1%.

✓ **Permeabilidad de los suelos**

Éste aspecto está relacionado con la preservación del medio ambiente, ya que afecta no sólo al sitio destinado para relleno sanitario, sino también a las áreas adyacentes. Se deben tener en cuenta los valores de permeabilidad de los suelos, el coeficiente de permeabilidad (k) máximo aceptable del orden de  $10^{-7}$  cm / seg.

✓ **Cobertura Final**

La cobertura final sobre los residuos debe tener un espesor mínimo de 0,60 m, y el grado de compactación dependerá del material de cobertura a utilizar. Por lo general, se recomienda construir el manto en dos estratos, de la siguiente manera:

- Primer estrato: con material arcilloso para formar una superficie impermeable que impida la infiltración de aguas de lluvia.
- Segundo estrato: conviene hacerlo con humus vegetal, de manera de fijar la cobertura e impedir la erosión.

Es imprescindible contar con una provisión segura de la cantidad y calidad de cobertura necesaria. Además, de considerar la existencia de material de cobertura diaria y bajo cualquier condición climática.

#### 9-3-4. METODOLOGÍA OPERATIVA

Una vez realizado el pesaje, los vehículos son orientados a una zona específica de descarga en la cual, bajo la dirección del operador, descargan rápidamente y se retiran. Las maquinarias pesadas, como tractor oruga o compactadores, distribuyen los residuos en capas, compactándolos.

El procedimiento se repite diariamente, operado en áreas que se denominan **celdas**. Las celdas, donde se confinan las basuras, tienen las mismas características constructivas en todos los tipos de relleno. Una celda incluye los residuos sólidos depositados y el material de cobertura. Sus dimensiones y volumen varían en cada caso y dependen del área total del relleno, del volumen diario de residuos recibidos y de su tipo, del equipo mecánico empleado, material de cobertura, etc.

El alto de la celda debe ser inferior a 4 m entre capas intermedias y será como mínimo de 1,50 m, para evitar un excesivo gasto de material de cobertura en las capas intermedias.

El largo de la celda depende de las necesidades del proyecto y metodología de operación, pero su valor estará limitado por la cantidad de residuos a disponer diariamente.

El ancho de la celda está condicionado por el frente de trabajo necesario para el funcionamiento de los equipos mecánicos, la descarga de los equipos recolectores (en caso de descargar dentro de la misma zanja) y su circulación.

El conjunto de celdas conforma un **módulo**, es decir una superficie que constituye por sí sola una unidad de la obra, que una vez rellena la misma puede ser librada al uso de la población como unidad de esparcimiento activo y/o pasivo, mientras se completa el período de estabilización y se realizan los controles y monitoreos de gases, aguas subterráneas, asentamientos y lixiviados. Un módulo puede dividirse por razones operativas en **submódulos**, los cuales están limitados por caminos interiores.

La heterogeneidad de los materiales contenidos en las basuras, dificulta la obtención de una compactación óptima y uniforme en todos los sectores del relleno, a menos que se pueda realizar una homogeneización previa (molienda) de los desechos (ésta operación eleva el costo del relleno).

Por lo tanto, la forma más conveniente de obtener una eficiente compactación, es realizando la siguiente secuencia de operación:

- Es recomendable que los residuos no sean arrastrados para su distribución una distancia superior de 50 m.
- Se distribuyen los residuos en un frente de trabajo aproximadamente igual al ancho de la hoja topadora, dándoles una altura de 0.50 a 0.60 m.

- Se realiza dicho frente de trabajo con una contrapendiente de aprox. 30° y se opera el equipo de abajo hacia arriba, desparramando y compactando las basuras depositadas.
- Éstas pasadas del equipo son repetidas reiteradamente hasta lograr que se eliminen los huecos, se nivele la superficie y la misma no se deforme después del paso del equipo. El número de pasadas depende del peso del equipo mecánico y de la composición de las basuras.
- Se repite nuevamente esta secuencia con una nueva capa de basura.
- La terminación de la celda de basura compactada consiste en su recubrimiento con material de cobertura. Éste deberá poseer un espesor suficiente para tapar totalmente los residuos y rellenar las irregularidades de las basuras compactadas, de manera que la superficie del relleno terminado, quede limpio con las pendientes necesarias para prevenir la erosión y permitir un drenaje controlado de las aguas de lluvia.
- La capa intermedia que se coloca entre celdas tendrá un espesor de 0.15 m de material compactado. Cuando ésta capa quede expuesta a la intemperie por tiempo prolongado se deberá aumentar su espesor como mínimo a 0.30 m.
- Al alcanzar la cota de diseño de relleno se cubre la zona con una capa final que se coloca sobre la última celda (superior) del relleno de 0.60 m de tierra compactada y 0.30 m de tierra vegetal.
- Otro factor a considerar es la **zona o frente de trabajo** del relleno sanitario, en donde deben tenerse en cuenta los siguientes aspectos para su diseño:
  - La cantidad de vehículos recolectores que ingresan por día y por hora.
  - Las necesidades y características de descarga de dichos vehículos.
  - Las facilidades de acceso para los camiones recolectores.
  - Los equipos de recolección y los de relleno deben operar libre y ordenadamente.
  - El frente de trabajo diario debe ser el mínimo posible, para poder concentrar los residuos, alcanzar el nivel de relleno deseado en el día y utilizar el mínimo posible de material de cobertura.
  - No es conveniente que el equipo trabaje con dos frentes de trabajo separados, a menos que las necesidades de operación lo requieran.
  - El ancho máximo del frente de trabajo deberá ser igual a cuatro veces el ancho de la hoja topadora para no extenderlo demasiado.

### 9-3-5. CÁLCULOS PARA EL DISEÑO DEL RELLENO SANITARIO

#### ✓ **Producción per cápita**

La producción per cápita de desechos sólidos se puede estimar globalmente así:

$$ppc = \text{DSr en una semana} / (\text{Pob} \times 7 \times \text{Cob})$$

Donde:

ppc = producción por habitante por día (kg/hab-día)

DSr = cantidad de desechos sólidos recolectados en una semana (kg/sem)

Pob = población área urbana (hab)

7 = días de la semana

Cob = cobertura del servicio (%)

Para efectuar los cálculos se recomienda tomar como mínimo, la producción y recolección de residuos de una semana. La cantidad de basura semanal se determina pesando todos los camiones durante una semana.

#### ✓ **Producción total**

El conocimiento de la producción de desechos sólidos nos permite establecer, cuáles deben ser los equipos de recolección más adecuados, la cantidad de personal, las rutas, la frecuencia de recolección, la necesidad de área para la disposición final, los costos, etc.

La producción de desechos sólidos está dada por la relación:

$$\text{DSp} = \text{Pob} \times \text{ppc}$$

Donde:

DSp = Cantidad de desechos sólidos producidos (kg/día)

Pob = Población área urbana (hab.)

ppc = Producción per cápita (kg/hab-día)

✓ **Densidad**

Para calcular y dimensionar la celda diaria y el volumen del relleno se pueden estimar las siguientes densidades así:

→ Celda diaria: densidad de la basura recién compactada 700 kg/m<sup>3</sup>

→ Volumen del relleno: densidad de la basura estabilizada 900 kg/m<sup>3</sup>

Estas densidades se alcanzan mediante la compactación homogénea a través de maquinaria pesada y a medida que se estabiliza el relleno, lo cual, incide en la estabilidad y vida útil del sitio.

El aumento de la densidad de los desechos sólidos en el relleno sanitario se logra, entre otras cosas por:

- El tránsito del vehículo recolector por encima de las celdas ya conformadas.
- El apisonado con maquinarias pesadas como tractor oruga y compactador.
- La separación y recuperación de materiales como: papel, cartón, plástico, vidrio, chatarra y otros, dado que difícilmente se compactan. La práctica del reciclaje trae además del beneficio económico, una menor cantidad de desechos sólidos a enterrar, aumentando por tanto la vida útil del vertedero controlado.
- Otros mecanismos que aumentan la densidad de los desechos sólidos son: el proceso de descomposición de la materia orgánica y el peso propio de las capas o celdas superiores que producen mayor carga y, obviamente, disminuyen su volumen.

✓ **Cálculo del volumen necesario**

Los requerimientos de espacio del relleno sanitario están en función de:

- La producción diaria de desechos sólidos si se espera tener una cobertura del 100%, o en su defecto de la cantidad de desechos sólidos recolectados.
- La densidad de los desechos sólidos estabilizados en el relleno sanitario.
- La cantidad de material de cobertura del volumen estabilizado de desechos sólidos.

Volumen de residuos sólidos:

$$V \text{ diario} = DSp / Drsm$$

$$V \text{ anual} = V \text{ diario} \times 365 \text{ días}$$

Donde:

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

V anual = Volumen de desechos sólidos a disponer en un año ( $m^3 / \text{año}$ )

DS p = Cantidad de desechos sólidos producidos ( $kg / \text{día}$ )

Drsm = Densidad de desechos sólidos recién compactados ( $700 kg / m^3$ ) y estabilizados ( $900 kg / m^3$ )

365 = Equivalente a un año (días)

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

$$V_{RS} = V_{\text{anual}} \times MC$$

Donde:

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

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

Para conocer el volumen total ocupado durante la vida útil se tiene:

$$V_{RSvu} = \sum^n V_{RS}$$

Donde:

V RSuv = Volumen del relleno sanitario durante la vida útil ( $m^3$ )

n = Número de años

### ✓ **Cálculo del área requerida**

Con el volumen calculado, se puede estimar el área requerida para la construcción del relleno sanitario, solamente si se puede estimar en forma aproximada la profundidad o altura del relleno. Esta sólo se conocerá si se tiene una idea de la topografía de la zona.

El área requerida para la construcción de un relleno sanitario depende principalmente de:

- Cantidad de desechos sólidos a disponer
- Cantidad de material de cobertura
- Densidad de compactación de los desechos sólidos

- Profundidad o altura del relleno sanitario
- Capacidad volumétrica del terreno
- Áreas adicionales para construcción de obras complementarias

$$A_{RS} = V_{RS} / H_{RS}$$

Donde:

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

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

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

El área total requerida será:  $A_T = F \times A_{RS}$

Donde:

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

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

#### ✓ **Cálculo de la celda**

Las celdas están conformadas básicamente por los desechos sólidos y el material de cobertura, y serán dimensionadas con el objeto de economizar tierra, sin perjuicio del recubrimiento, y con el fin de que proporcionen un frente de trabajo suficiente para la descarga y maniobra de los vehículos recolectores.

Las dimensiones y el volumen de la celda diaria dependen de factores tales como:

- La cantidad diaria de desechos sólidos a disponer.
- El grado de compactación.
- La altura o profundidad de la celda.
- El frente de trabajo necesario que permita la descarga de los vehículos de recolección.

La **cantidad de residuos sólidos** a disponer para diseñar la celda diaria se puede obtener de la siguiente manera:

A partir de la cantidad de residuos producida diariamente, es decir:

$$DSrs = DSp \times 7/dhab$$

Donde:

DSrs = Cantidad media diaria de DS en el relleno sanitario manual (kg/día)

DSp = Cantidad de DS producido por día (kg/día)

dhab = Días hábiles o laborales en una semana (normalmente dhab= 5 ó 6 días)

Cabe destacar que el volumen diario de residuos sólidos irá incrementándose cada año, y también lo hará el tamaño de celda donde se dispondrán los desechos.

#### ✓ **Volumen de la celda diaria**

$$Vc = DSrs/Drsm \times MC$$

Donde:

Vc = Volumen de la celda diaria (m<sup>3</sup>)

Drsm = Densidad desechos sólidos recién compactados en el relleno, 700 kg/m<sup>3</sup>

MC = Factor de material de cobertura (1.20-1.25)

La densidad usada para la basura recién compactada es menor que la densidad de la basura estabilizada que se usa para el cálculo del volumen.

#### ✓ **Dimensiones de la celda**

##### • **Area de la celda**

$$Ac = Vc/hc$$

Donde:

Ac = Area de la celda (m<sup>2</sup>/día)

hc = Altura de la celda (m)

##### • **Largo o avance de la celda (m)**

$$l = Ac / a$$

a = Ancho que se fija de acuerdo con el frente de trabajo necesario para la descarga de la basura por los vehículos recolectores (m).

### 9-3-6. LIXIVIADOS

Los residuos, especialmente los orgánicos, al ser compactados por maquinaria pesada liberan agua y líquidos orgánicos, contenidos en su interior, que escurren preferencialmente hacia la base de la celda. La basura, que actúa en cierta medida como una esponja, recupera lentamente parte de éstos líquidos al cesar la presión de la maquinaria, pero parte de él permanece en la base de la celda.

La fase de licuefacción es la que ayuda a incrementar el contenido de líquido en el relleno, y a la vez su potencial contaminante. En ese momento se puede considerar que las basuras están completamente saturadas y cualquier agua, ya sea subterránea o superficial, que se infiltre en los rellenos, lixiviara a través de los desechos arrastrando consigo sólidos en suspensión, y compuestos orgánicos en solución. Ésta mezcla heterogénea, de un elevado poder contaminante, es lo que se denomina lixiviados o líquidos percolados.

El ritmo de generación del lixiviado depende de la cantidad de líquido contenido originalmente en los residuos (lixiviado primario) y de la cantidad que, por precipitaciones, entra en el relleno a través de su cubierta o cae directamente sobre la masa de residuos (lixiviado secundario).

Varios factores influyen en la generación de líquido lixiviado de un relleno sanitario:

- **Clima:** régimen de lluvias
- **Topografía:** determina, a través de las pendientes y del tipo de suelo, la cantidad de agua que entra y sale del relleno
- **Cubierta superior:** de su composición depende la cantidad de agua que penetra en el relleno sanitario para dar origen al lixiviado. Actualmente, se utilizan suelos arcillosos de baja permeabilidad o membranas geosintéticas
- **Vegetación:** limita la infiltración del agua, interceptándola directamente y acelerando su proceso de evaporación
- **Tipo de residuos:** residuos en condiciones más húmedas producirán mayor cantidad de lixiviados.

El objetivo de colocar una membrana que envuelva la masa de residuos del relleno sanitario es evitar que el lixiviado migre del sitio y penetre en un acuífero produciendo un importante efecto contaminante. Una membrana, es una barrera hidráulica que impide o restringe en alto grado el paso de los líquidos, permitiendo que sean recolectados y tratados posteriormente.

Las membranas se dividen en: las que impiden el paso del lixiviado, y las que absorben o atenúan los contaminantes presentes en el lixiviado, retardando su migración a tierra o agua subyacente.

Por otro lado, las membranas pueden ser agrupadas en:

- **Sintéticas:** membranas flexibles
- **Naturales:** tierra o arcilla compactada, mezcla de tierra y bentonita, etc.

También se encuentran las **membranas compuestas**, que son más efectivas que las de tipo único y brindan mayor seguridad en el control de la migración del lixiviado, ya que mientras la **membrana flexible** provee una importante barrera hidráulica, la **membrana natural** actuará como soporte de la barrera sintética, previniendo roturas en la misma.

Los contaminantes de origen orgánico son los más abundantes en los líquidos percolados, es un hecho comprobado que gran parte de ellos quedan retenidos al tener que pasar por un medio arcilloso, contribuyendo en gran medida a aumentar la impermeabilidad del medio.

Por lo tanto, el uso de arcilla como medio impermeabilizante es bastante común. Últimamente se ha empleado bastante la arcilla en espesores de 20 a 30 cm con polietileno de alta densidad entre medio, el espesor de éste polietileno oscila entre 1 y 2 mm.

Otras geomembranas bastante usadas son el polietileno cloro sulfonado (Hypalon) y el polivinil clorado (PVC), en ocasiones las geomembranas son usadas con geotextiles (tejidos esponjosos) con el fin de protegerlas de desgarramientos y/o punzonamientos.

### ✓ **Recolección y Tratamiento de Lixiviados**

La efectividad de un sistema de recolección de lixiviados depende del diseño de la membrana y de los conductos de recolección, los cuales están condicionados por las pendientes y topografía del área.

La inclinación de la membrana de fondo debe ser tal que promueva el flujo del lixiviado hacia los conductos apoyados en el fondo del relleno, los cuales deben tener una pendiente mínima de 1% para asegurar el movimiento de los líquidos.

Durante la fase operativa del relleno sanitario, las celdas en las cuales se vierten los residuos deben ser las más pequeñas posibles y separadas entre sí para evitar una mezcla de agua de lluvia y de los lixiviados.

Los lixiviados son recogidos en un depósito de regulación y posteriormente llevados a una planta de tratamiento.

Conviene establecer un sistema de monitoreo rutinario que permita detectar y anticipar un eventual paso de líquidos percolados a través del terreno y subsecuentemente adoptar las medidas preventivas y correctivas que corresponda para evitar riesgo a la población, por consumo de agua de mala calidad.

El tipo de instalaciones de tratamiento dependerá en primer término de las características del lixiviado, y en segundo lugar, de la localización geográfica y física del relleno sanitario. Los aspectos más preocupantes del lixiviado incluyen: DBO, DQO, sólidos totales disueltos (STD), metales pesados, y constituyentes tóxicos sin especificar. La capacidad de las instalaciones de tratamiento dependerá del tamaño del relleno sanitario y la vida útil esperada.

Los lixiviados recolectados son tratados según las siguientes opciones:

- Tanques de estabilización: biodegradación de la materia orgánica contenida en los residuos por acción de bacterias aeróbicas y anaeróbicas.
- Procesos químicos: hidrólisis enzimática o ácida
- Recirculación: reinfiltración de los líquidos a través de la masa de residuos
- Derivación a una planta de tratamiento de efluentes cloacales

Para el tratamiento de los lixiviados se pueden utilizar dos tipos de sistemas. En su primera fase, el vertedero produce lixiviados con un alto contenido en DQO/DBO. Para esta fase el mejor tratamiento sería un sistema anaerobio. Una vez en pleno funcionamiento, el contenido en DQO/DBO bajará muy rápidamente y el mejor sistema sería un aeróbico.

### 9-3-7. GASES

La cantidad de gases producidos en un relleno sanitario depende del tipo de residuo orgánico, de su estado y de las condiciones del medio que pueden favorecer o desfavorecer el proceso de descomposición.

La composición del gas que se genera en el relleno está determinada por los procesos microbianos anaeróbicos y reacciones que se verifican en la masa del residuo.

Los componentes principales del biogas son el metano (CH<sub>4</sub>) y el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), en proporciones aproximadamente iguales, constituyendo normalmente más del 97% del mismo. Ambos gases son incoloros e inodoros, otros gases como el ácido sulfídrico y el amoníaco son los que le otorgan el olor característico al biogas y permiten su detección por medio del olfato.

El gas metano se produce en los rellenos en concentraciones dentro del rango de combustión, lo que confiere características de peligrosidad por riegos de incendio o explosión y por lo tanto, la necesidad de mantener un control sobre él. Se debe tener presente que el metano es explosivo aún en concentraciones bajas (5%).

El escape incontrolado del gas de vertedero tiene un efecto negativo en el medio ambiente, tanto a corto plazo como a largo plazo, lo cual puede ser evitado extrayendo y aprovechando el gas. Las emisiones de metano:

- contribuyen de manera importante al efecto invernadero.
- es una sustancia altamente inflamable y explosiva,
- es un peligro la inhalacion para personas y animales en espacios reducidos

En los rellenos sanitarios de área, se utilizan varios niveles de celdas para dar disposición a los residuos, por lo que es probable que se tenga una producción continua de biogas después de algunos años, cuando se alcancen unos tres niveles de celdas. Por esta razón resulta conveniente instalar chimeneas de drenaje, distante 20 a 25 m entre sí.

Cuando los rellenos son construídos en depresiones, ya sea naturales o artificiales resulta conveniente hacer un drenaje perimetral con el fin de evitar la migración lateral, éste puede ser continuo o constituído por chimeneas colocadas a menores distancias que las ubicadas en el interior del relleno.

El gas de los drenes puede ser quemado en el mismo relleno o ser extraído para almacenarlo en gasómetros y luego enviarlo al consumo domiciliario o industrial.

Si no se implementa algún sistema de control. El gas generado tenderá a migrar del relleno siguiendo el camino que le ofrezca menos resistencia a través de la masa de residuos y suelos circundantes.

El gas migrará más lejos a través de suelos arenosos o de grava que de otros menos permeables como los arcillosos. La facilidad de migración también está influenciada por las condiciones climáticas.

✓ **Sistemas pasivos de control de gases**

Los sistemas pasivos utilizan las presiones y mecanismos de conducción provocados naturalmente por los gases que se generan en un relleno sanitario para ventear a los mismos a la atmósfera.

Los gases pueden ser venteados directamente a la atmósfera, quemados, o dependiendo de su calidad y cantidad se pueden recuperar. El venteo se hace a través de varios caños o chimeneas para facilitar su dispersión en la atmósfera y minimizar potenciales problemas de olor.

✓ **Sistemas activos de control de gases**

En los sistemas activos, el gas es bombeado del relleno o de los terrenos circundantes. Con estos sistemas se puede realizar, si se determina que la cantidad y calidad del gas producido lo justifica, no sólo el control de la migración del gas, sino la recuperación del metano para ser usado como combustible.

Se utilizan, también sistemas de pozos o trincheras donde el gas es bombeado a la superficie. Las perforaciones para un sistema activo tienen, por lo general, entre 30 y 90 cm de diámetro dependiendo de la cantidad de gas que se espera extraer.

✓ **Efecto invernadero provocado por el metano**

El metano que se haya escapado del vertedero en forma volátil, se acumula, junto con el dióxido de carbono, en la parte superior de la atmósfera, donde absorbe la radiación de onda corta que procede de la superficie de la tierra. Este así llamado efecto invernadero es considerado como el causante principal del progresivo calentamiento global y de cambios climatológicos.

✓ **Aplicaciones del gas de vertedero**

El gas puede ser aplicado como fuente de energía para diversas aplicaciones:

- Generación de energía eléctrica con motores de gas
- Producción de calor con caldera
- Aumentar la calidad del gas de vertedero hasta la calidad de pseudo gas natural

### **9-3-8. REACCIONES QUE SE PRODUCEN EN RELLENOS SANITARIOS**

Los residuos sólidos colocados en un relleno sanitario sufren al mismo tiempo cambios biológicos, químicos y físicos que están interrelacionados entre sí.

#### **✓ Reacciones biológicas**

Las reacciones biológicas más importantes que se producen en un relleno sanitario son aquellas que afectan la materia orgánica de los residuos sólidos urbanos, que evoluciona produciendo gases y lixiviados.

- Fase aeróbica: Parte del material orgánico presente es metabolizado aeróbicamente (mientras exista oxígeno libre), produciéndose un fuerte aumento en la temperatura. Los productos característicos son el dióxido de carbono, agua, nitritos y nitratos.
- Fase anaeróbica: A medida que el oxígeno disponible se va agotando, los organismos facultativos y anaeróbicos empiezan a predominar y proceden con la descomposición de la materia orgánica, pero más lentamente que la primera etapa. Los productos que caracterizan esta etapa son el dióxido de carbono, ácidos orgánicos, nitrógeno, amoníaco, hidrógeno, metano, compuestos sulfurados (responsables del mal olor), manganeso e hidrógeno.

#### **✓ Reacciones químicas**

Las reacciones químicas que se producen en un vertedero son las siguientes:

- Disolución y arrastre en suspensión de los materiales de los residuos y de productos de conversión biológica en los líquidos que se filtran a través de los residuos
- Evaporación de compuestos químicos y de agua en el gas de vertedero
- Absorción de compuestos orgánicos volátiles y semivolátiles del material vertido
- Descomposición de compuestos orgánicos

#### **✓ Reacciones físicas**

Las reacciones físicas que se producen en un relleno sanitario son las siguientes:

- Difusión lateral de los gases del vertedero y emisión de gases al ambiente
- Movimiento del lixiviado dentro y hacia abajo del relleno, a través del suelo, y el asentamiento causado por la consolidación y descomposición del material depositado.

### 9-3-9. INFRAESTRUCTURA NECESARIA

La ejecución de un relleno sanitario, requiere la construcción de obras civiles e infraestructura adecuada, previamente a la recepción de los residuos sólidos.

Los elementos constructivos de un relleno sanitario se integran con instalaciones acordes para lograr una eficaz operación y cada uno de ellos tiene características funcionales propias.

#### ✓ **Trazado vial exterior**

El emplazamiento de un relleno sanitario modifica la densidad del tránsito de las zonas aledañas. Entonces, se deben realizar las modificaciones necesarias que permitan el normal desplazamiento de los vehículos recolectores.

Es posible pavimentar calles externas, construir dársenas de maniobras, instalar semáforos, etc. Un aspecto fundamental a considerar es la iluminación de los caminos exteriores y los alrededores.

#### ✓ **Cerco perimetral**

Es necesario construir un cerco perimetral en toda la superficie donde se ejecutará la obra, de manera de controlar el acceso al vertedero para evitar la entrada de cualquier persona ajena.

Se debe definir el nivel sobre el que se colocará el cerco perimetral para compatibilizar el mismo con las cotas a dar al relleno en la zona aledaña y las que tiene el terreno natural. Debe contemplarse la posibilidad de la construcción de terraplenes.

El elemento óptimo para la valla perimetral, es el alambre tejido romboidal de 1,80 m de altura, que se puede suplementar en la parte superior con 3 hilos de alambre de púas. Los postes pueden ser de madera dura o de hormigón premoldeado.

#### ✓ **Accesos**

En la entrada al predio debe instalarse una casilla y una barrera o portón. Desde este puesto se controla el ingreso y egreso de los vehículos recolectores. Se complementan éstas instalaciones con carteles que indiquen horarios de recepción, tipos de residuos, restricciones.

#### ✓ **Estación de pesaje**

Su ubicación debe permitir la utilización de la báscula de manera eficiente durante todo el período previsto para operar y construir el relleno sanitario. La balanza debe ser de capacidad y dimensiones acordes a los vehículos que ingresarán a la estación de pesaje.

Las áreas de espera para pesaje no podrán ubicarse en el exterior del cerco perimetral, es decir que entre el acceso y la estación de pesaje se debe contar con una zona de espera por posibles demoras que pueden surgir por arribos simultáneos de los vehículos recolectores, donde se estacionarán los camiones de manera ordenada.

✓ **Trazado vial interior**

El trazado vial interior constituye uno de los elementos principales a tener en cuenta en el diseño de un relleno sanitario, ya que se debe compatibilizar con el uso definitivo del área rellena.

Se debe considerar que el trazado de los caminos interiores está íntimamente relacionado con las dimensiones de las celdas, módulos, metodología operativa y las condiciones climáticas, que deben permitir la recepción de los residuos bajo cualquier situación, debido a que el relleno sanitario constituye un servicio público.

✓ **Escurrimiento superficial**

Se deben construir zanjas, cunetas y obras de arte en correspondencia con la secuencia metodológica, para evacuar las aguas de lluvia. Las pendientes deben asegurar un rápido escurrimiento para evitar zonas de acumulación y posibles infiltraciones.

✓ **Instalaciones complementarias y Servicios de obra**

Dentro de las instalaciones complementarias, deben considerarse oficinas para la conducción técnica con una superficie cubierta de no más de 20 m<sup>2</sup>, un laboratorio de campaña para realizar estudios de suelos (dureza, Proctor y permeabilidad), oficinas administrativas con una superficie cubierta de no menos de 30 m<sup>2</sup>, galpones para garaje y mantenimiento de los equipos, instalaciones sanitarias para el personal, playa de estacionamiento, instalaciones para el personal de vigilancia y seguridad.

En cuanto a los servicios de obra, se debe prever el suministro de energía adecuado, considerando que deben iluminarse los accesos y caminos interiores en operación. También, debe asegurarse el agua para consumo de la obra, y la evacuación y tratamiento de los líquidos residuales.

✓ **Parquización**

El aspecto estético de todo el vertedero debe mantenerse en excelentes condiciones. Por lo tanto, deben considerarse plantaciones en torno a todas las construcciones y parquizar la mayor superficie posible.

### 9-3-10. EQUIPAMIENTO

La adecuada elección del equipamiento acorde a la metodología a emplear, así como la determinación de la cantidad de equipos a emplear y el conocimiento de los rendimientos de los mismos, son factores claves para el desarrollo de la obra.

En la elección del equipo intervienen una serie de factores tales como: poder de compactación, flexibilidad, facilidad de operación, potencia, requerimientos para el mantenimiento del equipo, costo y rendimiento de la maquinaria.

Es importante tener presente que la disposición final de residuos sólidos es un servicio público, y por lo tanto la principal condición que debe cumplirse es la **continuidad** de la prestación.

Para el correcto dimensionamiento de los equipos a emplear, se deben considerar los siguientes aspectos:

- Equipos de reserva: se recomienda incrementar el equipamiento básico en un 30%, si bien este requerimiento incide en los costos, permite la continuidad del servicio.
- Equipos polifuncionales: para compensar los costos del equipo de reserva se puede emplear equipos polifuncionales, que permiten utilizarse para distinto tipo de operaciones. Por ejemplo, una compactadora puede usarse tanto para la compactación de residuos, como para conformar terraplenes.
- Mantenimiento y reparación: éstas tareas deben organizarse de tal modo que permitan lograr un funcionamiento eficiente, continuidad operativa, proteger su inversión y prolongar la vida de servicio del equipo. Se aconseja el mantenimiento a “pie de máquina” para evitar largos traslados de los equipos.

El equipo utilizado en un relleno sanitario dependerá del tipo y cantidad de basura diaria recibida, del tipo de terreno a rellenar, del material de cobertura y de los métodos de operación que se emplee en cada caso particular. Además es fundamental considerar la disponibilidad del equipo, su costo, la facilidad de conseguir repuestos y servicio de atención mecánica para su reparación y mantenimiento.

Las distancias a recorrer por los equipos varían según se trate de operar con las basuras o con el material de cobertura. Es así que las basuras necesitan ser acomodadas y compactadas, pero las distancias a recorrer durante estas operaciones no superan en la mayoría de los casos los 30 m. El material de cobertura, en cambio, necesita ser trasladados a distancias mayores.

Es conveniente que el equipo seleccionado sea lo suficientemente flexible y compatible con los requerimientos del manejo de ambos materiales.

En el mercado actual existe una serie de equipos para realizar la operación completa del relleno sanitario, es decir, para ejecutar la excavación del terreno, esparcimiento de la basura, compactación de la misma, remoción de la tierra de recubrimiento y transporte de ésta dentro del recinto que forma el relleno sanitario.

El tamaño y la cantidad de maquinarias dependen principalmente del tamaño del relleno sanitario y también, las condiciones locales influyen sobre el tamaño de la maquinaria.

Los equipos que normalmente se utilizan para realizar las operaciones en un relleno sanitario son los siguientes:

- ✓ Tractor de oruga con “bulldozer”
- ✓ Tractor de oruga con pala cucharón de almeja
- ✓ Tractor de oruga equipado con la pala cargadora
- ✓ Compactadores
- ✓ Dragalinas
- ✓ Retroexcavadora
- ✓ Motoniveladora
- ✓ Rodillos pata de cabra, neumáticos, vibradores

El **tractor de oruga con “bulldozer”** opera en muy buena forma en el relleno sanitario de área; en cambio, cuando se trata de un relleno sanitario de zanja o rampa presenta algunas dificultades por el tipo de movimiento que puede efectuar y la dificultad que presenta el material de acarreo para recubrimiento.

El **tractor de oruga con pala cucharón de almeja** y el equipo con **pala cargadora**, pueden operar también como “bulldozer”, diferenciándose entre sí por su carga de altura.

Los tractores correctamente equipados pueden utilizarse para llevar a cabo todas las operaciones necesarias dentro de un relleno sanitario, incluyendo la nivelación, compactación, cubrición, realización de zanjas e incluso el transporte de los materiales de cobertura.

También se emplean **compactadores** que tienen como función distribuir y compactar los residuos sólidos.

La **dragalina** se utiliza para excavar trincheras para las celdas destinadas a recibir residuos sólidos, y para realizar la cobertura primaria (sin compactación ni nivelación de los residuos compactados). También se emplea la **retroexcavadora** para realizar excavaciones.

La función de la **motoniveladora** es la construcción de caminos y su mantenimiento, terraplenes, cunetas de drenaje, perfilado y nivelado de la capa de cobertura.

Se emplean los **rodillos pata de cabra, neumáticos o vibradores** para la compactación de suelos y terraplenes, el uso de uno u otro está en función de las características del material a compactar.



*Cargador frontal*



*Tractor oruga*



*Niveladora*



*Compactadora*

### **9-3-11. MANO DE OBRA**

La realización de un relleno sanitario necesita de personal especializado durante sus fases de planeamiento, puesta en marcha y funcionamiento.

Se debe contar con profesional responsable, jefes de obra, personal administrativo y de laboratorio, responsables de vigilancia y control, empleados para operación de relleno sanitario, para mantenimiento y reparación de equipos, para sector infraestructura, entre otros.

La mano de obra necesaria en la operación del relleno sanitario para conformar la celda diaria depende de:

- La cantidad de desechos sólidos a disponer.
- La disponibilidad y tipo de material de cobertura.
- Los días laborables en el relleno.
- La duración de la jornada diaria.
- Las condiciones del clima.
- La descarga de los desechos en el frente de trabajo o distante de él.
- El rendimiento del personal.

Es importante contemplar en éste ítem un **programa de higiene y seguridad laboral** que contenga todos los aspectos necesarios para evitar los riesgos de accidentes y asegurar la higiene en el trabajo. Por lo tanto, a los operarios se los debe proveer de indumentaria y medios de protección acordes a las distintas operaciones que ejecuten, casco, calzado de seguridad, guantes, chalecos fluorescentes (para uso durante operaciones nocturnas), etc.

El programa de higiene y seguridad laboral que se establezca, debe incluir la evaluación permanente y sistemática de todo el personal mediante exámenes psicofísicos. Además, se deben identificar y clasificar las actividades de carácter laboral que se realizan en cada área específica y las normas que deben cumplirse. Es conveniente también, tratar de identificar las causas de accidentes más comunes y adoptar las medidas preventivas del caso.

### 9-3-12. DETERMINACIÓN DE COSTOS

Para la determinación de los costos de un relleno sanitario se deben considerar todos los insumos afectados en la etapa operacional. En cuanto al costo producido por el impacto ambiental, se puede comentar que resulta improbable su estimación precisa.

Los ítems que integran el costo se agrupan en fijos y variables:

#### ✓ **Costos Fijos**

Éstos costos son independientes de la operación, y está constituido por la inversión que es necesaria realizar para comenzar la recepción de los residuos. Para los costos de inversión es necesario asociar cada ítem con la vida útil del relleno, debido a que las obras de infraestructura serán construidas para el periodo de diseño. Se deben incluir:

- Proyecto y Dirección de obra: su valor total está comprendido entre el 2,5% y 3% del costo de la unidad de peso procesada.
- Infraestructura: comprende las instalaciones fijas necesarias e influyen en el costo entre un 6% y 8% dependiendo de la magnitud del centro de disposición final.
- Preparación del terreno: éste ítem incide en un 8% y 10% sobre el costo por unidad de peso.
- Costos Financieros: inversión derivada del costo de infraestructura, preparación del terreno y primer mes de operación. Influyen en el costo entre el 5% y 8%.
- Equipamientos: se deben incluir amortizaciones, financiación, reparaciones, repuestos y seguros, y la incidencia porcentual es entre 25% a 30%.

#### ✓ **Costos Variables**

Éstos costos comprenden todos aquellos insumos que afectan en forma proporcional en la operatoria del relleno sanitario.

- Personal: se considera el total del personal que opera en el relleno, y se deben incluir sueldos, cargas sociales, seguros. Influyen en el costo entre un 18% a 20% .
- Combustibles y Lubricantes: para este ítem se consideran todos los equipos que operan en el relleno, y la incidencia porcentual es entre 18% a 20%.
- Otros insumos: materiales varios (cascotes, piedra partida, etc.), semillas, forestación, se incluye el consumo de energía eléctrica, etc. Éstos elementos tiene una incidencia del 1%.

✓ **Estimación de los costos unitarios de inversión**

Los costos unitarios de inversión que incluyen los intereses, se calculan para considerarlos en los costos totales del vertedero y en el cálculo del costo de la tarifa que habrá que cobrar a la población. Para esto es necesario calcular el costo anual y después el costo unitario según la producción o rendimiento, por lo tanto habrá que determinar:

- Costos de la mano de obra
- Costos de maquinarias y equipos
- Costos de mantenimiento de infraestructura

La suma de los tres conceptos anteriores da como resultado el costo anual o presupuesto anual de operación.

El **costo unitario de operación** será el costo anual de operación dividido entre las toneladas enterradas durante el año.

✓ **Tarifas**

Las tarifas que hay que aplicar por el servicio prestado a la población varían según las políticas que establezca la municipalidad y / o la empresa privada a cargo. Pueden ser:

- **Recuperación total sin subsidio cruzado.** En este caso las familias pagan por el servicio a su costo real, independientemente de su situación económica.
- **Recuperación total con subsidio cruzado.** En este caso el servicio se cobra de modo que las familias con mayores ingresos paguen más, y las de menores ingresos menos, pero de tal modo que los ingresos totales por tarifa cubran los costos de operación e inversión. Una manera de hacer esto es asociar la cobranza a otro servicio preferentemente el eléctrico que tiene mayor cobertura, o al predial o de agua.
- **Recuperación de costos de operación.** En muchas ocasiones los municipios han obtenido el apoyo o un subsidio para cubrir las inversiones iniciales.

La tarifa por el servicio de relleno sanitario puede cobrarse con algún otro servicio. También, el servicio de higiene urbana, puede cobrarse por separado de otros servicios, pero esto por lo general tiene un valor muy elevado y además, si al usuario le cortan el servicio de basuras, éste no se preocupa tanto como si le suspenden la electricidad o el agua potable.

### **9-3-13. SEGUIMIENTO Y CONTROL DEL RELLENO**

Dentro del proyecto de un relleno sanitario se contemplan, durante su ejecución y una vez realizado el mismo, una serie de controles y seguimientos relacionados con la calidad del medio ambiente.

Los principales controles que se deben realizar son los siguientes:

#### **✓ Calidad del agua**

El control de la calidad hídrica en el área de influencia del relleno sanitario se realiza a través de un monitoreo, tanto para las aguas subterráneas como para las superficiales.

Previamente al emplazamiento de un relleno se hacen análisis de las napas subterráneas, lo cual permite conocer las condiciones preexistentes. Luego se instala una red de monitoreo de aguas subterráneas. Se toman además como testigos algunos pozos de particulares próximos al relleno.

Con la periodicidad fijada por el diseño se extraen muestras de la red de monitoreo subterráneo (superficiales y profundas) y de los pozos de particulares. Se extraen también muestras del líquido lixiviado en el interior de las celdas. Todas las muestras son analizadas; luego se comparan los resultados con los valores anteriores y los valores preexistentes.

#### **✓ Transformación de los residuos**

En los residuos tienen lugar diversos mecanismos de descomposición que generan como resultados distinto tipo de líquidos, gases y productos sólidos intermedios. Algunos quedan retenidos en los poros del terreno mientras que otros, solubles, pueden ser arrastrados por los líquidos que atraviesan las capas de tierra y basura.

La extracción de compuestos solubles de los residuos o de sus productos de degradación, como así también el arrastre de los suspendidos, por el agua que atraviesa el manto, da origen a los líquidos percolados (lixiviado).

En los rellenos sanitarios, que como ya se ha dicho utiliza principios de ingeniería que incluyen desde un proyecto eficientemente realizado hasta la vigilancia y control permanente del mismo, este lixiviado queda confinado, adoptándose entonces las previsiones necesarias para su extracción y posterior tratamiento.

Se debe tener en cuenta el microclima dentro del cual tenemos la lluvia que influye en los fenómenos biológicos y químicos, con el transporte de contaminantes, problemas en vías de acceso y del trabajo en sí del relleno sanitario, por lo tanto el

relleno debe ser drenado superficialmente por la periferia y el fondo del relleno. El viento también causa molestias, llevando los olores y el polvo a las vecindades.

✓ **Generación de gases**

Debido al proceso natural de descomposición de los residuos se generan gases en la masa de los mismos, especialmente dióxido de carbono y metano.

Para el control de los gases se instala una densa red de venteo por la cual el gas se difunde en la atmósfera sin peligro. El diseño incluye una red de pozos y zanjas perimetrales de control, en donde se debe medir periódicamente la presión y concentración de metano existente, llevándose los registros correspondientes.

✓ **Asentamiento en Rellenos Sanitarios**

Un relleno sanitario puede sufrir hasta un 20% de pérdidas de altura por asentamiento y esto es debido a los movimientos que se producen por efectos del desplazamiento o acomodamiento de los materiales depositados o por la descomposición de la masa de residuos.

El control de los asentamientos consiste en la medición periódica del descenso experimentado en una red de puntos fijos materializados en la superficie del terreno una vez finalizada la ejecución del relleno sanitario.

#### **9-3-14. MEDIDAS DE MITIGACIÓN**

Las medidas de mitigación empleadas para reducir los impactos ambientales negativos de un relleno sanitario dependen de una serie de factores, entre los cuales se destacan: las características del proyecto, tecnología usada, localización, condiciones de operación (tamaño, clima), etc.

✓ **Olores**

- Utilización de pantallas vegetales, (árboles, arbustos)
- Tratamiento de los líquidos percolados
- Quema del biogás cuando hay metano suficiente

✓ **Ruidos**

- Pantallas vegetales
- Utilizar equipos de baja emisión de ruidos

✓ **Alteración del suelo**

- Adecuada impermeabilización del relleno sanitario, para evitar filtraciones
- Vegetación para evitar la erosión de la superficie.

✓ **Diseminación de materiales**

- Configurar barreras para evitar que el viento incida sobre el frente de trabajo
- Utilizar mallas interceptoras
- Desprender residuos de camiones antes que abandonen el relleno

✓ **Material particulado**

- Riego de camino y de la tierra acumulada para el recubrimiento
- Pantallas vegetales en el perímetro del relleno

✓ **Vectores**

- Mantener aislado sanitariamente el recinto mediante la formación de un cordón sanitario que impida la infestación del relleno por roedores y el paso de especies animales desde y hacia el recinto.
- Realizar fumigaciones y desratizaciones como mínimo, cada 6 meses. Los elementos químicos que se empleen en esta actividad, deben estar acordes con la legislación.

✓ **Control de Moscas**

- El cubrimiento con la tierra debe ser el método principal de control.
- Como las moscas llegan con los residuos en los vehículos recolectores, se recomienda fumigar el área del relleno, con la periodicidad que se requiera en cada caso.

✓ **Incremento movimiento vehicular**

- Tratar de que la recolección se haga en horas diferidas
- En caso de vehículos de estaciones de transferencia tratar que estos lleguen en forma secuencial.

✓ **Líquidos percolados**

- Almacenamiento en depósitos cerrados
- Recirculación
- Tratamiento físico químico y/o biológico

✓ **Biogás**

- Extracción con fines de utilización
- Quema controlada

### 9-3-15. CLAUSURA Y MANTENIMIENTO POSTCLAUSURA DEL RELLENO SANITARIO

La clausura y el mantenimiento postclausura del vertedero son las actividades que describen lo que va a pasar en un vertedero lleno en el futuro. Es muy importante contar en el mantenimiento a largo plazo de un relleno con un plan de clausura.

Un plan de clausura debe incluir un diseño para la cobertura y el paisajismo del lugar. También debe comprender planes a largo plazo para el control de la escorrentía, de la erosión, la recolección de gases y lixiviados y su posterior tratamiento, y la supervisión ambiental.

Para llevar a cabo la supervisión ambiental a largo plazo después de haberse completado un vertedero, deben instalarse sistemas de supervisión. La supervisión requerida en rellenos agotados normalmente implica:

- 1- Supervisión de la zona aireada, de gases y líquidos;
- 2- Supervisión de aguas subterráneas;
- 3- Supervisión de la calidad del aire.

El mantenimiento postclausura comprende la inspección rutinaria de la zona del relleno, el mantenimiento de la infraestructura y la supervisión ambiental.

- Inspecciones rutinarias: Debe establecerse un programa de inspecciones rutinarias para supervisar continuamente las condiciones del vertedero lleno.
- Mantenimiento de la infraestructura: El mantenimiento de la infraestructura normalmente implica el mantenimiento continuado de instalaciones para la desviación del agua superficial; de las pendientes superficiales del vertedero; de las condiciones de los aislamientos; de la revegetación y del equipo para la recolección del gas y de los lixiviados.
- Sistemas para la supervisión ambiental: Se lleva a cabo la supervisión ambiental a largo plazo en los vertederos completos para asegurar que no haya emisiones de contaminantes procedentes del relleno que puedan afectar a la salud o al medio ambiente circundante.

✓ **Uso final del sitio**

Una de las ventajas que presenta un relleno sanitario, es que una vez finalizada su vida útil, queda disponible para otros usos una superficie de terreno bastante considerable.

Por lo general, la mayoría de los rellenos son destinados posteriormente a parques recreativos, pero también podrán considerarse otros usos si se han mantenido eficientes condiciones de monitoreo de las aguas subterráneas, emisión de gases y magnitud de los asentamientos del terreno relleno.

✓ **Cubierta final**

Al cerrar un relleno sanitario, o una sección independiente de él, se requerirá la instalación de una cubierta final, la cual debe seguir los siguientes criterios:

- ✓ Minimizar la infiltración de las precipitaciones pluviales en la masa de residuos
- ✓ Promover un eficaz drenaje de la superficie
- ✓ Resistir los efectos destructivos de la erosión
- ✓ Facilitar el mantenimiento del perfil del relleno, es decir, las pendientes
- ✓ Restringir la migración de gas
- ✓ Separar convenientemente los residuos depositados de los animales e insectos
- ✓ Mejorar la apariencia estética del relleno sanitario
- ✓ Minimizar su mantenimiento a largo plazo
- ✓ Proteger la salud de las personas y el medio ambiente relacionados con el relleno sanitario

Además de considerar los criterios anteriores, se deberán tener en cuenta aquellos aspectos que interrelacionan el tipo de vegetación a implantar, con otros factores como la inclinación del terreno relleno, el tipo de suelo utilizado para la cubierta y las condiciones climáticas.

#### 9-4- RELLENO DE SEGURIDAD

Los rellenos de seguridad son instalaciones de disposición de residuos sólidos que permiten el almacenamiento permanente de los mismos en el suelo de manera controlada, y aislados perfectamente del ambiente.

El relleno de seguridad debe ser concebido como parte de un sistema de gestión de residuos de características especiales, en el cual se tome en cuenta la minimización, reciclaje, almacenamiento, tratamiento y transporte, de tal forma que los residuos que lleguen al relleno sean exclusivamente aquellos que no pudieron ser eliminados de otra forma y que se encuentren en condiciones aptas para su disposición en el relleno.

Por lo tanto, éste método se aplica para aquellos residuos sólidos que no pueden ser reciclados y no tienen ningún uso adicional y para el material residual que queda después de la separación de residuos en una instalación de recuperación de materiales (rechazos) que no puedan ser procesables o reciclables luego de proceder de un tratamiento hasta sus máximas posibilidades.

Un relleno de seguridad debe garantizar la estanqueidad a través de barreras especialmente diseñadas para evitar efectos negativos sobre el medio ambiente.

Se debe tener presente que no se pueden disponer en este tipo de rellenos, aquellos residuos que posean algunas de las siguientes características:

- Contengan en su composición líquidos libres
- Generen derrames a temperatura ambiente
- Posean sustancias que puedan traspasar las barreras previstas en el relleno
- Sustancias que puedan generar autocombustión en la situación local
- Puedan producir reacciones adversas tales como: generación de calor, presión, explosión o reacciones violentas, emanaciones tóxicas o inflamables de cualquier naturaleza, daños a la estructura del relleno

La mayoría de los residuos que se disponen en el relleno de seguridad, tienen en su composición determinadas sustancias o materiales constituyentes en una concentración tal que, en función de la cantidad y forma de presentación del residuo, le pueden dar a este características de peligrosos, es decir que implique un riesgo sobre las personas o el medio ambiente.

#### **9-4-1. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE UN RELLENO DE SEGURIDAD**

Para la ejecución de un relleno de seguridad se deben tener en cuenta las siguientes características técnicas y restricciones:

- No es posible la instalación de rellenos de seguridad en zonas inundables o de aprovechamiento de agua potable.
- La mínima distancia de la base del relleno de seguridad a la primera napa freática deberá ser de 3 metros.
- La franja perimetral, deberá construirse considerando la preservación paisajística y como barrera física. Además, el terreno deberá contar con acceso controlado.
- Adecuada impermeabilización de bases y taludes.
- Capas drenantes a fin de coleccionar y conducir flujos no deseados.
- La cubierta impermeabilizante debe cumplir con las mismas condiciones mínimas en cuanto a espesores, permeabilidad y características físicas - químicas que la de la barrera del fondo. Sobre dicha cubierta debe preverse una capa de suelo vegetal que permita el crecimiento de vegetación, favoreciendo la evapotranspiración y evitando la erosión.
- Debe garantizarse que los gases internos que eventualmente se formen encuentren una vía de salida controlada y monitoreable para evitar sobre presiones internas.

#### **✓ Técnicas de aislamiento de los residuos**

Se refieren al aislamiento de los residuos dentro del relleno a través de materiales sintéticos o naturales. Las arcillas deben cumplir con requerimientos de baja permeabilidad y suficiente profundidad para prevenir el transporte de contaminantes.

#### **✓ Barrera geológica**

La barrera geológica debe cumplir una función protectora durante la operación normal del relleno y en caso de rupturas de las barreras técnicas. Durante la operación normal del relleno, la barrera geológica debe permitir estabilidad e impermeabilidad. La estabilidad implica resistencia a la erosión, alta densidad, ceder suficientemente sin rupturas. La barrera geológica, además, debe ser impermeable, tener una profundidad suficiente y debe extenderse bajo todo el relleno.

#### 9-4-2. CRITERIOS DE DISEÑO

El diseño de un relleno de seguridad debe seguir ciertos criterios básicos que aseguren la disposición segura de los residuos, la protección del ambiente y la utilización eficiente de la mano de obra, equipos y capacidad del relleno. Se propone un sistema simplificado para el diseño de rellenos de seguridad. La disposición dentro del relleno se lleva a cabo dentro de celdas cuyas dimensiones varían dependiendo de las condiciones del terreno, cantidad, tipo y estado físico de los residuos. Los métodos principales de construcción de un relleno son:

##### → **Trinchera**

Donde se remueve material del suelo y se rellena con residuos. Este diseño es factible cuando la napa freática es relativamente profunda y tiene como beneficio que las paredes del relleno serán estables.

##### → **Área**

Donde se depositan los residuos sobre el suelo. Se utiliza este diseño cuando la superficie del terreno presenta características favorables, incluyendo una ligera pendiente. Este tipo de relleno es recomendable cuando la napa freática se encuentra relativamente alta.

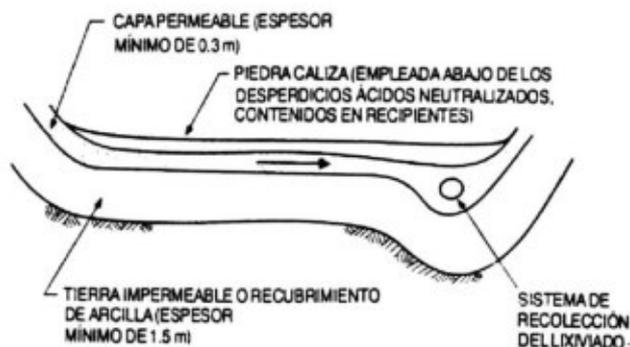
##### ✓ **Aislamiento de los residuos**

El aislamiento de los residuos se logra a través de la impermeabilización de la base, de los costados y superficie del relleno y para evitar, el ingreso de líquidos al relleno. El sistema de aislamiento del relleno de seguridad comprende:

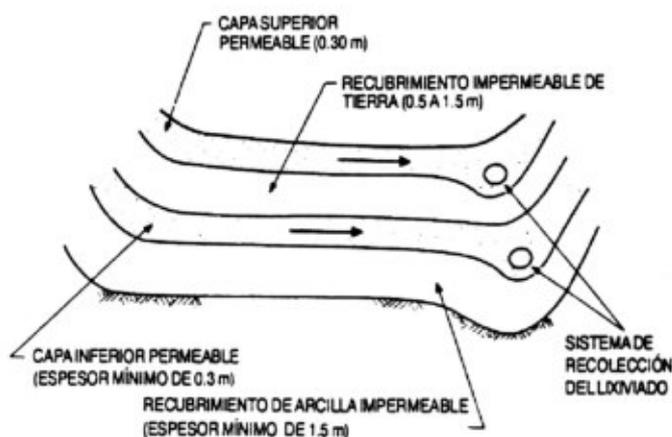
##### - **Impermeabilización:**

Normalmente, los sistemas de impermeabilización están formados por dos geomembranas, con capa de drenaje y sistema de recolección de lixiviados. Para mayor protección se utiliza una capa de arcilla de 1 m a 1,5 m de espesor, debajo de la geomembrana.

Se deben realizar ensayos de Proctor en el laboratorio para asegurar las condiciones óptimas de la arcilla. También se cuenta con sistemas de impermeabilización simple.



*Sistema de recubrimiento simple*



*Sistema de recubrimiento doble*

**- Drenaje de lixiviados:**

Se requiere de un drenaje de lixiviados a través de un mecanismo de infiltración extendido sobre la superficie de la base del relleno. Debe consistir de piedras o arena con grava no soluble, con granos preferiblemente mayores de 35 mm y el espesor de la capa no debe ser menor de 30 cm. Asimismo, se debe instalar tuberías perforadas de drenaje de diámetro igual o mayor de 30 cm.

- **Cubrimiento de la superficie:**

Este es el instrumento de seguridad a largo plazo más importante para la minimización de la infiltración de aguas de lluvia dentro del relleno y para minimizar la generación de lixiviados después del cierre completo del relleno.

En el caso que exista la posibilidad de generación de gases en el relleno, se debe instalar un sistema de captación de gases.

✓ **Aislamiento de la superficie**

Al cierre del relleno, se debe cubrir con una capa de material grueso la superficie, que permita la captación de gases. Se debe realizar un estudio meteorológico para evaluar la relación precipitación/evapotranspiración en la zona del relleno. Si esta relación es muy pequeña, entonces no será necesario instalar una capa de impermeabilización. Se instalará en este caso, tan solo una capa de suelo como recubrimiento final.

✓ **Tratamiento de lixiviados**

La generación de lixiviados es posible y depende de la humedad contenida en los residuos dispuestos en el relleno. Por ello es necesario contemplar un sistema de recolección de lixiviados. La cantidad de lixiviados será pequeña y el relleno estará bajo condiciones de no-saturación y sin problemas de estabilidad.

#### 9-5- PROPUESTA DE DISPOSICIÓN FINAL DE RSU PARA VENADO TUERTO

La propuesta que se plantea para la disposición final de residuos sólidos urbanos para la ciudad de Venado Tuerto, se plantea a través de dos esquemas diferentes, según se trate de la ALTERNATIVA 1, o de la ALTERNATIVA 2.

A partir de las características particulares y del desarrollo de cada una de éstas posibilidades de manejo integral de residuos sólidos urbanos, se determina el tipo de disposición final para cada caso particular.

Entonces, se determina para la ALTERNATIVA 1, la disposición final del 100% de los residuos sólidos urbanos en un relleno sanitario que reúne las características enunciadas en los párrafos anteriores, y cuyas particularidades se explicarán en este apartado.

Se debe recordar que en este caso, no se le realiza ningún tratamiento a los residuos, solamente se “trituran” los desperdicios mayores para disminuir la superficie necesaria para enterramiento.

En cambio, para la ALTERNATIVA 2, en la cual se aplica un sistema de recuperación de los residuos sólidos urbanos, a través de una planta de clasificación y tratamiento de desechos, se disponen en un relleno de seguridad, sólo aquellos materiales que debido a su naturaleza intrínseca no pueden recuperarse, y los que tienen características peligrosas tales como; pinturas, ciertos envases, aceites, blisters de medicamentos, etc. También para esta propuesta, se detallarán las características particulares para poder desarrollarse éste método de disposición final en nuestra ciudad.

Para la implementación de un sistema de disposición final de residuos sólidos urbanos es preciso evaluar las particularidades del método, la elección del emplazamiento, determinar volumen y área requeridos, cantidad de residuos a disponer, y analizar las distintas necesidades para la ejecución del vertedero controlado.

Como uno de los aspectos principales que deben contemplarse es la **ubicación** del centro de disposición final, algunos requerimientos particulares para la localización de un vertedero controlado en nuestra ciudad son:

- Considerar en la ubicación los vientos predominantes, es decir, para Venado Tuerto, S, SE ó SO.
- Cercanía a la planta de tratamiento de líquidos cloacales de la Cooperativa de Obras Sanitarias de nuestra ciudad.
- Distancia a la ciudad inferior a los 15 km.
- Zona de nivel freático a cierta profundidad

### 9-5-1. LOCALIZACIÓN DEL SITIO DE DISPOSICIÓN FINAL

La selección del lugar para el emplazamiento del relleno sanitario debe realizarse teniendo en cuenta distintas variables biológicas, físicas, ambientales, socioeconómicas, culturales y legales, que tengan incidencia en el sitio y en su entorno, de manera de reducir al máximo los impactos negativos que se pudieran producir.

Se deben tener presente las inquietudes expresadas por la población sobre vertederos, las que están relacionadas con los olores, los peligros para la salud, el tráfico, los valores de la propiedad, ruidos, pájaros, polvo, basuras caídas, aspectos visuales, generación de gases y líquidos percolados.

Para la selección del sitio más adecuado es conveniente considerar una serie de restricciones establecidas por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos y las Normas de la Unión Europea, las cuales deben ser adaptadas a las características de cada región. Por lo tanto, se deben incluir las siguientes restricciones:

- Humedales: no podrá construirse un centro de disposición final en un humedal, salvo que se demuestre que no se afecta su funcionalidad y se minimicen los impactos negativos sobre sus recursos bióticos y abióticos.
- Zonas de Fallas: no puede instalarse un centro de disposición final dentro de los 60 m a partir de una línea de falla que haya tenido un desplazamiento en el período holocénico (últimos 10.000 años).
- Zonas de Impactos Sísmicos: no puede ser localizado un centro de disposición final dentro de una zona de impacto sísmico, a menos que se justifique que todas sus estructuras están diseñadas para resistir una aceleración horizontal máxima establecida.
- Zonas Inestables (zonas de deslizamientos, zonas de minas subterráneas): los centros de disposición final ubicados en zonas inestables deben demostrar que su diseño asegura la estabilidad de los componentes estructurales.
- Aeropuertos: no podrá instalarse un centro de disposición final a una distancia menor de 3 km de aquellos aeropuertos que operen con aviones a turbina y a menos de 1,5 km de los aeropuertos que operen con aviones de motor a pistón.
- Uso del Suelo: se restringe la localización de un centro de disposición final en reservas naturales de cualquier tipo.

A través de un análisis realizado por CEAMSE y personal de la Secretaría de Servicios Públicos de la Municipalidad de nuestra ciudad, se preseleccionaron algunos posibles sitios, que se detallan a continuación:

✓ **Sitio N° 1:**

Se halla detrás del Parque Industrial de nuestra ciudad. Se puede acceder por la calle Alem, que presenta buen estado para la circulación. La altitud del terreno desciende progresivamente hasta anegarse. El predio linda con la Ruta Nacional N° 8, hacia el oeste.

✓ **Sitio N° 2-3-4:**

Estos tres sitios se encuentran ubicados en forma contigua sobre la Ruta Provincial 4S (circunvalación) en dirección NE desde la intersección con la calle Chaco hasta donde la circunvalación describe un ángulo de 90° .

Los sitios N° 3 y 4 se hallan frente a la Planta de Tratamiento de Líquidos Cloacales perteneciente a la Cooperativa de Obras Sanitarias de nuestra ciudad.

✓ **Sitio N° 5:**

Este sitio se encuentra al NE de la ciudad, sobre la Ruta Provincial 4S (circunvalación) en la intersección con la prolongación de la calle Matheu.

✓ **Sitio N° 6:**

Este sitio se ubica al SO de la ciudad, paralelo a las vías del Ferrocarril Mitre.

Los resultados del estudio de aptitud de los sitios anteriores, realizado por CEAMSE, teniendo en cuenta una amplia gama de variables tales como: tipo y profundidad del suelo, profundidad de la napa freática, pendiente del terreno, recarga anual, distancia a aeropuertos, uso del suelo, distancia al borde del centro urbano, tipo y estado de los caminos, dirección del viento, disponibilidad de los servicios, vegetación y fauna afectadas, son los siguientes:

→ El sitio que tiene mayor aptitud para la instalación de un centro de disposición final es el **Sitio N° 3**, seguido en orden de importancia por los **Sitios N° 5** y **N° 4** respectivamente.

9-5-2. DESARROLLO DISPOSICIÓN FINAL PARA LA ALTERNATIVA 1

- SIN SEPARACIÓN EN ORIGEN
- RECOLECCIÓN UNICA
- 100% RELLENO SANITARIO
- VIDA ÚTIL: 5 años

Ésta alternativa surge del hecho de tener en cuenta una solución en caso de que los programas de recuperación de residuos sólidos fracasen o no puedan ser implementados como parte de una gestión integral de RSU. Por lo tanto, se considera necesario hacer un análisis de éste sistema para contar con los valores de máxima en cuanto a superficie de terreno, volumen de RSU, requerimientos particulares, etc.

Los residuos que se van a disponer en el relleno sanitario, corresponden entonces al 100 % de los residuos domiciliarios, residuos de aporte particular (inorgánicos) y residuos provenientes de la recolección privada (en su mayoría orgánicos).

En cuanto a los desperdicios mayores, restos de poda y ramas, cabe destacar que resulta conveniente que sean triturados mediante una máquina chipeadora, para poder minimizar los volúmenes destinados a la disposición final. De ésta manera se obtiene una disminución del 70% de la cantidad de residuos mayores a disponer. Si bien éste equipo representa un costo más que debe contemplarse, se reduce significativamente la necesidad de terreno para disposición final.

Se debe tener en cuenta el aumento de residuos que se produce anualmente, debido a la tasa de crecimiento de la población, a los hábitos de consumo, etc. Éste incremento de residuos se considera del orden del 7% anual, en función de estudios realizados anteriormente en la ciudad de Venado Tuerto.

Es necesario realizar el **balance de materiales**, el cual es fundamental para el dimensionamiento del relleno sanitario. Los valores actuales de cantidades de residuos son los que se detallan a continuación:

+ residuos domiciliarios	=	72.000 kg / día
+ residuos aporte partic.	=	20.538 kg / día
+ residuos recol. privado	=	20.000 kg / día
+ desperdicios mayores	=	50.000 kg / día

→ Para el primer año:

+ residuos domiciliarios	=	77.040 kg / día	
+ residuos aporte partic.	=	21.400 kg / día	
+ residuos recol. privado	=	21.400 kg / día	
+ desperdicios mayores	=	53.500 kg / día	(disminuir en 70%)

Total residuos a disponer = 135.890 kg / día

→ Para el segundo año:

+ residuos domiciliarios	=	82.080 kg / día	
+ residuos aporte partic.	=	22.800 kg / día	
+ residuos recol. privado	=	22.800 kg / día	
+ desperdicios mayores	=	57.000 kg / día	(disminuir en 70%)

Total residuos a disponer = 144.780 kg / día

→ Para el tercer año:

+ residuos domiciliarios	=	87.120 kg / día	
+ residuos aporte partic.	=	24.200 kg / día	
+ residuos recol. privado	=	24.200 kg / día	
+ desperdicios mayores	=	60.500 kg / día	(disminuir en 70%)

Total residuos a disponer = 153.760 kg / día

→ Para el cuarto año:

+ residuos domiciliarios	=	92.160 kg / día	
+ residuos aporte partic.	=	25.600 kg / día	
+ residuos recol. privado	=	25.600 kg / día	
+ desperdicios mayores	=	64.000 kg / día	(disminuir en 70%)

Total residuos a disponer = 162.560 kg / día

→ Para el quinto año:

+ residuos domiciliarios	=	97.200 kg / día	
+ residuos aporte partic.	=	27.000 kg / día	
+ residuos recol. privado	=	27.000 kg / día	
+ desperdicios mayores	=	67.500 kg / día	(disminuir en 70%)

Total residuos a disponer = 171.450 kg / día

Mediante los resultados del balance de masa, a través de los distintos años de operación del vertedero, se calculan los distintos parámetros que permitirán proceder al dimensionamiento del relleno sanitario.

Por lo tanto, se pueden obtener los valores correspondientes a la cantidad anual de RSU, el volumen de relleno necesario anual y acumulado, la superficie requerida para rellenar, la superficie total considerando las áreas adicionales, etc.

Éste esquema de manejo de residuos sólidos urbanos, consiste en disponer la totalidad de los residuos que se generan en la ciudad en un relleno sanitario de características adecuadas. No se contempla la posibilidad de separar los residuos, ni de su posterior comercialización. Solamente se considera la trituración de los desperdicios mayores, para poder reducir la cantidad a disponer y tener menor demanda de terreno destinado a la disposición final de los residuos sólidos (relleno sanitario).

Un sistema de disposición final de residuos, basado sólo en disposición en relleno sanitario, necesita una importante superficie y capacidad, debido a la mayor cantidad de residuos que se van a depositar. Además, de producir un mayor impacto ambiental que un sistema en donde se extraigan aquellos materiales que tienen una recuperación comercial, lo que produce una disminución en el volumen de residuos.

✓ **DATOS CARACTERÍSTICOS**

Se calculan los valores de cantidad de RSU diaria, anual, acumulada, volumen de desechos sólidos compactados, estabilizados y en el relleno sanitario, área requerida, etc. para un vertedero controlado, cuya vida útil se estima en 5 años.

La densidad de los residuos sólidos compactados durante la construcción del relleno sanitario oscila en 700 kg / m<sup>3</sup> y para evaluar el volumen de los residuos estabilizados en el relleno se considera una disminución volumétrica por descomposición del 30%.

Es importante considerar para el volumen de relleno el material de cobertura representado por un 20% a 25% del total. También, se debe incluir el factor de aumento del área adicional requerida para los caminos internos, instalaciones sanitarias, playa de maniobras, etc. Este se considera entre un 20-40% del área a rellenar.

AÑO	CANTIDAD RSU			VOLUMEN DESECHOS SOLIDOS					AREA REQUERIDA	
	DIARIA kg	ANUAL ton	ACUM. ton	COMPACTADOS		ESTABILIZADOS m <sup>3</sup> / año	RELLENO		RELLENO m <sup>2</sup>	TOTAL ha
				DIARIA m <sup>3</sup> / día	ANUAL m <sup>3</sup> / año		ANUAL m <sup>3</sup>	ACUM. m <sup>3</sup>		
1	135.890	49599,8	49599,9	194,13	70856,9	49599,85	59519,82	59519,8	19839,94	2,58
2	144.780	52844,7	102444,6	206,83	75492,4	52844,70	63413,64	122933,5	21137,88	2,75
3	153.670	56089,5	158534,1	219,53	80127,9	56089,55	67307,46	190240,9	22435,82	2,92
4	162.560	59334,4	217868,5	232,23	84763,4	59334,40	71201,28	261442,2	23733,76	3,09
5	171.450	62579,2	280447,8	244,93	89398,9	62579,25	75095,10	336537,3	25031,70	3,25

**AREA TOTAL (has) = 14,58**

→ **TOTAL SUP. RELLENO SANITARIO = 15 has. \***

\* Superficie total 100% RSU para 5 años de operación.

El relleno sanitario propuesto ocupa una superficie de 15 has, de las cuales, la superficie neta es de 12 has en donde se desarrollan las tareas de disposición final de residuos (módulos y celdas de disposición), y las 3 has restantes son destinadas a la infraestructura de control de entrada y salida de vehículos recolectores, vías de comunicación internas, forestación y sectores para la administración e instalaciones sanitarias.

## ✓ **INFRAESTRUCTURA BÁSICA**

Como se dijo anteriormente, la ejecución de un relleno sanitario, requiere la construcción de obras civiles e infraestructura adecuada para la correcta disposición de los residuos sólidos. Por lo tanto se deben considerar los siguientes ítems:

- **Trazado vial exterior:** las características de las vías de acceso al relleno sanitario dependerán del emplazamiento del mismo. Es fundamental el estado de conservación en el que se encuentren los caminos externos.
  
- **Cerco perimetral:** en toda la superficie donde se ejecutará la obra
  
- **Infraestructura de control de entrada y salida de vehículos:** se caracteriza por poseer una oficina principal, con sanitarios para el personal de oficina y vestuarios con una superficie aproximada de 30 m<sup>2</sup>, una playa de estacionamiento de vehículos, además de la bascula de pesaje de camiones recolectores.
  
- **Trazado vial interior:** caminos perimetrales y temporales para el tránsito de los vehículos recolectores y particulares hasta la zona de descarga en la playa de operación de cada módulo. Conviene que estén desprovistos de vegetación, y que posean una buena transitabilidad en días de inclemencias climáticas.
  
- **Instalaciones complementarias y Servicios de obra:** oficinas, galpones, instalaciones sanitarias. Éstas dependencias deben contar con servicio eléctrico, sanitario, agua potable, teléfono, gas, la evacuación de los líquidos residuales, además de poseer la tecnología informática indispensable para el control de entrada y salida de camiones recolectores y vehículos particulares. El relleno sanitario debe contar con una línea de iluminación tal que aporte la energía eléctrica requerida para las oficinas de control y administración, y para toda el área de operación del relleno (módulos, celdas y caminos perimetrales y temporarios).
  
- **Plantación de árboles en el perímetro y parqueización**
  
- **Red de escurrimiento superficial**

## ✓ EQUIPO Y PERSONAL

En cuanto al **equipo, maquinarias y vehículos de operación** del relleno sanitario, es preciso disponer del siguiente equipamiento para la realización de las tareas de operación:

- Cargador frontal sobre orugas, de una potencia no inferior a 130 HP equipado con escarificador
- Tractor sobre neumáticos de 130 HP, equipado con pala de arrastre
- Máquina chipeadora de residuos mayores de 50 HP
- Niveladora de arrastre

Conviene tener presente que, los tractores correctamente equipados pueden utilizarse para llevar a cabo todas las operaciones necesarias dentro de un relleno sanitario, incluyendo la nivelación, compactación, cubrición, realización de zanjas e incluso el transporte de los materiales de cobertura.

Para la ejecución de un relleno sanitario se necesita considerar **personal** especializado durante las distintas etapas del proyecto; planeamiento, puesta en marcha y funcionamiento.

La planta laboral afectada a la operación del relleno sanitario se puede esquematizar de la siguiente manera:

- Encargado del servicio
- Choferes maquinistas
- Serenos administrativos
- Ingeniero civil
- Operarios de tarea generales

## ✓ TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS Y GASES

Se deben incluir instalaciones para la recolección y tratamiento de lixiviados y gases generados por la descomposición de los residuos sólidos y la acción de las aguas pluviales dentro del relleno sanitario.

En cuanto a los líquidos percolados, el tipo de instalaciones de recolección y tratamiento dependerá de las características del lixiviado, y de la localización geográfica y física del relleno sanitario. Los aspectos más preocupantes del lixiviado incluyen: DBO, DQO, sólidos totales disueltos (STD), metales pesados, y constituyentes tóxicos sin especificar. La capacidad de las instalaciones de tratamiento dependerá del tamaño del relleno sanitario y la vida útil esperada.

El sistema colector de líquidos lixiviados consiste en caños de PVC de un diámetro de 10 pulgadas ubicados longitudinalmente a través del módulo en las bermas correspondientes, estos caños están ranurados en toda su extensión, y recubiertos de una capa de grava y arena de granulometría variable que posibilita el filtrado del líquido y la no-obstrucción del sistema.

Es importante destacar que existe la posibilidad de derivar los lixiviados a la planta de tratamiento de efluentes cloacales de la Cooperativa de Obras Sanitarias de nuestra ciudad, realizando un pretratamiento de los líquidos percolados en **laguna estabilizadora** ó a través de **dilución** hasta que los valores de DBO (demanda bioquímica de oxígeno) que contienen los lixiviados se asemejen a los que proporcionan los cloacales.

Por lo tanto, sería posible el tratamiento de los mismos en las lagunas de estabilización. El principio de funcionamiento de las *lagunas de estabilización* se basa en que no tratan los líquidos residuales, sino que los “estabilizan”. El efluente de una laguna de estabilización puede contener más materia orgánica que el líquido residual que ingresa en ella. Pero, la diferencia consiste en que el líquido que entra contiene materia orgánica muerta que ejerce una alta demanda de DBO, mientras que el efluente lleva materia orgánica viva que no tiene demanda bioquímica de oxígeno. En función del contenido de oxígeno que posea la masa líquida, las lagunas se pueden clasificar en: aeróbicas, anaeróbicas, y facultativas.

En referencia a la producción de gases en el relleno sanitario, la cantidad de gases que se generan depende del tipo de residuo orgánico, de su estado y de las condiciones del medio que pueden favorecer o desfavorecer el proceso de descomposición.

Se deben evacuar éstos gases a la atmósfera mediante un sistema de venteo, que se hace a través de varios caños o chimeneas para facilitar su dispersión y minimizar los potenciales problemas de olor. Éste drenaje vertical debe ser colocado en varios puntos estratégicos del relleno sanitario para asegurar la migración de los gases del interior del relleno.

## ✓ DETERMINACIÓN DE COSTOS

Para complementar el desarrollo de la propuesta de disposición final de residuos sólidos urbanos para la ciudad de Venado Tuerto, mediante el método de relleno sanitario, se incluyen valores estimativos del costo de tonelada de RSU dispuesta.

Éstos costos forman parte de lo que se denomina “**presupuesto presuntivo**”, y sirven como parámetro para tener una aproximación de los valores que deben manejarse en la etapa de disposición final de residuos sólidos.

Por lo tanto, se adjuntan los **costos de infraestructura básica y de operación**, suministrados por la Secretaría de Servicios Públicos de la Municipalidad de nuestra ciudad, correspondientes a un relleno sanitario propuesto en el marco de un estudio realizado con la empresa CEAMSE (Coordinación Ecológica Área Metropolitana Sociedad del Estado).

Los ítems que tuvieron en cuenta para realizar la valoración de infraestructura y operación del relleno sanitario, son los siguientes:

- SUPERFICIE NECESARIA
- CERCADO PERIMETRAL
- DESMONTE (Retiro del suelo vegetal)
- EXCAVACION Y CONSTRUCCION
- TERRAPLEN PERIMETRAL- COSTO PERFILADO
- EXCAVACION (REMANENTE) PARA EL ACOPIO
- AISLACION ARTIFICIAL DEL POLIETILENO
- COBERTURA DE PROTECCION DE MEMBRANA
- CONSTRUCCION DE BERMAS
- SOPORTE INFERIOR CAPA DE RODAMIENTO
- CAPA DE RODAMIENTO
- ESTUDIOS HIDROGEOLOGICOS
- POZOS DE MONITOREO
- INFRAESTRUCTURA EDILICIA Y FORESTACION
  
- DISTRIBUCION Y COMPACTACION DE RESIDUOS
- COBERTURA FINAL
- COBERTURAS INTERMEDIAS
- PERSONAL

La sumatoria de todos estos valores anteriores dio como resultado:

→ **COSTO POR TONELADA RSU:**      **\$/ ton 28,50**

### 9-5-3. DESARROLLO DISPOSICIÓN FINAL PARA LA ALTERNATIVA 2

- SIN SEPARACIÓN EN ORIGEN
- RECOLECCIÓN UNICA
- SEPARACION EN DESTINO
- PLANTA DE TRATAMIENTO
- RELLENO DE SEGURIDAD

En ésta alternativa se plantea la disposición final en un relleno de seguridad exclusivamente de los residuos sólidos urbanos que no pudieron ser recuperados.

Los residuos que se depositarán en dicho relleno son algunos productos medicinales domiciliarios (envases de medicamentos), restos de pinturas y sus envases, pañales, materiales que no tengan ningún fin comercial y todo aquel que por su naturaleza no pueda ser recuperado para un uso posterior. El volumen de RSU a disposición final surge a partir de la eficiencia en los procesos de separación y de los descartes o rechazos producto de lo que no se puede recuperar.

Para nuestro caso, este tipo de relleno **no** necesita instalaciones especiales para la extracción de lixiviados, ni venteo de gases, debido a que por la clase de residuos que se depositan no hay generación de líquidos percolados, ni tampoco producción de gas. Éste método de disposición final resulta mucho más sencillo de operar que un relleno sanitario tradicional, en donde se deben contemplar muchos más factores.

#### ✓ **METODO ADOPTADO**

El método adoptado para la disposición final de los residuos sólidos que no pueden recuperarse o que no admiten otro tipo de eliminación, es el “**relleno de seguridad tipo trinchera**”.

Según los posibles emplazamientos sugeridos por el estudio citado, y las restricciones que impone este tipo de vertedero, se adopta una **profundidad** de aproximadamente **2,00 m** para el relleno de seguridad.

El vertedero de seguridad debe contar con un sistema doble de impermeabilización y drenaje en el fondo y en los taludes internos, para la recolección y evacuación de los posibles lixiviados. Estos pueden producirse por el agua de lluvia que ingresa durante la operación, o por fallas o roturas de las membranas luego de su cierre.

Este sistema de impermeabilización, constituido por membranas de polietileno de alta densidad, y por una capa de arcilla natural compactada de 1 m de espesor, es la barrera física que contiene los residuos.

✓ **DATOS CARACTERÍSTICOS**

Para el **primer y segundo módulo** de la planta de separación, que tienen un período total de operación de 18 meses, donde se produce paralelamente el abandono del vaciadero municipal, los datos característicos son los siguientes:

- PRIMER MÓDULO:

→ 30% RSU: PLANTA CLASIF.

→ 70% RSU: BASURAL A CIELO ABIERTO

→ **Total de residuos a relleno = 17,75 ton / día**

- SEGUNDO MÓDULO:

→ 60% RSU: PLANTA CLASIF.

→ 40% RSU: BASURAL A CIELO ABIERTO

→ **Total de residuos a relleno = 20,45 ton / día**

MOD.	CANTIDAD RSU			VOLUMEN DESECHOS SOLIDOS					AREA REQUERIDA	
	DIARIA kg	PERIOD ton	ACUM. ton	COMPACTADOS		ESTABILIZADOS m³/period	RELLENO		RELLENO m²	TOTAL ha
				DIARIA m³/día	PERIOD		DIARIA m³/día	PERIOD		
1	17.750	4859,06	4859,1	25,36	6941,52	4859,06	5830,90	5830,9	2915,44	0,38
2	20.450	5598,19	10457,2	29,21	7997,41	5598,19	6717,82	12548,7	3358,91	0,44

**AREA TOTAL ( has) = p/ 18 meses de operación 0,82**

→ **TOTAL SUP. P/ 18 MESES = 1 ha.** (A partir de donde se clasifica 100% RSU)

- TERCER MÓDULO:

→ 100% RSU: PLANTA CLASIF.

→ Tiempo de operación: puesta en marcha a partir de los 18 meses

→ VIDA ÚTIL: 5 años

La densidad de los residuos sólidos compactados durante la construcción del relleno oscila en 700 kg / m<sup>3</sup> y para evaluar el volumen de los residuos estabilizados en el vertedero se considera una disminución volumétrica por descomposición del 30%.

Es importante considerar para el volumen de relleno el material de cobertura representado por un 20% a 25% del total y también incluir el factor de aumento del área adicional requerida para los caminos internos, instalaciones sanitarias, playa de maniobras, etc. Este se considera entre un 20-40% del área a rellenar.

AÑO	CANTIDAD RSU			VOLUMEN DESECHOS SOLIDOS					AREA REQUERIDA	
	DIARIA kg	ANUAL ton	ACUM. ton	COMPACTADOS		ESTABI- -ZADOS m <sup>3</sup> / año	RELLENO		RELLENO m <sup>2</sup>	TOTAL ha
				DIARIA m <sup>3</sup> /día	ANUAL m <sup>3</sup> /año		ANUAL m <sup>3</sup>	ACUM. m <sup>3</sup>		
1	24.150	8814,7	8814,8	34,50	12592,5	8814,75	10577,7	10577,7	5288,85	0,69
2	25.620	9351,3	9351,3	36,60	13359,0	9351,30	11221,6	11221,6	5610,78	0,73
3	27.150	9909,7	9909,8	38,78	14156,8	9909,75	11891,7	11891,7	5945,85	0,77
4	28.680	10468,2	10468,2	40,97	14954,6	10468,20	12561,8	12561,8	6280,92	0,82
5	30.200	11023,0	11023,0	43,14	15747,1	11023,00	13227,6	13227,6	6613,80	0,86

**AREA TOTAL ( has) = p/ 5 años vida útil relleno 3,87**

→ **TOTAL SUP. RELLENO SANITARIO = 5 has.\***

\* Superficie total tres módulos para 6 ½ años de operación.

## ✓ **INFRAESTRUCTURA BÁSICA**

También, en este caso para la ejecución de un relleno de seguridad, se requiere la construcción de obras civiles y de infraestructura que permitan la correcta disposición de los residuos sólidos urbanos.

Éstas instalaciones complementan a las requeridas para la operación de la planta de tratamiento de RSU, formando un conjunto de infraestructura básica para llevar a cabo un manejo integral de los residuos sólidos urbanos.

Por lo tanto se deben considerar los siguientes ítems, algunos de los cuales ya se consideraron en la infraestructura necesaria para el funcionamiento de la planta de tratamiento de residuos sólidos:

→ **Trazado vial exterior:**

→ **Cerco perimetral**

→ **Infraestructura de control de entrada y salida de vehículos**

→ **Trazado vial interior**

→ **Instalaciones complementarias y Servicios de obra**

→ **Plantación de árboles en el perímetro y parqueización**

→ **Red de escurrimiento superficial**

✓ **EQUIPO Y PERSONAL**

El **equipo y maquinarias** necesarios para la construcción del relleno de seguridad, es básicamente el mismo que el requerido para la ejecución del relleno sanitario de la ALTERNATIVA 1, por lo tanto se debe disponer del siguiente equipamiento para la realización de las tareas de operación:

- Cargador frontal sobre orugas, de una potencia no inferior a 130 HP
- Tractor sobre neumáticos de 130 HP, equipado con pala de arrastre
- Una niveladora de arrastre

Es importante destacar que en esta alternativa, durante el **primer y segundo módulo**, debido a la cantidad de residuos sólidos a disponer no es necesario operar diariamente en el relleno de seguridad, se podría plantear por ejemplo, una secuencia de disposición de desechos de dos veces a la semana. Para el **tercer módulo**, en cambio, la operatoria en el vertedero es diaria.

Para la ejecución de un relleno de seguridad, como parte de un sistema integral de manejo de residuos sólidos urbanos, el **personal** afectado a la operación del relleno forma parte de la planta laboral necesaria para llevar a cabo las tareas de la planta de clasificación y tratamiento de residuos.

Por lo tanto, el personal encargado de las actividades relacionadas con el vertedero está incluido dentro del total de operarios que se requieren para el funcionamiento de la planta de tratamiento y centro de disposición final de residuos sólidos urbanos.

## ✓ DETERMINACIÓN DE COSTOS

Se incluyen, también en ésta alternativa, valores estimativos del costo de tonelada de RSU dispuesta, para complementar el desarrollo de la propuesta de disposición final de residuos que no pueden ser recuperados, mediante el método de relleno de seguridad.

Como se dijo anteriormente, éstos costos forman parte de lo que se denomina “presupuesto presuntivo”, y sirven como parámetro para tener una aproximación de los valores que deben manejarse en la etapa de eliminación de residuos sólidos, y de esta manera estimar el costo por tonelada dispuesta de residuos sólidos urbanos en un relleno de seguridad.

También, se toman como base los **costos de infraestructura básica y de operación**, suministrados por la Secretaría de Servicios Públicos de la Municipalidad de nuestra ciudad, pero en esta alternativa no se considera el personal, debido a que ya se incluye en los costos de operación de la planta de recuperación de residuos.

Por lo tanto, los ítems que tuvieron en cuenta para realizar la valoración de infraestructura y operación del relleno de seguridad, son los siguientes:

- SUPERFICIE NECESARIA
- CERCADO PERIMETRAL
- DESMONTE (Retiro del suelo vegetal)
- EXCAVACION Y CONSTRUCCION
- TERRAPLEN PERIMETRAL- COSTO PERFILADO
- EXCAVACION (REMANENTE) PARA EL ACOPIO
- AISLACION ARTIFICIAL DEL POLIETILENO
- COBERTURA DE PROTECCION DE MEMBRANA
- CONSTRUCCION DE BERMAS
- SOPORTE INFERIOR CAPA DE RODAMIENTO
- CAPA DE RODAMIENTO
- ESTUDIOS HIDROGEOLOGICOS
- POZOS DE MONITOREO
- INFRAESTRUCTURA EDILICIA Y FORESTACION
  
- DISTRIBUCION Y COMPACTACION DE RESIDUOS
- COBERTURA FINAL
- COBERTURAS INTERMEDIAS

La sumatoria de todos estos valores anteriores dio como resultado:

→ **COSTO POR TONELADA RSU:**      **\$/ ton 23,50**

## **CAPÍTULO 10: CONCLUSIONES**

### **10-1- SOBRE LA GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS**

Según lo expresado en capítulos anteriores, se entiende como **gestión integral de residuos sólidos** a los procesos de generación, manipuleo, acondicionamiento, recolección, transporte, almacenamiento, reciclaje, valorización, disposición final de los desechos y comercialización de los residuos reciclados, de manera segura, sin causar impactos negativos al medio ambiente, a un costo reducido.

Por lo tanto, para la optimización de todas las actividades relacionadas con el manejo de los residuos, es conveniente incorporar el concepto de gestión integral de residuos sólidos, para elaborar una estrategia que busque solucionar los problemas, con los menores costos sociales, económicos y políticos. Es indispensable que cada actor social, público y privado, asuma la responsabilidad y el rol que le corresponde en la resolución del problema de los residuos.

El programa de gestión integral de residuos sólidos, está dirigido a la protección ambiental, con la ejecución de un sistema de recolección y recuperación de residuos domiciliarios, que constituyan un aporte al mejoramiento de la calidad de vida de la población y un mejor porvenir para nuestras generaciones futuras. También se plantea la incorporación de los cirujas al mercado laboral formal y se incluye la disposición final de los residuos sólidos.

El manejo integral de los residuos implica trabajar sobre los siguientes aspectos:

- ✓ La educación de la población para que asuma su responsabilidad en el tema.
- ✓ Los procesos por los que atraviesan los residuos (generación, recolección, transporte, tratamiento, disposición final y comercialización) para mejorar su eficiencia.
- ✓ La legislación que establezca normas que regulen tanto el manejo de los residuos como los procesos productivos.
- ✓ El problema social (cirujeo) que se desarrolla en torno a la utilización y comercialización de estos materiales para evitar se profundice la exclusión de un importante sector de la sociedad.

Para obtener una solución exitosa al problema que ocasionan los residuos, es necesario considerar los numerosos aspectos que involucran su manejo. Si se apunta a trabajar solamente con algunos de éstos factores y se descuida la conexión con el resto, el plan seguramente fracasará. Es importante recalcar que en lo referido al tema de los residuos, recolección, recuperación y disposición final de los mismos, cada zona, tiene una realidad diferente y hay que ajustarse a ella.

## 10-2- SOBRE LA RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE DE RSU

La incidencia del costo de equipo y mano de obra en el costo final de recolección, tanto en el sistema tradicional como en el sistema de recolección selectiva, esta en directa relación con el dimensionamiento de los mismos equipos. En general, se produce un sobredimensionamiento de los equipos y mano de obra.

El costo de los sistemas de recolección podrá racionalizarse en la medida que se programen recolecciones que impliquen la utilización completa de los volúmenes disponibles en los vehículos afectados a tal fin, de manera de optimizar el servicio.

La recolección de residuos en nuestra ciudad es domiciliaria, es decir casa por casa, y en algunas zonas se colocan los desechos en contenedores comunitarios en lugares estratégicos. Ésta tarea de recolección y transporte se realiza diariamente.

Se recolectan separadamente los desperdicios mayores y materiales gruesos (materiales de construcción, etc.), aunque luego, también son depositados en el actual basural municipal.

Se observa que si bien, se indica que los residuos se deben colocar en bolsas de plástico, en algunas zonas de la ciudad, todavía se utilizan recipientes plásticos o latas (envases de plaguicidas, combustibles, etc.) para desechar la basura.

En cuanto a la recolección selectiva de residuos, según investigaciones realizadas, son pocas las localidades en donde se lleva a cabo este tipo de recolección, que se implementa a partir de campañas específicas, existiendo muy pocos casos de servicios de recolección selectiva estables.

Para poder llevar adelante un sistema de recolección selectiva, es fundamental que todos los ciudadanos se comprometan a realizar la separación en domicilio de los diferentes tipos de residuos y depositarlos en el contenedor adecuado.

El sistema de **recolección y transporte de residuos sólidos urbanos**, que se plantea dentro de la gestión de residuos para nuestra ciudad, es el sistema de *recolección domiciliaria común* de los residuos orgánicos e inorgánicos que se generan diariamente, tal como lo realiza actualmente el municipio.

En nuestro caso, los mayores costos de recolección y transportes, se observan en la recolección de desperdicios mayores. Ésta situación se debe a que la alta generación de los mismos demanda un servicio continuo y un numeroso plantel de empleados para realiza dichas tareas. Además, requieren varias horas de trabajo y no se cuenta con suficiente cantidad de equipos.

### **10-3- SOBRE EL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE RSU**

La tendencia mundial es la minimización de los residuos. No tanto por una cuestión de reducir costos de transporte sino para reducir costos de disposición final. Por lo tanto, es importante incluir dentro de la recuperación de residuos sólidos el concepto de minimización.

Los beneficios potenciales de la reducción de materiales, son atractivos económicamente ya que en la mayoría de los municipios, los gastos más importantes están relacionados con el manejo y la disposición de residuos.

Es importante tener presente que la posibilidad de implementar un sistema de tratamiento de residuos sólidos, depende de la cantidad y tipo de residuos que se generan en la ciudad y de la demanda comercial de los mismos.

Se propone un sistema de tratamiento de residuos sólidos, en etapas, y paralelamente a la implementación del programa de clasificación y recuperación de RSU, se plantea realizar la desactivación progresiva del actual basural municipal.

El proceso de tratamiento y recuperación de residuos esta afectado básicamente por la inversión de las instalaciones a construir, el costo de manejo de los residuos, el precio de los materiales recuperados, la estabilidad de los mercados y la legislación vigente. Los primeros puntos están presentes en toda evaluación de proyectos y hacen posible o no una inversión. Con relación al último punto, la legislación debe ser provista en el ámbito nacional y provincial, y tener la adhesión del municipio para asegurar un sistema ambientalmente más sano.

Referente a la planta de tratamiento de residuos, en cuanto a la capacidad operativa, en el primer módulo de operación planteado (ALTERNATIVA 2), se observa una alta capacidad ociosa, y por lo tanto, el costo que significa mantener esta capacidad operativa sin uso es muy importante.

La composición de los distintos costos de operación muestra que el costo de mantenimiento general y los costos muertos o improductivos son muy significativos sobre el costo total, por lo que racionalizar estas actividades es decisivo en la búsqueda de optimizar el costo operativo de la planta de tratamiento.

Es factible la alternativa de invertir en infraestructura en la medida que se incrementan los volúmenes a tratar de acuerdo a los porcentajes de RSU que se van incorporando al plan de recuperación.

El reciclaje no termina al recolectar, transportar y almacenar un material, sólo se concreta cuando ese material aparece formando parte de un nuevo producto.

La inestabilidad en los mercados puede ocasionar grandes cantidades de materiales acopiados sin destino final que no sea el relleno. La única solución a este problema es "comprar reciclado". Los organismos gubernamentales pueden promover dentro de su propio ámbito el consumo de tales productos como elemento esencial en el fomento de esos mercados.

Puede considerarse conveniente formar cooperativas de vecinos que reciban los materiales para reciclar, como papel, aceites lubricantes, baterías, neumáticos, etc y se queden con el producto de la separación para su comercialización.

La actitud de la población hacia el reciclaje es un factor clave que no debe ser subestimado, debido a que cambiar los hábitos de la gente puede ser uno de los aspectos más difíciles del desarrollo de un programa de recuperación de residuos.

El reciclar no resulta un mecanismo natural para la gente, como sí lo es el hábito de comprar/usar/desechar, y además, prefiere comprar lo "más atractivo". La gente tiende a frustrarse si no comprende o no está suficientemente informada acerca de los planes de reciclaje de materiales.

Se puede concluir que la instalación de plantas de tratamiento de residuos, logra disminuir considerablemente la ocupación de terrenos para el emplazamiento de vertederos controlados.

Paralelamente, contribuyen a reducir el impacto ambiental negativo que podrían provocar los vertederos, ya que los mismos recibirían principalmente residuos inorgánicos, que no producen líquidos ni gases debido a su descomposición.

Cuando se tiene plantas de recuperación de residuos de mayor tecnología, se pueden conseguir ingresos por la venta de materiales reciclados, que aunque por lo genera, no alcanzan para producir ganancias, disminuyen los costos de la disposición final de los RSU, y ayudan a amortizar las instalaciones.

#### 10-4- SOBRE LA DISPOSICIÓN FINAL DE RSU

Se propone, tanto para una alternativa de gestión como para la otra, la disposición final de los residuos sólidos urbanos mediante un vertedero controlado, ya sea un relleno sanitario o de seguridad.

Para implementar un vertedero controlado como método de eliminación de residuos, debe tenerse en cuenta que su buen funcionamiento depende de una serie de variables que están íntimamente relacionadas con las condiciones locales, las cuales ejercen una influencia decisiva tanto en la etapa de planificación como en la operación del sistema.

Para obtener una solución definitiva, se debe realizar un estudio detallado que contemple además de los aspectos técnicos, una valoración de costos donde se incluya; costos de adquisición de terrenos, costo de preparación del predio para realizar el vertedero, costos de operación y transporte, costos de mantenimiento, etc.

Es fundamental la toma de decisión sobre estas cuestiones y el desarrollo de campañas de educación y de información en todos los ámbitos de la sociedad.

El motivo que lleva a proponer dos alternativas de gestión de RSU, en donde en una se plantea la disposición final del 100% de los residuos sin ningún tratamiento, y en otra se considera la recuperación de los mismos, se basa principalmente en el hecho de contemplar la posibilidad real de que fracasen los programas de reciclado de residuos, y por lo tanto, en la necesidad de recurrir a un relleno sanitario para disponer la totalidad de los mismos, para no volver a una situación de eliminación descontrolada.

Si se aplica un proceso de recuperación, los residuos que quedan como producto de rechazo, se dispondrán en un relleno de seguridad.

También, es importante llevar a cabo un plan de eliminación de los mini-basurales clandestinos que existen en la ciudad, que son grandes focos de contaminación ambiental, y además fomentan el cirujeo.

#### **10-5- SOBRE LA SITUACIÓN SOCIAL**

Hasta hace unos varios años atrás, era habitual encontrar en las calles de cualquier pueblo o ciudad a recolectores informales que se los denominaba "botelleros", que utilizando carros tirados por caballos, compraban distintos tipos de residuos (metales, botellas, papeles, etc.).

A pesar de que estos personajes casi han desaparecido, la recolección informal de residuos se profundizó, y es posible ver como una enorme cantidad de personas recorren la vía pública retirando de las bolsas de residuos aquellos materiales que pueden comercializar o utilizar (incluso para alimentarse). Para disminuir el volumen de los que no aprovechan, realizan quemas periódicas que afectan seriamente su calidad de vida y profundizan la contaminación ambiental.

Otro grupo de recolectores informales son los que desarrollan sus actividades directamente en los basurales, donde rompen, revisan las bolsas de residuos y recuperan las fracciones que son de su interés.

Finalmente, existe otro grupo de personas que capitalizan el trabajo y manejan no sólo la recuperación sino principalmente su comercialización.

Los vaciaderos crean dentro de las ciudades áreas de aislamiento social. Por lo tanto, es importante apuntar a un programa de inserción laboral de los cirujas y de las familias relacionadas al cirujeo, para evitar que se siga excluyendo un importante sector de la sociedad, con las consecuencias que esto trae aparejado.

Esto se puede llevar a cabo a través de la propuesta de gestión planteada en la ALTERNATIVA 2, que propone la inclusión de aquellas personas que practican el cirujeo en el actual basural, a través de la creación de "puntos limpios", en donde ellos mismos puedan realizar las tareas de clasificación de los residuos de aporte particular (inorgánico) en condiciones dignas y obtener los productos para comercializar.

Además, de solucionar los problemas sociales que ocasiona el manejo informal de los residuos, es fundamental que se produzca un cambio cultural en la población y una concientización acerca del medio ambiente, que acompañe el desarrollo de un plan de gestión de residuos sólidos urbanos. Esto es importante ya que no toda la ciudad va a responder de la misma manera a pautas similares. Se requiere que la comunidad posea una actitud consumista responsable y consciente, que permita disminuir al máximo los desechos generados innecesariamente.

**10-6- SOBRE LA VALORACIÓN ECONÓMICA DE LAS PROPUESTAS**

Es necesario hacer una valoración económica de cada una de las etapas que forman parte de las alternativas que se proponen, para de ésta manera poder compararlas económicamente, y tener fundamentos para definir la factibilidad de una u otra propuesta, en términos económicos.

También, se deben considerar los costos del manejo actual de residuos sólidos urbanos de nuestra ciudad, para visualizar cómo incide la implementación de un sistema integral de tratamiento y disposición de residuos en los costos actuales.

✓ **MANEJO ACTUAL DE RSU**

- RECOLECCIÓN UNICA
- SIN TRATAMIENTO
- BASURAL A CIELO ABIERTO

DESCRIPCIÓN TAREA	CANT. DIARIA RSU (ton)	CANT. MENSUAL RSU (ton)	COSTO UNITARIO (\$/ton)	COSTO TOTAL (\$/ mes)
Recolección Domiciliaria	72,00	1852,00	12,55	23242,60
Recolección Desperdicios Mayores	49,00	972,00	67,50	65610,00
Aporte Particular (Inorgánicos)	20,00	534,00	-	-
Recolección Privada (Orgánicos)*	20,00	534,00	-	-
Clasificación y Reciclado	-	-	-	-
Disposición Final	140,00	3358,00	3,06	10275,48

**TOTAL** **\$/ mes 99128,08**

\* Recolección Privada: se recolectan residuos orgánicos por una empresa privada, éstos desechos no se depositan en el basural, según informaciones obtenidas se destinan para criadero de cerdos.

✓ **GESTION RSU: ALTERNATIVA1**

- SIN SEPARACIÓN EN ORIGEN
- RECOLECCIÓN UNICA
- 100% RELLENO SANITARIO
- VIDA ÚTIL: 5 años

DESCRIPCIÓN TAREA	CANT. DIARIA RSU (ton)	CANT. MENSUAL RSU (ton)	COSTO UNITARIO (\$/ton)	COSTO TOTAL (\$/ mes)
Recolección Domiciliaria	72,00	1852,00	12,55	23242,60
Recolección Desperdicios Mayores	49,00	972,00	67,50	65610,00
Aporte Particular (Inorgánicos)	20,00	534,00	-	-
Recolección Privada (Orgánicos)	20,00	534,00	-	-
Clasificación y Reciclado	-	-	-	-
Disposición Final *	130,00	3211,60	28,50	91530,60

<b>TOTAL</b>			<b>\$/ mes</b>	<b>180383,20</b>
--------------	--	--	----------------	------------------

\*En la cantidad mensual de RSU para disposición final, debe considerarse que los desperdicios mayores son chipeados para obtener una reducción del 70%, y así disminuir la superficie requerida para el relleno sanitario.

✓ **GESTION RSU: ALTERNATIVA2**

- SIN SEPARACIÓN EN ORIGEN
- RECOLECCIÓN UNICA
- SEPARACION EN DESTINO
- PLANTA DE TRATAMIENTO
- RELLENO DE SEGURIDAD

DESCRIPCIÓN TAREA	CANT. DIARIA RSU (ton)	CANT. MENSUAL RSU (ton)	COSTO UNITARIO (\$/ton)	COSTO TOTAL (\$/ mes)
Recolección Domiciliaria	72,00	1852,00	12,55	23242,60
Recolección Desperdicios Mayores	49,00	972,00	53,45*	51953,40
Aporte Particular (Inorgánicos)	20,00	534,00	-	-
Recolección Privada (Orgánicos)	20,00	534,00	-	-
Clasificación y Reciclado	150,00	3900,00	16,00	62400,00
Disposición Final	25,00	650,00	23,50	15275,00

<b>TOTAL</b>			<b>\$/ mes</b>	<b>152871,00</b>
--------------	--	--	----------------	------------------

\* El costo de recolección de desperdicios mayores disminuye debido a que aproximadamente la mitad del personal se transfiere a la planta de tratamiento de RSU, pero el costo (\$/ ton) que corresponde a esos operarios es distinto del costo de los empleados de la planta, debido a que se manejan distintas cantidades de RSU, y además existen diferencias en los días y horas de trabajo.

Entonces, resumiendo:

✓ Si se dispone los RSU en el basural a cielo abierto, el costo mensual es:

→ \$/ mes **99128,08**

✓ Si se envía la totalidad de RSU a relleno sanitario, el costo mensual sería:

→ \$/ mes **180383,20**

✓ Si se desarrolla un programa de recuperación de RSU, el costo mensual sería:

→ \$/ mes **152871,00**

Se puede concluir que la **ALTERNATIVA 2** de gestión de RSU, además de ser más económica que la **ALTERNATIVA 1**, ofrece la posibilidad del recupero por ventas de los materiales reciclados.

Se determina una recuperación del orden del 30% del costo total mensual de clasificación y reciclado. Por lo tanto:

→ **Recupero por ventas de materiales reciclados:**                      \$/ mes **18720,00**

Otra ventaja que presenta, es que se produce una mayor preservación del medio ambiente, obteniéndose entonces “ganancias” en costos ambientales, ya que contribuye a disminuir la contaminación, y a mejorar aspectos socioeconómicos de la población.

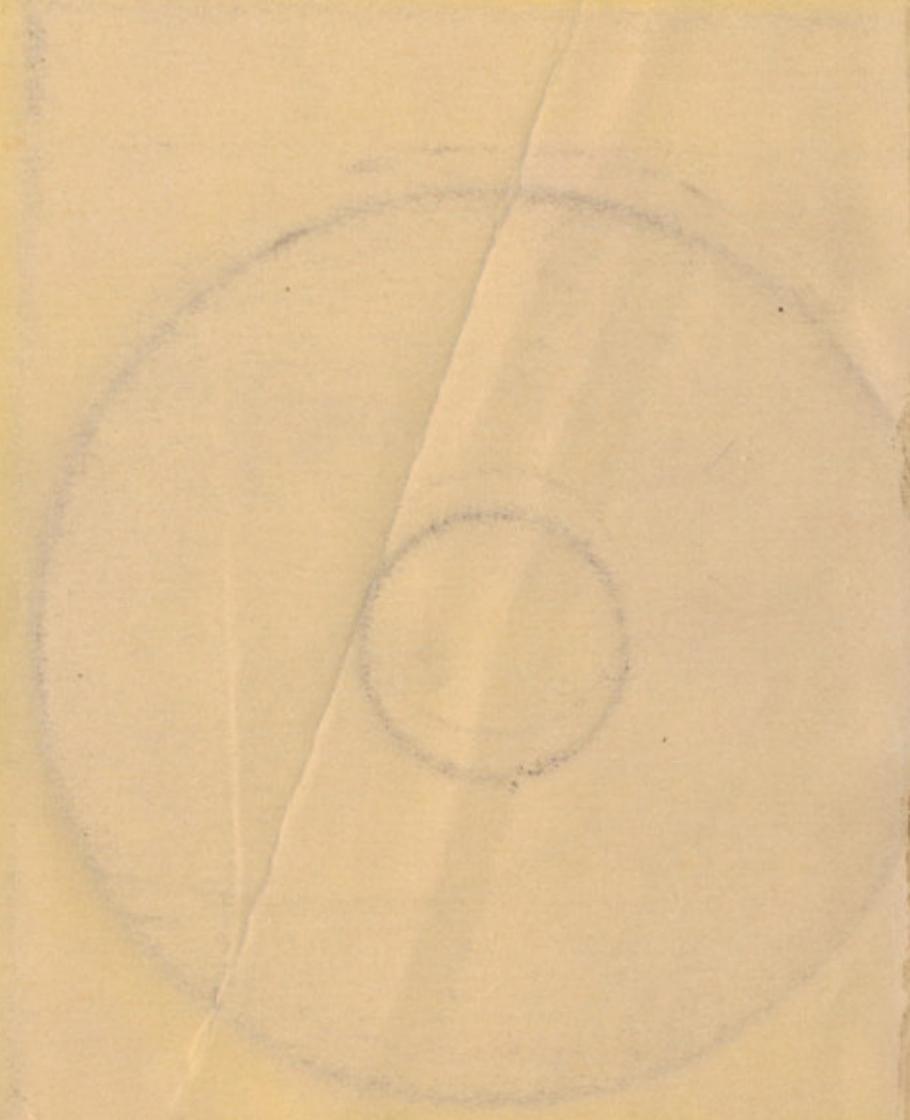
Un aspecto que también debe ser considerado, es la incidencia de los programas de educación ambiental, que si bien es mínima en términos de costos, es de fundamental importancia para la implementación de un programa de recuperación de materiales.

Entonces, si bien la **ALTERNATIVA 2** presenta mejores condiciones para optimizar la gestión de residuos sólidos urbanos, es importante destacar que ésta propuesta debe ser **sustentable económicamente** en el tiempo, ya que de lo contrario, será necesario recurrir indefectiblemente a la **ALTERNATIVA 1**, para no correr el riesgo de volver a la eliminación descontrolada de los residuos.

**BIBLIOGRAFÍA**

- 1- “GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS”  
George Tchobanoglous - Hilary Theisen – Samuel Vigil
  
- 2- “INGENIERÍA SANITARIA – Aplicada a saneamiento y salud pública”  
Unda Opazo
  
- 3- “RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES”  
Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales  
Organización Panamericana de la Salud
  
- 4- “ELIMINACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS”  
López Garrido – Pereira Martínez – Rodríguez Acosta
  
- 5- MANUAL DEL CURSO “DISPOSICIÓN FINAL DE BASURAS Y CONTROL DE VECTORES Y ROEDORES”  
Universidad Nacional del Nordeste – Subsecretaría de Salud Pública de la Nación – Dirección Nacional de Saneamiento
  
- 6- “DISEÑO DE LAS RUTAS DE RECOLECCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS”  
Dr. Kunitoshi Sakurai – Área de Residuos Sólidos  
Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente  
OPS / OMS
  
- 7- MANUAL DEL INGENIERO QUÍMICO – TOMO II  
Perry -
  
- 8- “PLAN NACIONAL DE VALORIZACIÓN DE RESIDUOS”  
Dirección de Calidad Ambiental  
Presidencia de la Nación – Secretaría de Recursos Naturales y Desarrollo Sustentable – Subsecretaría de Ordenamiento Ambiental
  
- 9- “PLAN GENERAL DE VENADO TUERTO”  
Documento de Diagnóstico – Año 1998

- 10- “CONVENIO UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA- MUNICIPALIDAD DE VENADO TUERTO Y COOPERATIVA DE OBRAS SANITARIAS ”  
Año 1992
  
- 11- “AUXILIAR DEL CONDUCTOR DE OBRAS”  
Carlos E. Vázquez Cabanillas
  
- 12- “HOJAS DE DIVULGACIÓN TÉCNICA”  
HDT 11/12, HDT 17, HDT 46 - CEPIS / OPS
  
- 13- “A.R.S. – ASOCIACIÓN PARA EL ESTUDIO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS”  
Guía de Estudio de Prefactibilidad-  
Plan Maestro Regional de Residuos Sólidos – 1999
  
- 14- “DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN DEL MANEJO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES Y PELIGROSOS EN ARGENTINA”  
Atilio Armando Savino
  
- 15- “DIVULGACIÓN TEMÁTICA AMBIENTAL”  
Nº 3: Residuos Sólidos Urbanos Reciclados – INTI
  
- 16- “PUBLICACIONES CEAMSE”  
Coordinación Ecológica Área Metropolitana Sociedad del Estado
  
- 17- PÁGINA WEB “[www.estrucplan.com.ar](http://www.estrucplan.com.ar)”  
Tema: Residuos
  
- 18- PÁGINA WEB “[www.ingenieroambiental.com](http://www.ingenieroambiental.com)”
  
- 19- PÁGINA WEB “[www.epa.gov](http://www.epa.gov)”  
U.S. Environmental Protection Agency
  
- 20- DATOS SUMINISTRADOS POR LA MUNICIPALIDAD DE VENADO TUERTO Y LA COOPERATIVA DE OBRAS SANITARIAS



UTN FRVT  
  
N°Reg: 2446 N°PAT: 0