



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA

**“Programa de Manejo de Residuos
Sólidos Urbanos para el municipio de
Meteppec”**

TESINA

PARA OBTENER EL GRADO DE:
INGENIERO QUÍMICO

PRESENTA:
ANABEL RAMOS GARCÍA

DIRECTOR:
DR. CARLOS EDUARDO BARRERA DÍAZ



Toluca, Estado de México, Marzo 2013



Toluca, México, 25 de febrero de 2013

P. I.Q. ANABEL RAMOS GARCÍA
FACULTAD DE QUÍMICA, UAEM
P R E S E N T E

La Dirección de la Facultad de Química de la UAEM, comunica a Usted que el Jurado de su Evaluación Profesional, en la modalidad **TESINA**, estará formado por:

M. en I. VÍCTOR FRANCISCO PACHECO SALAZAR
PRESIDENTE

Dra. THELMA BEATRIZ PAVÓN SILVA
VOCAL

Dr. CARLOS EDUARDO BARRERA DÍAZ
SECRETARIO

Dr. JUAN CARLOS SÁNCHEZ MEZA
SUPLENTE

Sin más por el momento le envío un respetuoso saludo.

ATENTAMENTE
PATRIA, CIENCIA Y TRABAJO

"2013, 50 Aniversario Luctuoso del Poeta Heriberto Enríquez"

M. en A. P. GUADALUPE OFELIA SANTAMARÍA GONZÁLEZ
DIRECTORA

C.c.p. Expediente
c.c.p. Archivo.



Agradecimientos

A mis padres, lo más importante en mi vida, por ser mi guía, motivación, inspiración y apoyo para ser la mejor personal y profesionalmente.

A Chris y a Lu por apoyarme, creer en mí y enseñarme que cualquier sueño es posible de alcanzar.

A mis amigos Mauricio, Maru y Alejandro por apoyarme y compartir este viaje conmigo.

A Alejandro por impulsarme a dar este gran paso y poder concluir esta etapa de mi vida y así abrirme camino a muchas oportunidades.

Al Dr. Carlos Barrera Díaz por enseñarme un panorama diferente sobre mi profesión, por su apoyo e insistencia por aprender y crecer día con día.

A mis revisores la Dra. Thelma Pavón Silva y el M. en I. Víctor Pacheco Salazar por el tiempo invertido en la revisión de mi trabajo y las aportaciones realizadas al mismo.

La impresión de esta Tesina se realizó con apoyo de PIFI 2012

A Dios por darme la vida y todo lo que tengo y soy hasta ahora.

Contenido

Resumen	9
Abstract	9
Hipótesis	10
Objetivos.....	10
Capítulo 1. Generalidades de los residuos sólidos urbanos.....	11
1.1 Problemática municipal de los residuos sólidos urbanos.....	12
1.2 Reducción de la fuente	13
1.3 Separación.....	14
1.4 Reciclaje	14
1.5 Compostaje	14
1.6 Tratamiento térmico.....	16
1.6.1 Pirolisis	16
1.6.2 Gasificación	17
1.6.3 Incineración.....	17
1.7 Almacenamiento.....	18
1.8 Disposición final	18
1.9 Características generales del municipio de Metepec.....	18
1.10 Metodología para la elaboración de un programa municipal para la gestión integral de residuos sólidos urbanos	20
1.11 Marco normativo y legal.....	22
1.11.1 Federal.....	23
1.11.2 Normas Oficiales en materia de residuos sólidos urbanos.....	24
1.11.3 Estatal.....	25
1.11.4 Normas Técnicas Estatales en materia de residuos sólidos urbanos	26
1.11.5 Municipal.....	26
Capítulo 2. Diagnóstico básico de la situación actual en el municipio de Metepec	27
2.1 Situación en el municipio de Metepec	28
2.2 Características de los residuos sólidos urbanos en el municipio de Metepec	30

2.3 Organización y operación actual del servicio público de manejo integral de residuos sólidos urbanos	37
2.3.1 Recursos Humanos, Materiales y Financieros	39
2.4 Generación y recolección.....	41
2.5 Disposición final	42
2.6 Medidas adicionales del municipio.....	43
2.6.1 Programa de recolección separada.....	43
2.6.2 Reciclaje de PET.....	43
2.6.3 Punto verde.....	43
Capítulo 3. Planeación estratégica para la prevención y gestión integral de los residuos sólidos urbanos.....	44
3.1 Estrategias actuales	45
3.2 Planeación estratégica propuesta	45
Capítulo 4. Programa de manejo para la gestión integral de los residuos sólidos urbanos.....	49
4.1 Separación en origen	50
4.2 Recolección	54
4.3 Planta de Tratamiento Integral de (RSU).....	55
4.4 Recepción Separación y Compostaje.....	57
4.5 Planta de Recuperación Energética	59
4.5.1 Sistema de combustión.....	60
4.5.2 Sistema de extracción de escorias.....	62
4.5.3 Sistema de alimentación de aire.....	62
4.5.4 Quemador de encendido y de apoyo.....	63
4.5.5 Multiciclón.....	64
4.5.6 Caldera	65
4.5.6.1 Descripción técnica de la caldera de vapor.....	66
4.5.6.2 Recorrido de los gases de combustión.....	68
4.5.6.3 Recorrido del agua y vapor.....	68
4.5.7 Tratamiento de gases.....	69

4.5.7.1 Separación de partículas	70
4.5.7.2 Eliminación de gases ácidos: SO _x , HCl, HF	70
4.5.7.3 Eliminación de los óxidos de nitrógeno NO _x	71
4.5.7.4 Reducción de la emisión de compuestos orgánicos, dioxinas y furanos.	72
4.5.8 Recuperación de Energía.....	73
4.5.8.1 Colector principal	74
4.5.8.2 By-pass de turbina.....	74
4.5.8.3 Turbina.....	74
4.5.8.4 Alternador	75
4.5.8.5 Bombas extractoras de condensado	77
4.5.8.6 Desaireador	77
4.5.8.7 Calentadores de agua de alimentación.....	77
4.5.8.8 Bombas de alimentación de caldera	78
4.5.8.9 Receptor de purga.....	78
4.5.8.10 Condensador	78
4.6 Operación de la planta de tratamiento integral.....	80
4.7 Análisis Económico.....	83
4.7.1 Contratación de uso de tecnología	83
4.7.2 Costos variables.....	85
4.7.2.1 Reactivos.....	85
4.7.2.2 Energía eléctrica, agua y combustible.....	85
4.7.2.3 Mantenimiento.....	86
4.7.3 Costos fijos	86
4.7.3.1 Mano de Obra.....	86
4.7.3.2 Administrativos.....	87
4.7.4 Análisis Costo Beneficio	88
Capítulo 5. Conclusiones	91
Glosario.....	93
Referencias bibliográficas.....	97
Anexos	100

Anexo A. Tabulador de sueldos	100
Anexo B. Rutas de Limpia.....	102
Anexo C. Punto verde	104
Anexo D. Ideas para reciclaje y reutilización	108

Lista de Figuras

Figura 1. Elementos de la gestión integral de residuos sólidos urbanos	12
Figura 2. Principales actividades para el manejo integral de los residuos sólidos urbanos.....	13
Figura 3. Ubicación del Municipio de Metepec.....	19
Figura 4. Proceso para la elaboración de un plan de manejo para la gestión integral de residuos sólidos urbanos	21
Figura 5. Marco legal y normativo aplicable en materia de Residuos sólidos	23
Figura 6. Crecimiento Poblacional del municipio de Metepec, datos históricos y proyección	29
Figura 7. Actividades económicas por sector en Metepec	29
Figura 8. Generación de RSU en el municipio de Metepec, histórico y pronóstico.....	30
Figura 9. Categorías de subproductos según su vocación de tratamiento	31
Figura 10. Composición porcentual de RSU domiciliarios de Metepec	33
Figura 11. Composición porcentual de RSU comerciales de Metepec	33
Figura 12. Composición porcentual total de RSU de Metepec	34
Figura 13. Composición de RSU por estrato socioeconómico.....	34
Figura 14. Organización estructural del Servicio de Limpia en el municipio de Metepec...	37
Figura 15. Recursos humanos y materiales del servicio de limpia del municipio de Metepec.....	39
Figura 16. Sectores objetivo para el desarrollo de educación ambiental	46
Figura 17. Flujo de proceso propuesto para el manejo de los RSU de Metepec	48
Figura 18. Beneficios de la separación en origen	50
Figura 19. Diagrama de distribución de la planta de tratamiento integral de RSU	55
Figura 20. Diagrama de proceso, parte 1 de la planta de tratamiento integral de RSU	57
Figura 21. Diagrama de proceso, planta de recuperación energética	59
Figura 22. Diagrama de entradas y salidas del proceso de combustión	69
Figura 23. Ciclo de Rankine, ciclo de vapor-agua y generación de energía	73
Figura 24. Organigrama para el funcionamiento de la planta integral de RSU	81

Lista de Tablas

Tabla 1. Normas mexicanas aplicables al manejo de RSU	25
Tabla 2. Generación de RSU en el municipio de Metepec	30
Tabla 3. Composición de los subproductos por origen del municipio de Metepec.....	32
Tabla 4. Análisis elemental de los componentes de los residuos sólidos del municipio de Metepec.....	36
Tabla 5. Contenido energético de los residuos orgánicos del municipio de Metepec	36
Tabla 6. Descripción de los recursos materiales de Metepec	40
Tabla 7. Presupuesto anual de Metepec para el área de limpia	40
Tabla 8. Presupuesto anual (2012) de Metepec para el área de limpia	41
Tabla 9. Clasificación e identificación de residuos orgánicos, inorgánicos y sanitarios.....	51
Tabla 10. Clasificación e identificación de residuos especializados	53
Tabla 11. Ejemplo de calendario de recolección separada	54
Tabla 12. Conocimientos y habilidades necesarias por tipo de puesto	82
Tabla 13. Ficha técnica del proveedor de tecnología.....	83
Tabla 14. Equipos y tecnología propuesta del proveedor.....	84
Tabla 15. Inversión para la planta con sistema integral.....	85
Tabla 16. Costo de reactivos utilizados en el tratamiento de gases	85
Tabla 17. Costos totales anuales por consumo de energía eléctrica, agua y combustible..	86
Tabla 18. Asignación de Salarios para la operación de la planta	87
Tabla 19. Total de inversión requerida.....	88
Tabla 20. Especificaciones económicas del proyecto.....	89
Tabla 21. Estado de Resultados del proyecto	89
Tabla 22. Comparativo del costo por disposición final vs inversión	90

Resumen

El municipio de Metepec pertenece al Estado de México y forma parte del área conurbada de la ciudad de Toluca. Es considerado como un lugar donde las condiciones sociales y económicas de su población son muy diversas; por tal, el municipio cuenta con actividades comerciales y de servicios donde la generación de residuos sólidos urbanos ha crecido continuamente.

Dicho acontecimiento ha provocado problemas ambientales, económicos y sociales debidos a la falta de gestión del manejo adecuado y disposición final de los residuos sólidos urbanos. De hecho, este municipio enfrenta una grave problemática en este ámbito ya que hace 3 años el H. Ayuntamiento decidió cerrar el relleno sanitario con el que se contaba para la disposición final de los desechos sólidos. Actualmente, ha tenido que destinar mayores recursos para buscar rellenos sanitarios lejos del municipio lo cual ha repercutido en las finanzas del propio municipio ya que se considera que el costo de transporte y disposición final asciende a 180 pesos por tonelada.

Para conseguir un manejo integral de residuos sólidos urbanos, se sugiere una metodología que comprende la reducción en la fuente, separación, recolección, reciclaje, tratamiento y disposición final.

Abstract

The municipality of Metepec belongs to the State of Mexico and it is part of the metropolitan area of the city of Toluca. It is regarded as a place where social and economic conditions of its people are very diverse; therefore the town has commercial and service activities where municipal solid waste generation has grown steadily.

The activities have caused environmental, economic and social problems due to lack of proper handling and management of disposal of municipal solid waste. Actually this town is facing a serious problem in this field since 3 years ago H. City Council decided to close the landfill which counted for the final disposal of solid waste. Nowadays, they have had to destine major resources to look for sanitary landfills far from the municipality which has reverberated in the finance of the own municipality since it considered that the cost of transport and final disposition ascends to 180 pesos for ton.

To achieve an integral management of municipal solid waste, we suggest a methodology that includes source reduction, separation, collection, recycling, treatment and final disposal.

Hipótesis

A través de un programa de manejo de residuos sólidos urbanos el municipio de Metepec contará con una herramienta administrativa de tipo ambiental para la adecuada disposición final de los residuos lo que le permitirá además cumplir con la normatividad ambiental estatal y federal.

Objetivos

- Realizar un diagnóstico de la situación actual del manejo de residuos sólidos en el municipio de Metepec.
- Promover la reducción de la generación de residuos sólidos urbanos.
- Proponer el tratamiento adecuado para cada tipo de residuos sólidos urbanos.
- Establecer una alternativa para la reutilización y reciclaje de materia orgánica e inorgánica.

Capítulo 1

Generalidades de los residuos sólidos urbanos

1.1 Problemática municipal de los residuos sólidos urbanos

México, al igual que muchos países en el mundo, enfrenta grandes retos en el manejo integral de sus residuos sólidos urbanos (RSU). Esto debido, principalmente, al elevado índice de crecimiento demográfico e industrial del país, al cambio de hábitos de consumo de la población, la elevación de los niveles de bienestar, y la tendencia a abandonar las zonas rurales para concentrarse en los centros urbanos. Lo anterior ha modificado de manera sustancial la cantidad y composición de los RSU.

El incremento acelerado de la generación de RSU y la gran diversidad de materiales que los componen demandan una mayor cobertura del sistema, así como nuevas alternativas de tratamiento, nuevos equipos y tecnología con la finalidad de establecer sistemas de manejo, control y aprovechamiento que resguarden la calidad de vida de la población. (SEMANAT, 2012).

La complejidad de los sistemas entorno a los residuos que incluyen a toda la sociedad en su conjunto ha propiciado la formulación de leyes nacionales que regulen este sector, una de ellas es la Ley para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR); donde uno de los conceptos más sobresalientes es la Gestión Integral de Residuos. (SMAGEM, 2009)

En la figura 1 se muestra un marco general de los elementos principales de la gestión integral de residuos sólidos urbanos.



Figura 1. Elementos de la gestión integral de residuos sólidos urbanos. (SMAGEM, 2009)

El concepto de gestión ambiental ha evolucionado a través del tiempo, incorporando diferentes factores que tienen una relación directa sobre el ambiente, aumentando la importancia del manejo adecuado de los RSU para el desarrollo sustentable del Municipio, el cual, cuenta con el fundamento legal para actuar de manera autónoma y responsable

en el manejo de los RSU generados por su población, pero debe cumplir en tiempo y forma en ciertos lineamientos, descritos en la normatividad vigente (Leyes Generales, Normas Oficiales Mexicanas, Estatales y otras aplicables). Para ello, la LGPGIR contempla el desarrollo de diversos instrumentos, uno de ellos denominado “Programas”, que presentan una visión estratégica de las políticas de las autoridades correspondientes en materia de residuos sólidos. (Álvarez, 2006; Rodríguez y Escudero, 2006).

Debido a que la observancia de la gestión de los residuos sólidos urbanos en los municipios es obligatoria, en los términos de la ley, todos los municipios del país deben desarrollar e implementar dichos programas municipales.

En la figura 2 se enlistan las actividades que comprende el manejo integral de los RSU.

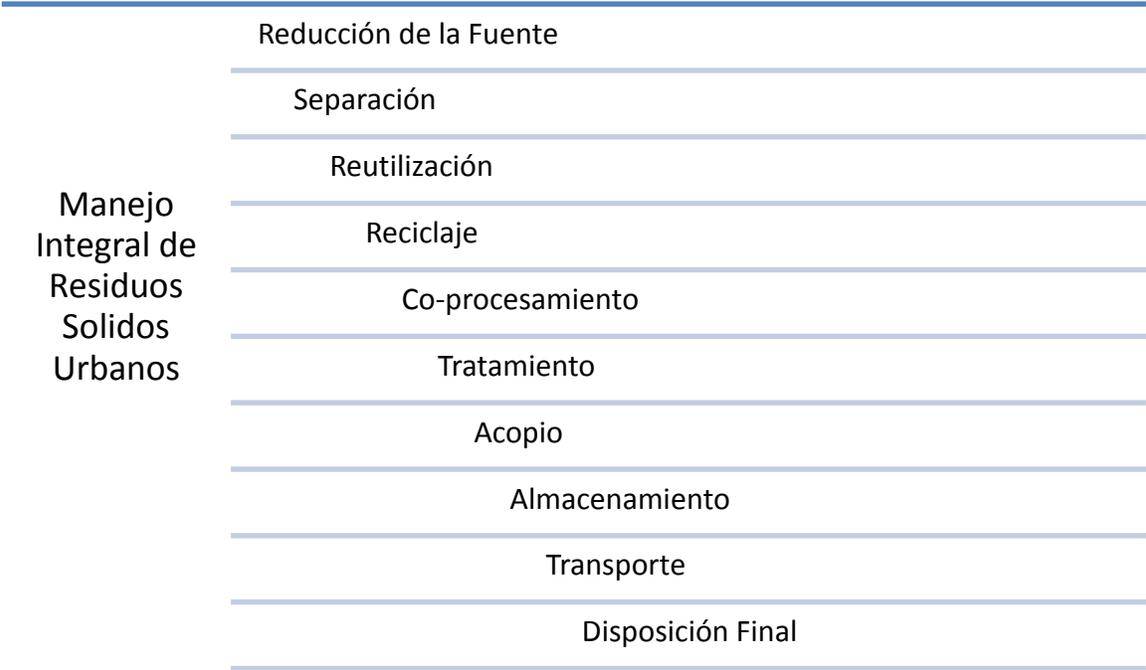


Figura 2. Principales actividades para el manejo integral de los residuos sólidos urbanos. (SMAGEM, 2009).

1.2 Reducción de la fuente

La reducción o minimización de los RSU se define como cualquier técnica, proceso o actividad que evite, elimine o reduzca un desecho desde su fuente u origen. La clasificación y la minimización de los RSU se hace cada vez más necesaria en México ya que el incremento poblacional y la urbanización acelerada del país han ocasionado un flujo de basura incontrolado en los municipios y provoca costos sociales y económicos crecientes asociados a su recolección, manejo y disposición final. Por ello, cada vez más se

quiere que la minimización (reducción), el reúso y el reciclaje sean las actividades estratégicas para la eliminación de la basura doméstica. Además, regulaciones ambientales cada vez más estrictas han aumentado el costo de operación de los rellenos sanitarios y han conducido a orientar la política de manejo de RSU hacia la reducción de los mismos, con el objeto de minimizar su cantidad. (L. Maldonado, 2006).

1.3 Separación

La separación de origen es un elemento crucial para la valorización de muchos subproductos. Al mezclar los residuos en un solo recipiente algunos se contaminan con los otros y hacen que los procesos de reciclaje sean más costosos o ineficientes. La separación de origen beneficia el sistema económico, que a su vez, es el medio para limitar los impactos al entorno natural. En muchos casos los materiales separados desde el origen poseen un valor de mercado que puede ser aprovechado por el generador. (GIRSUYME, 2009)

1.4 Reciclaje

Una vez separados los residuos sólidos urbanos, sigue el proceso de reciclaje, que implica una serie de procesos industriales que, partiendo de unos residuos originarios y sometidos a tratamientos físicos, químicos o biológicos dan como resultado la obtención de una serie de materiales que se introducen nuevamente en el proceso productivo. La heterogeneidad de los residuos es lo que hace que sean difíciles de tratar en conjunto. Además, la calidad de los productos reciclados está directamente relacionada con la calidad de la recogida y de la clasificación, evitándose así posibles contaminaciones. Todo ello justifica claramente la necesidad de separar los diferentes materiales que componen los residuos, lo que implica la instauración de políticas de recolección selectiva y de concientización a los generadores de residuos urbanos de la tarea que les compete para que sea posible. El reciclado es la opción de los residuos a los cuales no se ha podido llevar adelante políticas de reducción o reutilización. Si bien el reciclaje implica reducir los residuos enviados a disposición final, deben utilizarse procesos industriales que impliquen menos utilización energética y de insumos, que lo que implica la producción de esos bienes. (GEA Consultores, 2012)

1.5 Compostaje

Se trata de la técnica mediante la cual se crean las condiciones necesarias para las que a partir de residuos orgánicos los organismos descomponedores fabriquen un abono de elevada calidad.

La *composta* se define como el producto de la degradación aeróbica de residuos orgánicos. Es un material inodoro, estable y parecido al humus que no representa riesgo sanitario para el medio ambiente natural y social. Se produce bajo condiciones controladas que recrean, favorecen y, en ocasiones, aceleran las condiciones naturales de generación del humus. (INE, 2007)

Este proceso requiere de oxígeno (aeróbico) y agua en cantidad suficiente; genera cierta cantidad de calor (proceso exotérmico), bióxido de carbono (CO₂) y vapor de agua. Los organismos implicados en el proceso son un conjunto de bacterias, hongos y micro fauna. Las cadenas alimenticias son complejas y dinámicas, y la edad del proceso influye en su composición. El compostaje se asemeja a una sucesión ecológica, en donde primero hay ciertos organismos que son paulatinamente remplazados por otros y estos, a su vez, sucesivamente por otros hasta el agotamiento de todos los nutrientes básicos. Al finalizar el proceso, la composta es estable, esto es, no se descompone, no crecen en ella animales, hongos o bacterias y puede almacenarse largo tiempo sin perder sus propiedades.

La composta es un mejorador del suelo porque favorece el desarrollo de sus funciones:

- Favorece la aireación y la retención de humedad. Junto con las arcillas fomenta la formación de agregados más estables. En suelos arenosos ayuda a la retención del agua.
- Mejora la estructura del suelo. Por esta característica y porque permite la absorción del agua, es un agente preventivo de la erosión.
- Favorece el almacenamiento de nutrimentos y su disponibilidad para los vegetales.
- Provee un medio donde infinidad de microorganismos se desenvuelven; algunos procesan los residuos para convertirlos en humus y otros procesan el humus para aprovecharlo o generar alimento para otros. Es la “casa” del sistema vivo del suelo.
- Favorece la absorción de los rayos solares debido a su color oscuro y, por tanto, el aumento de la temperatura del suelo en ciertas estaciones del año.

Al ser el compostaje un proceso de transformación de la porción orgánica de los RSU en un producto útil (la composta) y debido a que la porción orgánica de los RSU en México es de aproximadamente el 50%, esta transformación puede disminuir significativamente la cantidad de RSU que son liberados al ambiente o confinados permanentemente en un tiradero municipal o relleno sanitario.

El compostaje puede ayudar en dos objetivos principales: el primero relacionado con la disposición final, ya que reduce la cantidad de materiales a disponer y el impacto debido a

la NO generación de metano (producto de la degradación anaeróbica de residuos orgánicos), un gas de efecto invernadero. El segundo se refiere al mejoramiento de suelo en la agricultura y el mantenimiento de parques y jardines, entre otras posibilidades. (Rodríguez S. Arturo, 2006)

1.6 Tratamiento térmico

Las diferentes formas de tratamiento de residuos sólidos ayudan a proteger el ambiente y reducir el gasto de materia prima. Si todos los residuos son llevados directamente al relleno sanitario sin tratamiento previo, los materiales re aprovechables como el vidrio, aluminio, metal, plástico, etc., se pierden prácticamente para siempre. Además, la disposición final de los residuos tiene un impacto mayor al ambiente por el volumen que representa y aumenta el riesgo de contaminación. La decisión de introducir una o varias formas de tratamiento en el proceso de manejo de RSU tiene que ser tomada por los responsables municipales, pero se recomienda hacer un estudio sobre sus ventajas y desventajas, como parte integral en el sistema local de la gestión de residuos sólidos. (PMPGIRSU, 2006)

La propuesta de tratamiento de los RSU para el municipio es la introducción de un proceso térmico. Los procesos térmicos para el tratamiento de RSU comprenden la incineración, la gasificación y la pirolisis. El empleo de estas dos últimas tecnologías para el tratamiento de residuos es relativamente reciente puesto que anteriormente su empleo se limitaba a la industria petroquímica.

1.6.1 Pirolisis

Es un proceso que consiste en la degradación térmica de los residuos en ausencia de agentes oxidantes. Este proceso se lleva a cabo en un rango de temperaturas comprendido entre 400 – 800 °C. Cuando se aplica al tratamiento de RSU, la acción del calor descompone moléculas complejas en otras más simples, obteniendo como productos finales una sustancia sólida carbonosa (char), líquido y gas. Las proporciones relativas de los mismos dependerán de la temperatura a la que sean expuestos, el tiempo de la exposición y la propia naturaleza de los residuos a tratar. El gas obtenido en estos procesos tiene un poder calorífico comprendido entre 15 y 20 MJ/Nm³ y se emplea para la producción de energía, existiendo dos alternativas:

- Mediante la combustión del gas y posterior aprovechamiento de los gases en un intercambiador para generar vapor, empleado para producir energía en un conjunto turbina alternador.

- Mediante el refinado del gas para su empleo como combustible en una turbina de gas para la producción de electricidad.

1.6.2 Gasificación

La gasificación es un proceso que consiste en la conversión de materia sólida o líquida en gas mediante una oxidación parcial con aplicación de calor. La oxidación parcial se obtiene restringiendo el suministro del agente oxidante, generalmente aire. En el caso de que la materia a tratar sean residuos sólidos urbanos, compuestos en su mayoría por materia orgánica, el gas resultante del proceso de gasificación estará formado por una mezcla de monóxido de carbono, dióxido de carbono, hidrógeno, metano, agua, nitrógeno y pequeñas cantidades de hidrocarburos. Este gas generalmente tiene un reducido poder calorífico, del orden de 4 a 10 MJ/Nm³. Posteriormente, el gas puede ser empleado para generar energía en calderas, motores o turbinas.

1.6.3 Incineración

Se define como el proceso exotérmico de oxidación completa de la materia a alta temperatura para convertirla en gas (principalmente vapor de agua y dióxido de carbono) y cenizas, además de calor. El comburente utilizado es generalmente aire. Es el proceso térmico más extendido para el procesamiento de residuos sólidos urbanos, y existen numerosas tecnologías para la incineración de residuos.

Las ventajas aportadas por la tecnología de incineración para el tratamiento de RSU se pueden analizar desde dos perspectivas:

Medioambientales

- Reduce considerablemente el volumen de los residuos (95%)
- Reduce de forma notable los efectos contaminantes de los RSU.
- Reduce la emisión de gases de efecto invernadero, ya que:
 - Produce electricidad generando menos cantidad de CO₂ que la combustión de carbón, petróleo o gas.
 - Evita la emisión incontrolada de metano y otros gases procedentes de la descomposición de la fracción biodegradable de los vertidos de residuos.

Económicas

- Reduce las necesidades de uso de combustibles fósiles.
- Permite la valorización energética de los RSU, constituyendo de esta forma una fuente de energía alternativa.

El principal problema de la incineración radica en la emisión a la atmósfera de agentes contaminantes presentes en los gases producidos durante el proceso de combustión. (Romero A., 2009)

1.7 Almacenamiento

Uso de un espacio amplio, suficiente y necesario para el almacenamiento temporal de los residuos sólidos en tanto son recolectados por la instancia correspondiente para su tratamiento o disposición final. Este espacio debe ser de fácil acceso y permitir la limpieza periódica además de estar protegido de animales domésticos (gatos, perro, zarigüeyas, o roedores etc.) para evitar la dispersión de la basura o diseminación de agentes infecciosos. El espacio debe contar con contenedores con tapa para evitar el escurrimiento de agua y de tamaño suficiente y necesario al volumen de residuos que se generen.

1.8 Disposición final

La disposición final constituye la última etapa del ciclo de vida de los RSM. La aplicación de todas las medidas de reúso y reciclaje permiten depositar los restos económicamente no re aprovechables. La cuestión entonces no es de evitar el elemento de disposición en el ciclo de manejo de RSU, sino reducir su cantidad y el impacto al ambiente. (PMPGIRSU, 2006)

1.9 Características generales del municipio de Metepec

Geográficamente, el municipio Metepec se encuentra en el Valle de Toluca, entre las coordenadas 19° 15' 14" al norte, al sur 19° 12' 53" de latitud; al este 99° 30' 45", al oeste 99° 36' 17" de longitud; a una altura promedio de 2,620 metros sobre el nivel del mar y a 6 kilómetros al sur-oriente de la capital del Estado de México.

Sus límites son al norte y al oeste con el municipio de Toluca, al sur con los municipios de Calimaya, Mexicaltzingo y Chapultepec y al este con los municipios de San Mateo Atenco y Santiago Tianguistenco. La extensión territorial es de 70.43 Km²; equivalente al 0.32% del territorio total del Estado de México.

En la figura 3 se observa un mapa de la región I Toluca, resaltando al municipio de Metepec.

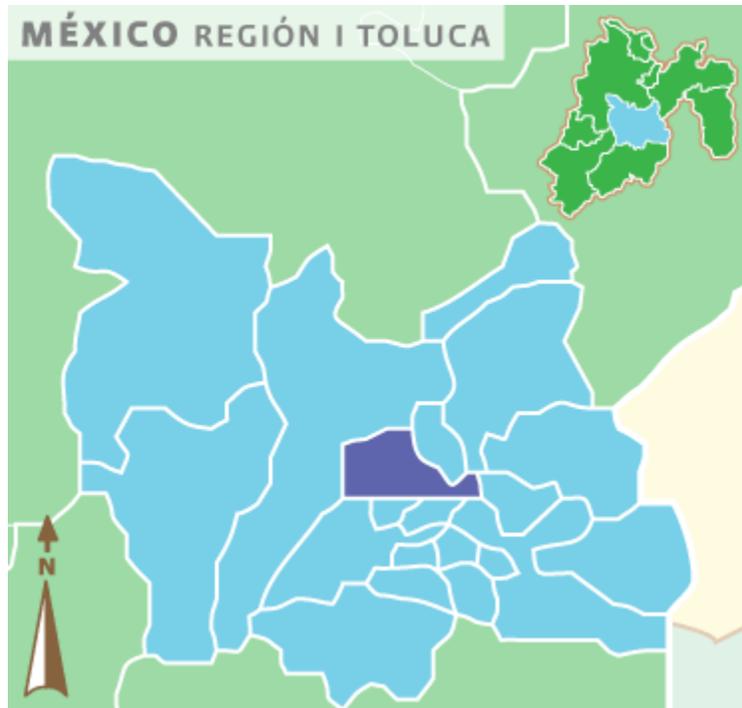


Figura 3. Ubicación del Municipio de Metepec. (Plan Municipal de Desarrollo de Metepec, 2011)

El clima predominante en Metepec es templado subhúmedo C(w2), caracterizado por ser el menos húmedo dentro de las variantes del clima templado. Con respecto a la precipitación presenta un promedio anual de 800 ml., registrándose en julio el mayor índice y en febrero el menor.

La temperatura media fluctúa entre los 14 y 28 °C, mientras que en el invierno se llegan a registrar temperaturas de 2 a 3°C bajo cero. Se registran aproximadamente de ocho a diez días de heladas y de dos a cuatro días de granizadas al año.

La vegetación que predomina es la llamada acuática ropería o de ribera, constituida por árboles, hierbas y arbustos, localizados en zonas templadas como el resto del río Lerma. Existen algunas variedades de árboles como pino, sauce llorón, cedro, trueno y fresno. Actualmente la fauna pasa por un proceso de extinción; por esta razón, los animales que raras ocasiones pueden observarse son: ardilla, hurón, cacomixtle, tuza, camaleón, nuco, acocil, víbora, tlacuache, zorrillo, topo, liebre, tórtola, zopilote, buho, murciélago, tusa, ratón de campo, lagartija y otras.

El tipo de suelo predominante es el phaeozem, háplico, lúvico, con una acumulación de materia orgánica; en combinación con el cambisol leútrico saturado en bases. Distribuidos así, el 31 % lo ocupa la zona urbana, el 59 % la agricultura, el 1 % la pecuaria y el 9 % destinado a otros usos.

Dentro del municipio la distribución de la Población Económicamente Activa Ocupada, se encuentra ubicada principalmente en los sectores de servicios, industrial y agrícola; este último con decreciente participación. En dicho contexto, el papel de Metepec es estratégico dadas sus condiciones geográficas aunadas a la existencia de espacios planos y abiertos, y las características de la Ciudad Típica que cuenta con valores históricos, patrimoniales y turísticos. (Plan Municipal de Desarrollo de Metepec, 2011)

Sin embargo, a nivel regional y metropolitano, se presentan diversas problemáticas que a nivel de gestión ambiental pueden resumirse en los siguientes puntos:

- Crecimiento poblacional natural y social, que implica la necesidad de aprovechar mejor el suelo urbano con servicios; densificándolo y así poder evitar la presión de las zonas de valor agrícola y ambiental.
- Sistema de conducción, tratamiento y disposición de aguas residuales en conjunto con el de aguas pluviales, que provoca saturación en época de lluvias y eventuales desbordamientos.
- Contaminación de ríos, arroyos y canales.
- *Falta de una gestión metropolitana para la disposición de residuos sólidos y carencia de un relleno sanitario regional con las condiciones de seguridad y sanitarias necesarias.*

El municipio de Metepec genera actualmente, en promedio 300 toneladas diarias de residuos sólidos urbanos, lo que implica una generación per cápita de 0.7 kg/día. Hoy en día, se cuenta con la participación en separación de origen, de al menos 10 localidades del municipio.

La generación creciente de residuos sólidos urbanos, el elevado costo que involucra la disposición final de estos y la falta de un programa para involucrar a la población a separar los residuos sólidos nos presenta un amplio panorama de oportunidades para elaborar un programa integral de manejo de residuos sólidos; con la finalidad de disminuir el impacto económico y ambiental del municipio. (Dirección de Servicios Públicos, 2012)

1.10 Metodología para la elaboración de un programa municipal para la gestión integral de residuos sólidos urbanos

El Programa Municipal para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos (PMPGIRSU) es una herramienta que nos indica la dirección sobre la cual el

municipio realizará todas sus políticas y acciones en materia de RSU, y que a su vez le permitirá ser su herramienta de gestión de recursos financieros públicos o privados.

La figura 4 presenta el proceso para la elaboración de un PMPGIRSU.



Figura 4. Proceso para la elaboración de un plan de manejo para la gestión integral de residuos sólidos urbanos. (PMPGIRSU, 2006)

Diagnóstico

Se analiza la situación actual, recabando información de todo el servicio público de manejo integral de RSU en el municipio, con el fin de tener bases para tomar decisiones, se realiza el levantamiento de los datos existentes de la gestión actual de los RSU dentro del municipio, se discuten los resultados con los responsables y técnicos del área y se definen los objetivos.

Planeación estratégica para la prevención y gestión integral de residuos sólidos urbanos

Se formulan planes y estrategias basadas en el diagnóstico y considerando la política municipal en el contexto. Se desarrolla lo indicado para cada subsistema con que cuenta actualmente el municipio y aquello que se vislumbre sea necesario implementar. Consta también de la evaluación de la factibilidad financiera, discusión y aprobación de la estrategia por el cabildo y el H. Ayuntamiento y finalmente la publicación de los resultados.

Evaluación de las alternativas

Se retoman y completan las estrategias que conforman cada alternativa de solución, teniendo ya las bases técnicas, económicas, sociales y ambientales suficientes como para visualizar en su conjunto las ventajas de cada una de las acciones planeadas.

Programa de Manejo

Finalmente se tienen de una manera ordenada las actividades que conforman cada alternativa de solución, teniendo ya las bases técnicas, económicas y ambientales suficientes como para visualizar en su conjunto las ventajas de cada una de las acciones planeadas. (LGPGIR, 2003)

1.11 Marco normativo y legal

La alteración al medio ambiente por parte de los seres humanos ha llevado en los últimos años a la creación de diversos instrumentos legales que permitan disminuir los impactos negativos que sus actividades provocan. El marco normativo asociado a la protección al ambiente en México, desarrollado durante los últimos 20 años, ha ido modificándose hasta la creación de reglamentos y normas específicas. Para el caso de los RSU, se ha reformado la normatividad nacional con el objeto de incluir esta área del quehacer social como parte del marco del Derecho y, aunque falta mucho aun por desarrollar, existen las bases mínimas necesarias para poder elaborar los instrumentos normativos y de política respectivos. De igual forma el Estado de México ha trabajado en la formulación de normas y procedimientos para gestión integral de residuos sólidos urbanos.

La figura 5 representa el marco legal y normativo que se debe seguir para la formación de programas de gestión integral de residuos sólidos urbanos municipales.

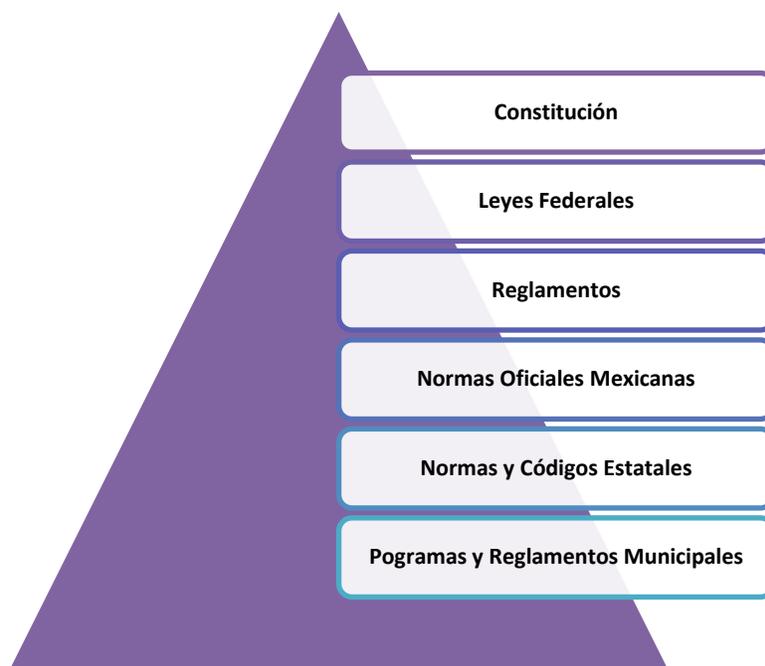


Figura 5. Marco legal y normativo aplicable en materia de Residuos sólidos. (Secretaría del Medio Ambiente, 2008)

1.11.1 Federal

La **Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos**, en el artículo 115° nos mencionan:

Artículo 115° III. Los Municipios tendrán a su cargo las funciones y servicios públicos siguientes:

- a) Agua potable, drenaje, alcantarillado, tratamiento y disposición de sus aguas residuales;*
- b) Alumbrado público.*
- c) Limpia, recolección, traslado, tratamiento y disposición final de residuos; [...]*
(Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos 1917, última reforma DOF 09-08-2012)

Actualmente, el artículo 115 es el único en la CPEUM (Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos) que hace referencia al tema de residuos, sin embargo, sólo reconoce la responsabilidad del gobierno local para prestar el servicio, mas no implica acciones de prevención o minimización de los impactos de los residuos sobre el ambiente o la salud.

La **Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR)**, tienen por objeto garantizar el derecho de toda persona al medio ambiente adecuado y propiciar el desarrollo sustentable a través de la prevención de la generación, la valorización y la gestión integral de los residuos peligrosos, de los residuos sólidos urbanos y de manejo

especial; prevenir la contaminación de sitios con estos residuos y llevar a cabo su remediación. (LGPGIR 2003, última reforma DOF 30-05-2012).

Para el caso de los municipios establece:

Artículo 10.- *Los municipios tienen a su cargo las funciones de manejo integral de residuos sólidos urbanos, que consisten en la recolección, traslado, tratamiento, y su disposición final, conforme a las siguientes facultades:*

I. Formular, por sí o en coordinación con las entidades federativas, y con la participación de representantes de los distintos sectores sociales, los Programas Municipales para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos, los cuales deberán observar lo dispuesto en el Programa Estatal para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos correspondiente; [...] (LGPGIR 2003, última reforma DOF 30-05-2012).

De igual forma la LGPGIR establece:

Artículo 26.- *Las entidades federativas y los municipios, en el ámbito de sus respectivas competencias, deberán elaborar e instrumentar los programas locales para la prevención y gestión integral de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial, de conformidad con esta Ley, con el Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de Residuos y demás disposiciones aplicables. [...] (LGPGIR 2003, última reforma DOF 30-05-2012).*

La **Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA)**, establece que corresponde a los Municipios, la aplicación de las disposiciones jurídicas relativas a la prevención y control de los efectos sobre el ambiente ocasionados por la generación, transporte, almacenamiento, manejo, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos e industriales que no estén considerados como peligrosos, así como es necesario prevenir y reducir la generación de residuos sólidos, municipales e industriales; incorporar técnicas y procedimientos para su reúso y reciclaje, así como regular su manejo y disposición final eficientes; [...] (LGEEPA 1988, última reforma DOF 04-06-2012).

La **Ley General de Salud**, establece las disposiciones relacionadas con el servicio público de limpia en donde se promueve y apoya el saneamiento básico, se establecen normas y medidas tendientes a la protección de la salud humana para aumentar su calidad de vida. (Ley General de Salud 1984, última reforma 07-06-2012)

1.11.2 Normas Oficiales en materia de residuos sólidos urbanos

La Norma Oficial Mexicana **NOM-083-SEMARNAT-2003**, establece las especificaciones de selección del sitio, el diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial. (SEMARNAT, 2004)

La Norma Oficial Mexicana **NOM-098-SEMARNAT-2002**, establece las especificaciones de operación, así como los límites máximos permisibles de emisión de contaminantes a la atmósfera para las instalaciones de incineración de residuos. (SEMARNAT, 2004)

La Norma Mexicana **NMX-AA-22-1985**, establece la selección y el método para la cuantificación de subproductos contenidos en los Residuos Sólidos Municipales.

A si mismo se muestran en la tabla 1 las normas mexicanas **NMX-AA** de apoyo para el manejo de RSU:

Tabla 1. Normas mexicanas aplicables al manejo de RSU. (Dirección General de Normas, 2012)

NMX-AA	Objetivo
16-1984	Determinación de humedad
18-1984	Determinación de cenizas
24-1984	Determinación de nitrógeno total
92-1984	Determinación de azufre
15-1985	Cuarteo
19-1985	Peso volumétrico <i>in situ</i>
21-1985	Determinación de materia orgánica
33-1985	Determinación de poder calorífico
52-1985	Preparación de muestras en laboratorio para su análisis
61-1985	Generación per cápita de residuos sólidos municipales
67-1985	Determinación de la relación carbono/nitrógeno
68-1986	Determinación de hidrógeno
90-1086	Determinación de oxígeno

1.11.3 Estatal

El **Código para la Biodiversidad del Estado de México**, establece regular todo lo relativo a la prevención de la generación, el aprovechamiento, la valorización y la gestión segura e integral de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial que no están expresamente atribuidos a la Federación, fomentando la reducción, reutilización y reciclado así como la prevención de la contaminación, la remediación y restauración de los suelos contaminados con residuos. (Código para la Biodiversidad del Estado de México, 2005)

El **Programa para la Prevención y Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial del Estado de México**, presenta un diagnóstico básico de la situación del Estado de México en materia del manejo de los residuos sólidos urbanos, así como los lineamientos básicos para la formulación y conducción de la política de residuos, los elementos para la planeación y programación. (Gobierno del Estado de México, 2009)

1.11.4 Normas Técnicas Estatales en materia de residuos sólidos urbanos

La Norma Técnica Estatal Ambiental **NTEA-013-SMA-RS-2**, regula la separación en la fuente de origen, almacenamiento separado y entrega separada al servicio de recolección de residuos sólidos urbanos y de manejo especial, para la valorización y aprovechamiento de los residuos, en el Estado de México.

La Norma Técnica Estatal Ambiental **NTEA-006-SMA-RS-2006**, establece los requisitos para la producción de los mejoradores de suelos elaborados a partir de residuos sólidos orgánicos. (Gobierno del Estado de México, 2006)

La Norma Técnica Estatal Ambiental **TEA-010-SMA-RS-2008**, tiene como objetivo regular la instalación, operación y mantenimiento de infraestructura para el acopio, transferencia, separación y tratamiento de residuos sólidos urbanos y de manejo especial en el Estado de México. (Gobierno del Estado de México, 2011)

La Norma Técnica Estatal Ambiental **NTEA-011-SMA-RS-2008** para el Manejo de Residuos de la Construcción del Estado de México, tiene por objetivo establecer la clasificación y el manejo ambiental de los residuos de la construcción, que los generadores deben cumplir para controlar su manejo y disposición final adecuada; es de observancia obligatoria en todo el territorio del Estado de México y está dirigida a dependencias, entidades públicas, organismos autónomos, personas físicas o jurídicas colectivas, propietarios de obra, directores responsables de obra, contratistas o encargados de inmuebles en construcción o demolición que sean generadores de residuos de la construcción, así como para prestadores de servicio que intervienen en la generación, recolección, transporte, aprovechamiento y disposición final de los residuos de la construcción. (Gobierno del Estado de México, 2009)

1.11.5 Municipal

Bando Municipal. Son funciones y/o servicios públicos municipales los que a continuación se señalan [...], alumbrado público, limpia, recolección, traslado, tratamiento, transformación y disposición final de residuos sólidos municipales, cementerios, parques, jardines, áreas verdes, protegidas y recreativas y su equipamiento; [...](Bando Municipal de Metepec, 2012)

Así como, La preservación y restauración del equilibrio ecológico; la prevención y control de la contaminación atmosférica generada por fuentes fijas que funcionen como establecimientos mercantiles o de servicios; por la generación, transporte, almacenamiento, manejo, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos e industriales; [...] (Bando Municipal de Metepec, 2012)

Capítulo 2

Diagnóstico básico de la situación actual en el municipio de Metepec

2.1 Situación en el municipio de Metepec

Metepec en 1950 estaba conformado en su mayoría por localidades rurales, contaba con un total de 17,247 habitantes. Para 1960 la población aumentó a 18,915 habitantes, con una tasa de crecimiento media anual para el periodo 50-60 de 0.92%, inferior a la presentada en el Estado.

A mitad del año 1970 el municipio contaba con 31,724 habitantes, y para la década 60-70 la tasa de crecimiento media anual se mantuvo por debajo de la estatal ubicándose en 5.51% y 7.56%, respectivamente. En esa época la población de Metepec representaba menos del 1% de la población mexiquense.

Durante el periodo 1970–1980 la población del municipio empezó a crecer más rápidamente, su población al final de esta década se ubicó en 83,030 habitantes, con una tasa de crecimiento media anual de 9.74%, lo cual implicó que su población creciera en más del doble. Durante la siguiente década el crecimiento redujo su tasa a 5.51% anual, aunque también implicó un crecimiento de alrededor de 60 mil habitantes.

Para el año 2010 datos del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEGI) reportaron 218,657 habitantes y el Consejo Nacional de Población (CONAPO) estimó 222,923 habitantes para el 2012, lo que corresponde al 1.45 % de la población del Estado de México. En resumen, se puede señalar que el incremento de la población ha sido constante desde hace más de cuatro décadas, y se espera que esta situación continúe en el corto y mediano plazo, sobre todo por la creación de nuevos conjuntos habitacionales así como por la ubicación de equipamiento y servicios de cobertura regional, que hacen atractivo al municipio como lugar de residencia.

En la figura 6 se muestra gráficamente el crecimiento poblacional de Metepec, al igual que la proyección poblacional realizada por el Consejo Nacional de Población (CONAPO).

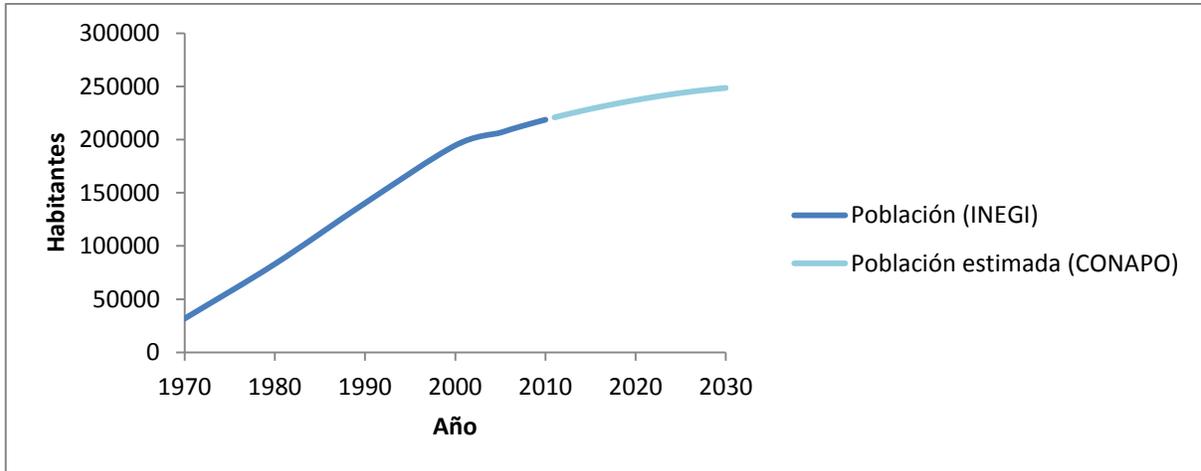


Figura 6. Crecimiento Poblacional del municipio de Metepec, datos históricos y proyección. (CONAPO,2012).

Para el año 2000 la Población Económicamente Activa (PEA) de Metepec era 73,905 personas, de las cuales el 72,668 se consideraba como PEA Ocupada por encontrarse laborando en algún sector de la economía, por ello, el municipio mostraba una Tasa de Ocupación del 98.32%, siendo el sector terciario el que mayor PEA tenía con un el 64.20% equivalente a 46,667 personas. En la figura 7 se muestran las actividades económicas de Metepec por sector económico.

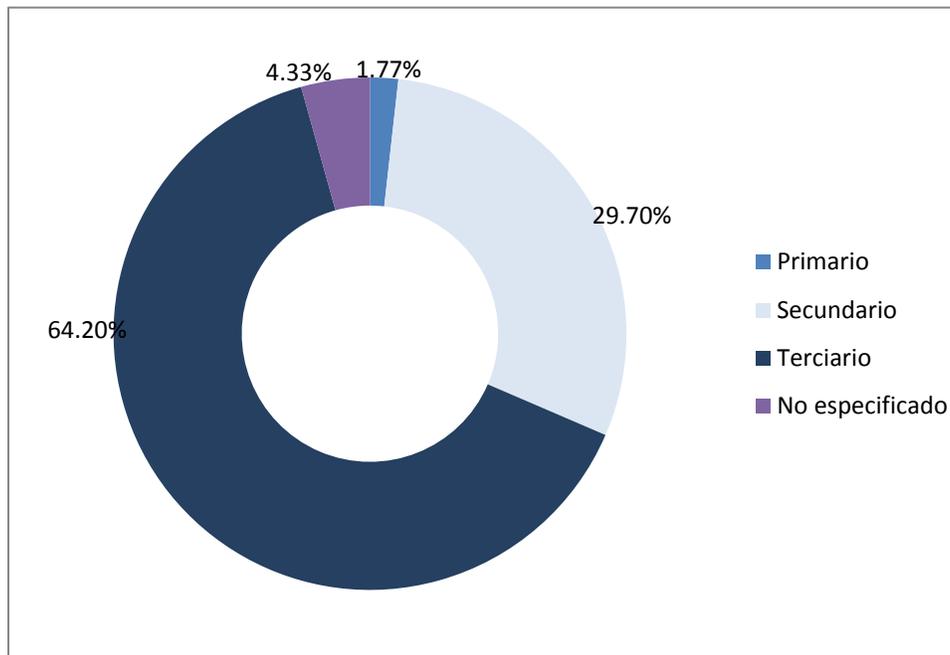


Figura 7. Actividades económicas por sector en Metepec. (H. Ayuntamiento de Metepec, 2012)

El municipio de Metepec, económicamente está clasificado por tres estratos socioeconómicos (alto, medio y bajo) dependiendo del nivel de ingresos. El estrato alto está conformado por el 11.4% de la población total, el estrato medio está conformado por el 37.9 % y el bajo por el 50.7%.

En materia de residuos sólidos, se estima que el municipio de Metepec generó 109,536 toneladas para el año 2012, 10% más respecto al año 2011 (ver tabla 2).

Tabla 2. Generación de RSU en el municipio de Metepec. (H. Ayuntamiento de Metepec, 2012)

Año	Generación de RSU (ton)	% Crecimiento
2009	91250	
2010	93106	2%
2011	98582	6%
2012	109536	10%

En la figura 8 se observa el histórico del crecimiento anual en generación de RSU (puntos azul oscuro), así como un pronóstico lineal hasta el año 2022 (10 años).

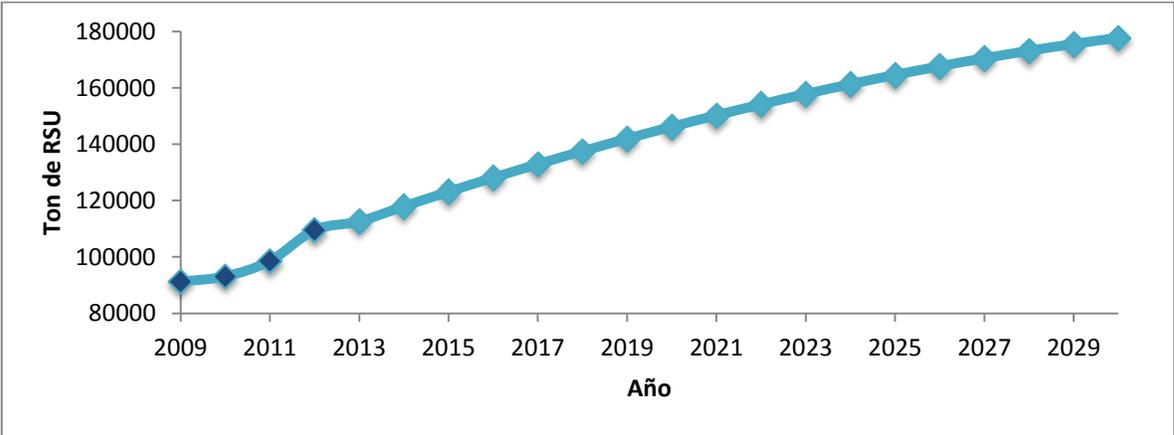


Figura 8. Generación de RSU en el municipio de Metepec, histórico y pronóstico. (H. Ayuntamiento de Metepec, 2012)

2.2 Características de los residuos sólidos urbanos en el municipio de Metepec

La composición de los residuos sólidos depende de muchos factores, entre estos se encuentra el grado de urbanización e industrialización del municipio, el ingreso per cápita, el clima, las modas, tradiciones, costumbres, hábitos alimenticios, entre otros.

Los RSU están compuestos básicamente por materia biodegradable y materiales inertes RSU que provienen de los hogares, comercios y servicios en general, de limpieza de la vía pública, de la industria de la construcción, así como de algunas actividades industriales.

Tchobanoglous, G. (1994), considera que el conocer la composición de los residuos sólidos, es decir, la proporción en que sus diferentes elementos se encuentran distribuidos, es de gran ayuda para evaluar las necesidades de equipo, sistemas, programas y planes de gestión.

La Norma Mexicana NMX-AA-22-1985 señala la metodología para identificar la composición física de los residuos y la norma NMX-AA-15-1985 señala el método de cuarteo. Dichos métodos identifican 27 divisiones de subproductos, las cuales pueden agruparse en seis categorías de manejo práctico de acuerdo a su naturaleza (orgánica e inorgánica), pero también de acuerdo a su vocación de tratamiento. La figura 9 muestra dicha clasificación.



Figura 9. Categorías de subproductos según su vocación de tratamiento. (SEMARNAT, 2009)

La composición porcentual de los diferentes subproductos que conforman los residuos sólidos urbanos de Metepec se muestran en la tabla 3. Dicha tabla describe el porcentaje de cada subproducto por su origen (residuos domiciliarios y residuos comerciales). Los residuos domiciliarios se clasifican de acuerdo a los estratos socioeconómicos mostrados anteriormente. El número de toneladas por día se realizó de acuerdo al porcentaje de población que compone cada estrato socioeconómico en conjunto con los residuos de origen comercial.

Los datos obtenidos son una aproximación de acuerdo a datos que reporta el Gobierno del Estado de México (2000) de municipios que tienen semejanzas en materia de población y actividades económicas.

Tabla 3. Composición de los subproductos por origen del municipio de Metepec. (Datos obtenidos con información del Gobierno del Estado de México, 2000)

Categoría	Subproducto	Domiciliarios				Comercial	% Total	ton/día (2012)
		Alto %	Medio %	Bajo %	Total %			
1	Algodón	0.37	0.71	0.42	0.52	1.62	1.07	3.21
2	Cartón	1.99	2.28	1.78	1.99	6.38	4.18	12.56
2	Cuero	0.19	0.64	0.90	0.72	0.00	0.36	1.08
2	Residuo Fino	5.55	9.87	9.89	9.39	4.36	6.88	20.63
3	Envase de cartón encerado	2.52	1.32	1.06	1.32	1.78	1.55	4.65
2	Fibra dura vegetal	0.00	0.00	1.32	0.67	1.11	0.89	2.68
4	Fibras sintéticas	0.95	0.80	1.51	1.18	0.08	0.63	1.88
2	Hueso	0.02	0.48	0.00	0.18	0.09	0.14	0.41
4	Hule	0.23	0.00	0.09	0.07	0.73	0.40	1.20
5	Lata	2.24	1.66	1.77	1.78	6.78	4.28	12.86
4	Loza y cerámica	2.02	0.69	1.37	1.19	0.59	0.89	2.66
2	Madera	0.00	0.77	0.05	0.31	0.00	0.16	0.47
4	Material de construcción	0.00	0.00	0.00	0.00	2.79	1.39	4.18
5	Material ferroso	0.34	0.11	0.05	0.10	0.08	0.09	0.27
5	Material no ferroso	0.36	0.00	0.00	0.04	0.77	0.41	1.22
2	Papel	12.59	12.75	8.88	10.77	13.65	12.21	36.63
1	Pañal desechable	7.12	8.89	10.44	9.47	0.27	4.87	14.62
4	Plástico de película	5.00	4.76	4.76	4.79	5.22	5.01	15.02
5	Plástico rígido	7.12	4.64	3.80	4.50	5.86	5.18	15.54
5	Poliuretano	0.48	0.14	0.83	0.53	0.25	0.39	1.16
5	Poliéster expandido	1.05	0.44	0.63	0.60	0.90	0.75	2.26
2	Residuos alimenticios	28.28	39.65	35.84	36.42	31.51	33.97	101.93
2	Residuos de jardinería	13.40	0.50	4.51	4.01	0.02	2.01	6.04
2	Trapo	0.15	1.40	0.49	0.80	0.60	0.70	2.09
5	Vidrio de color	0.97	0.29	0.80	0.63	3.36	1.99	5.98
5	Vidrio transparente	4.74	4.74	4.95	4.84	8.71	6.78	20.34
6	Otros	2.33	2.52	3.89	3.19	2.49	2.84	8.52
-	Total	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	300.1

En la figura 10 se muestra gráficamente la composición porcentual de los residuos sólidos urbanos generados en Metepec de origen domiciliario. Se puede observar que el porcentaje mayor corresponde a residuos sólidos orgánicos tratables.

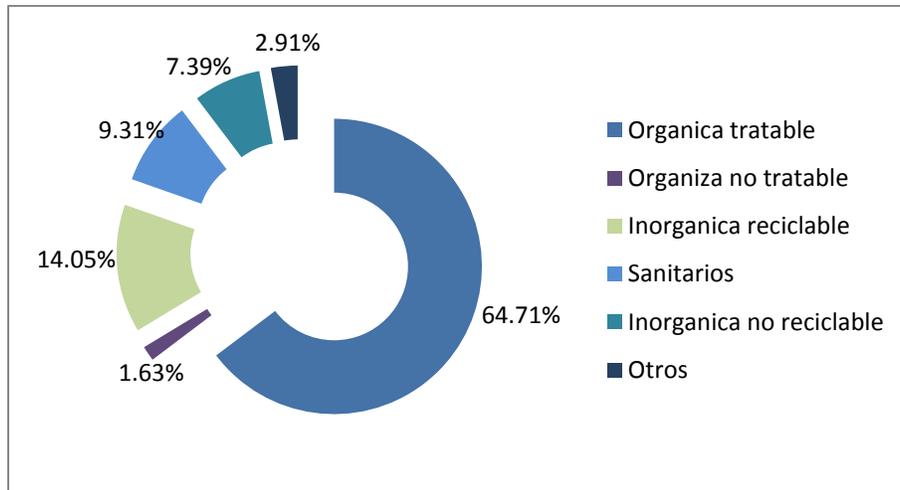


Figura 10. Composición porcentual de RSU domiciliarios de Metepec.

En la figura 11 se muestra gráficamente la composición porcentual de los residuos sólidos urbanos generados en Metepec de origen comercial. Se puede observar que el porcentaje de residuos sólidos inorgánicos reciclables es 47% mayor a los generados en domicilios.

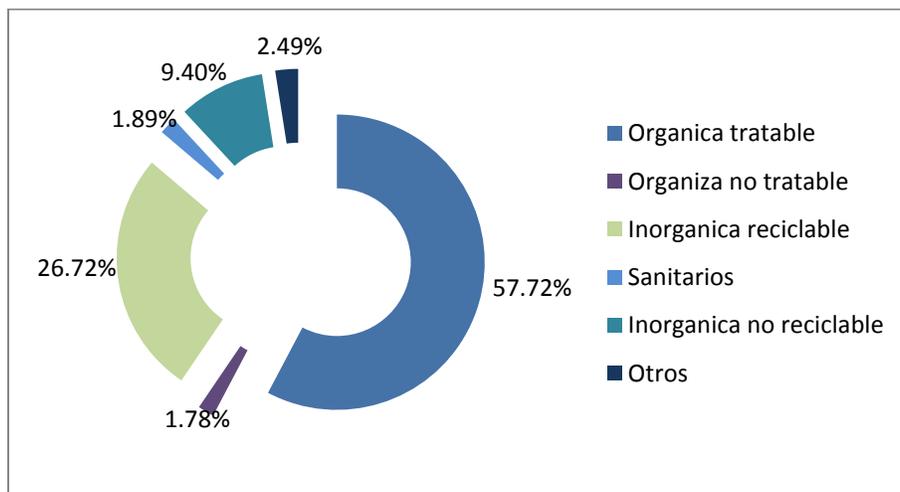


Figura 11. Composición porcentual de RSU comerciales de Metepec.

En la figura 12 se muestra gráficamente la composición porcentual total de los residuos sólidos urbanos generados en Metepec.

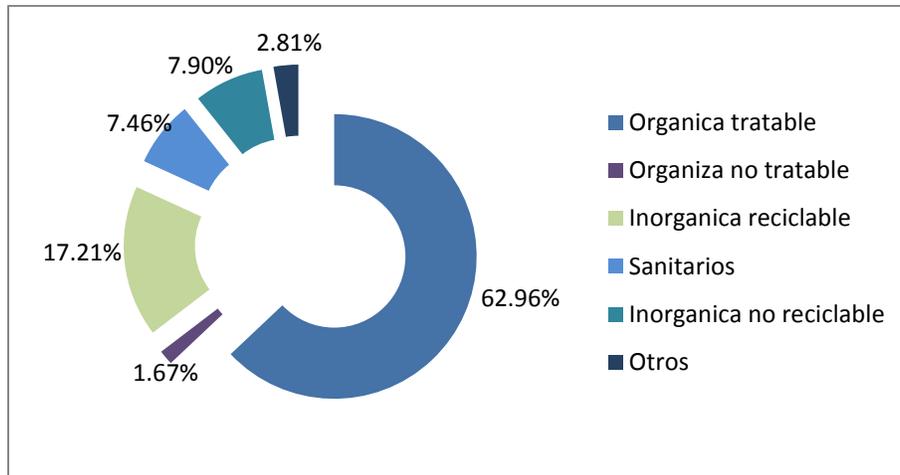


Figura 12. Composición porcentual total de RSU de Metepec.

Se puede observar que el porcentaje mayor de generación de RSU corresponde a residuos orgánicos tratables y residuos inorgánicos reciclables; con un porcentaje aproximado de 80% correspondiente a 250 ton/día aproximadamente. Esta clasificación nos ayuda a detectar claramente los puntos de oportunidad para el desarrollo del programa de gestión de residuos sólidos.

La composición de subproductos por estrato socioeconómico de los residuos sólidos domiciliarios permite al municipio de observar las necesidades de cada estrato dependiendo del tipo de residuos que generan y así poder llevar a cabo lo propuesto por el programa de gestión integral en conjunto con la sociedad. La figura 13 muestra el porcentaje de generación de RSU clasificados por orgánicos e inorgánicos en cada uno de los estratos socioeconómicos.

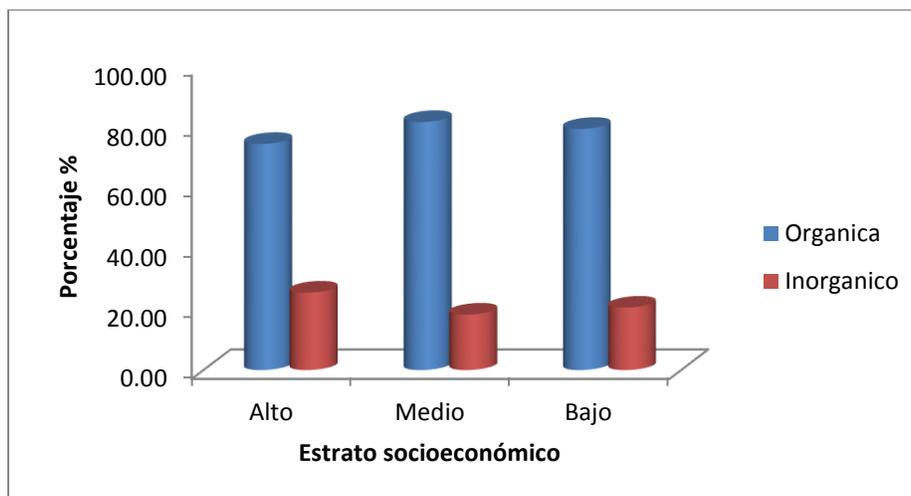


Figura 13. Composición de RSU por estrato socioeconómico. (Datos obtenidos con información del Gobierno del Estado de México, 2000)

La información sobre la composición química sobre los componentes que conforma los RSU es importante para evaluar las opciones de procesamiento y recuperación.

Si la opción de valorización es la incineración como alternativa para la generación de combustible, las propiedades más importantes a conocer son:

- Análisis físico
- Análisis elemental
- Contenido energético

Si se va a realizar composta, es importante tener información sobre los elementos mayoritarios y los elementos en cantidades traza que se encuentran en los residuos.

El análisis físico para los componentes combustibles de los RSU incluye:

- Humedad (pérdida de humedad cuando se calienta a 105 °C durante una hora).
- Cenizas (peso del rechazo después de la incineración de un crisol abierto).

El análisis elemental implica normalmente la determinación del porcentaje de C (carbono), H (hidrógeno), O (oxígeno), N (nitrógeno), S (azufre) y ceniza.

Las características físicas y químicas de los residuos sólidos generados en cualquier fuente, excepto las industriales, se identifican mediante las normas mexicanas NMXAA siguientes:

- 15-1985 Muestreo - Método de cuarteo
- 52-1985 Preparación de muestras en laboratorio para su análisis
- 16-1984 Determinación de humedad
- 21-1985 Determinación de materia orgánica
- 24-1984 Determinación de nitrógeno total
- 67-1985 Determinación de la relación carbón/nitrógeno

De acuerdo a un análisis realizado por el Gobierno del Estado de México (2000) a municipios con semejanzas en población y actividades económicas, se obtuvo el análisis físico y elemental de los residuos sólidos urbanos generados en el municipio de Metepec. Los datos se muestran en la tabla 4.

Tabla 4. Análisis elemental de los componentes de los residuos sólidos del municipio de Metepec.
(Datos obtenidos con información del Gobierno del Estado de México, 2000)

Tipos de Residuos	Peso húmedo (kg)	Peso seco (kg)	Composición (kg)					
			C	H	O	N	S	Ceniza
Residuos de comida	101,930	30579	14678	1957	11498	795	122	1529
Papel	36,630	34432	10468	144	10589	72	48	1444
Cartón	12,560	11932	2878	386	2917	20	13	327
Cartón encerado	4,650	4418	1391	219	707	2	2	28
Plásticos	30,560	29949	16060	1927	6103	0	0	2677
Textiles	2,090	1881	1595	191	904	133	4	72
Cuero	1,080	972	236	32	46	39	2	39
Residuos de jardín	6,040	2416	264	33	210	19	2	25
Madera	470	376	117	14	101	1	0	4
Vidrio	26,320	25793	66	13	53	7	0	13043
Metal	270	265	171	23	164	2	0	3449
Suciedad, cenizas, residuo fino	29,150	26818	7007	799	533	133	53	18117
Total	251,750	169829	54932	5739	33824	1223	247	40754

De igual forma de obtuvo el contenido energético de los residuos sólidos urbanos de Metepec, lo cuales de observan en la tabla 5.

Tabla 5. Contenido energético de los residuos orgánicos del municipio de Metepec. (Datos obtenidos con información del Gobierno del Estado de México, 2000)

Tipos de Residuos	Peso seco (kg)	Energía (kcal/kg)	Energía total (kcal)
Residuos de comida	30,579.05	283.07	8,656,123.29
Papel	34,431.98	1458.05	50,203,607.79
Cartón	11,931.65	1807.41	21,565,367.09
Textiles	1,880.90	688.77	1,295,511.50
Cuero	971.75	2622.13	2,548,049.15
Residuos de jardín	2,415.55	1733.34	4,186,969.59
Residuo fino	18,979.58	302.54	5,742,011.54
Total	101,190.47		94,197,639.96

2.3 Organización y operación actual del servicio público de manejo integral de residuos sólidos urbanos

En el municipio de Metepec, la Dirección de Servicios Públicos es el área encargada del servicio de limpia, recolección, traslado y disposición final de residuos sólidos.

La figura 14 muestra la estructura organizacional de la Dirección de Servicios Públicos, resaltando la Coordinación de Servicio de Limpia en el municipio de Metepec.

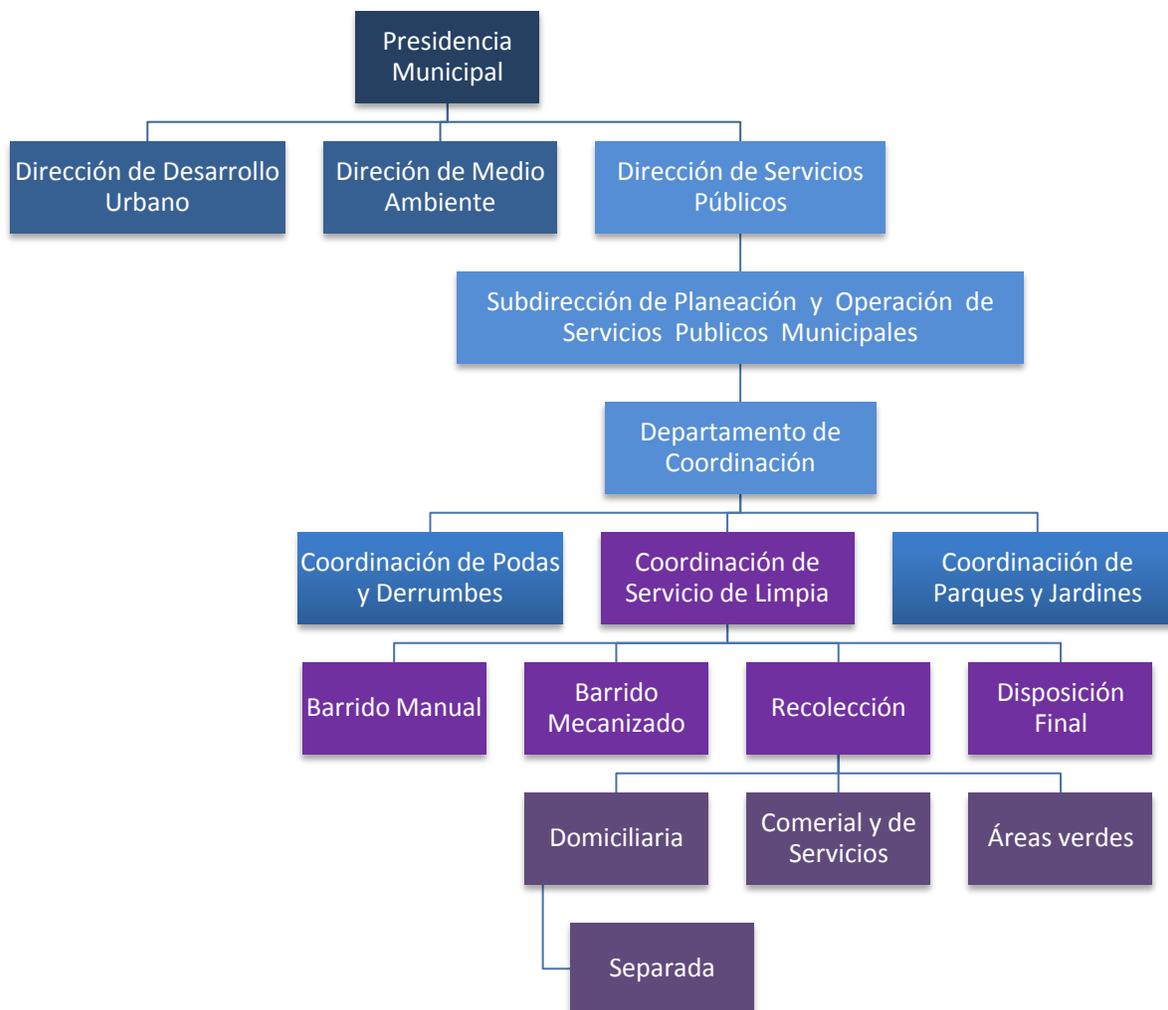


Figura 14. Organización estructural del Servicio de Limpia en el municipio de Metepec (H. Ayuntamiento de Metepec, 2012).

La operación actual del servicio de limpia del municipio se encuentra organizada de la siguiente forma:

Barrido Manual. Este se realiza de forma diaria a través de 9 rutas. Se recorren 25 calles en un horario de 04:00 – 11:00 horas. y de 14:00 a 20:00 horas, en las que se recolectan

diariamente una cantidad de 3000 kg de residuos sólidos urbanos, con los que se evita su acumulación, no solo en las aceras y el arroyo vehicular, también se busca prevenir que ingresen a las coladeras ocasionando la obstrucción del drenaje que origina encharcamientos en la época de lluvias.

Barrido Mecanizado. Permite eliminar los desperdicios y residuos acumulados en los ejes y vialidades estatales, calles donde no se lleva a cabo el barrido manual. El horario en el que se realiza es de 03:00 a 07:00 horas, en el cual se recolecta diariamente una cantidad de 1000 kga de residuos sólidos urbanos.

Recolección Domiciliaria. Se realiza en 66 rutas que ejecutan 18 camiones en dos turnos, matutino y vespertino, tres veces por semana. Diariamente se recolectan en promedio 300 toneladas, que son dispuestas en un relleno sanitario.

Recolección Domiciliaria Separada. Actualmente tiene una cobertura de un 25 % de las viviendas de separación de residuos sólidos, misma que se realiza en dos grandes grupos, que son los residuos reciclables, para los que ya se tiene un mercado y los residuos no reciclables.

De igual manera se señala que la disposición de los residuos reciclables es llevada a cabo por empresas particulares cuyo objetivo es la comercialización y aprovechamiento de los mismos, esto para asegurar la continuidad del programa de separación, mientras que la disposición del segundo grupo la realiza el municipio a través del servicio ya establecido.

Además se cuenta con tres puntos de recolección especial que son fijos los días sábados ubicados en Infonavit San Francisco, San Jerónimo Chicahualco y la Magdalena Ocotitlan, zonas de alta densidad poblacional; mismas a las que se envían 2 unidades recolectoras, una para los residuos reciclables y otra para los no reciclables.

Se cuenta con una unidad especial denominada mini compactador mediante la cual se atiende a casos emergentes denunciados por la ciudadanía y que son atendidos en menos de 24 horas.

Recolección Áreas verdes. Esta incluye parques, jardines, camellones, andadores, panteones y escuelas, dando un mantenimiento total de 2.2 millones de m² de forma mensual; así mismo se da mantenimiento del arbolado urbano. En promedio se realiza mantenimiento a 2000 árboles al año que equivalen a 8 toneladas de residuos.

Recolección a establecimiento comerciales y de servicios. El sistema de recolección se lleva a cabo mediante varios mecanismos (los cuales tienen un costo), tales como:

- Contratación de empresas para su recolección
- Convenios con el Ayuntamiento (unidades recolectoras públicas o mediante la dirección de servicios públicos)

Por otra parte, la recolección de mercados y tianguis se lleva a cabo los días Domingos.

En conjunto con la Dirección de Servicios Públicos, la Dirección de Medio Ambiente se encarga de la elaboración y ejecución de programas de separación y recolección de residuos sólidos reciclables, tales como papel, vidrio, plástico, entre otros. (Municipio de Metepec, 2012)

2.3.1 Recursos Humanos, Materiales y Financieros

En la figura 15 se describen los recursos humanos y materiales que componen el servicio de limpia el cual cuenta con un total de 280 servidores públicos que constituyen el personal operativo. A cargo del personal operativo se encuentra el coordinador de servicio de limpia, reportándole directamente al subdirector y director de servicios públicos. (Municipio de Metepec, 2012).



Figura 15. Recursos humanos y materiales del servicio de limpia del municipio de Metepec. (H. Ayuntamiento de Metepec, 2012)

En la tabla 6 se describen los recursos materiales que posee el servicio de limpia actual de Metepec, así como el número de unidades reportadas.

Tabla 6. Descripción de los recursos materiales de Metepec. (H. Ayuntamiento de Metepec, 2012)

Datos de la unidades	Cantidad de unidades y capacidades	
	Cantidad	Especificación
Compactador Carga Trasera	14	14 m ³ , 8 ton
Compactador Carga Trasera Ecológico	4	14 m ³ , 8 ton
Mini-compactador Carga Trasera	4	5.25 m ³ , 3 ton
Carros de Recolección Manual	15	200 kg
Barredora RS 851	1	
Barredora Elgin Sweepers, Five Stars	1	
Grúa Hidráulica	1	21.4 m altura
Camionetas, rejillas ganaderas	4	6 m ³ , 3.5 ton
Total de Unidades	44	

En base a los recursos financieros, el municipio de Metepec para los años 2011 y 2012 reporta ingresos de 21 millones de pesos aproximadamente lo que corresponde a un incremento del 32 % respecto al inicio de la administración actual.

La tabla 7 muestra el presupuesto anual para el área de limpia, así como los gastos en mantenimiento y equipamiento.

Tabla 7. Presupuesto anual de Metepec para el área de limpia. (H. Ayuntamiento de Metepec, 2012)

Concepto	2009	2010	2011	2012
Costo por limpia, recolección y disposición final de residuos sólidos	15,843,109.25	17,852,627.98	20,947,841.04	20,947,844.00
Mantenimiento de equipo (vehículos y camiones recolectores)	1,637,947.00	1,249,323.75	1,914,472.82	2,228,433.00
Equipamiento	0	0	12,370,503.63	909,013.88
Presupuesto Total	17,481,056.25	19,101,951.73	35,232,817.49	24,085,290.88

De acuerdo al número de unidades existentes en el año 2012 (44 unidades), se puede estimar que en promedio el municipio invierte diariamente \$140 pesos en mantenimiento por unidad, lo que equivale a \$ 6,000 pesos por día.

Por otra parte los gastos realizados por el concepto de sueldos y salarios equivalen a \$13.8 millones de pesos anuales, lo que equivale a \$38,000 pesos por día por los 282 empleados para el año actual. (Ver anexo A, tabulador de sueldos para 2012).

Independiente de los gastos por mantenimiento y salarios, el municipio destina el 82% del presupuesto total a la disposición final de sus residuos sólidos, al no contar con un relleno sanitario propio (ver tabla 8). De igual forma el municipio no cuenta con un sitio de transferencia lo que incrementa el costo por traslado.

Tabla 8. Presupuesto actual (2012) de Metepec para el área de limpia. (H. Ayuntamiento de Metepec, 2012)

Actividad	Presupuesto anual (2012) en pesos	% Respecto al Total
Mantenimiento de equipo	2,228,433.00	9
Equipamiento	909,013.88	4
Limpia y Recolección	1,231,364.00	5
Disposición Final	19,716,480.00	82
Presupuesto Total	24,085,290.88	100

El costo por trasladar los residuos sólidos urbanos al relleno sanitario de San Antonio la Isla es de \$163.55 pesos/ton + IVA. De acuerdo a la estimación del crecimiento poblacional realizada por la CONAPO, se puede estimar que para el año 2020 la generación de residuos sólidos urbanos aumentara un 25% respecto al año 2012.

En base a estos datos podemos observar que el problema de los residuos sólidos no solo afectará al medio ambiente; sino que con el trascurso de los años el proceso de manejo se volverá más complejo y costoso para el municipio.

Como se observa en la tabla 8, el municipio destina \$19.7 millones de pesos a la disposición final, lo que equivale a la mayor parte del presupuesto total. Por otro lado se puede observar que el municipio destina apenas el 5% al servicio de limpia y recolección, lo que nos muestra un área de oportunidad para mejorar por parte del municipio.

El panorama mencionado anteriormente nos muestra que la generación de residuos sólidos urbanos va en crecimiento y que las condiciones económicas del municipio se mantienen al margen con las necesidades de este.

2.4 Generación y recolección

El dato que se ha venido manejando del total de toneladas generadas de residuos sólidos urbanos por día es de 300.1, el cual no corresponde al 100 % de RSU generados en el municipio. Se desconoce la cantidad total de residuos sólidos generados debido a que la dirección de servicios públicos no atiende a establecimientos públicos y por lo tanto no

son contabilizados. Los establecimientos privados contratan empresas especializadas para recolección y disposición final de sus residuos.

Es importante mencionar que los datos reportados de residuos de origen comercial pertenecen a los comercios ubicados en la cabecera municipal de Metepec, mercados y tianguis; ya que se tiene el convenio de apoyar a la zona principal de comercio (entre ellos el artesanal).

Metepec cuenta con un mercado el cual se realiza todos los lunes de cada semana el cual genera 80 toneladas por día.

Los datos de generación y recolección de residuos sólidos urbanos de Metepec para el 2012 son:

- Generación per cápita de RSU de 0.74 Kg/habitante/día
- Generación diaria contabilizada de 300.1 ton/día
- Cobertura del servicio de limpia y recolección del 100% (servicio domiciliario y comercial principal)

La actualización del servicio de recolección se realizó en el año 2010 con la finalidad de aumentar el 80% de cobertura al 100%, se tiene en la página web del municipio un apartado de las rutas de recolección, con la finalidad que la población tenga acceso a la información.

2.5 Disposición final

El municipio no cuenta con un sitio de disposición final, lo que se ha reflejado en los gastos generales del servicio ya que se deben cubrir los pagos por derecho de uso en el tiradero de San Antonio la Isla. Así mismo es importante mencionar que Metepec contaba con un socavón, el cual cerró en 2006; a dicho socavón se le da mantenimiento básico que consiste en limpieza del sitio, monitoreo del nivel del suelo y de las chimeneas.

El relleno sanitario es administrado por la empresa Vigue Relleno Sanitario S.A. de C.V., mismo que cuenta con todos los permisos y/o autorizaciones necesarias de acuerdo a la normatividad vigente y aplicable.

Los municipios que depositan sus residuos sólidos, además de Metepec son: Lerma, Malinalco, Tenancingo, Toluca, Zumpahuacan y recolectores privados.

2.6 Medidas adicionales del municipio

2.6.1 Programa de recolección separada

El municipio ha implementado la separación de residuos sólidos, actualmente solo el 25% de la población se encuentra en constante participación. Es importante mencionar que es una medida nueva que está tomando el municipio donde como principales tareas tiene el promover y capacitar a la población para que realice la práctica de separación de residuos; así como también el invertir en equipo de recolección necesario para dicha tarea.

2.6.2 Reciclaje de PET

El municipio de Metepec promueve mediante espacios educativos y organizaciones vecinales el reciclaje de PET como medio para la construcción de bancas y bardas perimetrales, realizadas con este material, para parques y jardines. Cuenta con 20 centros de acopio de plástico y tiene un convenio con la empresa Reciclatek, asentada en Toluca, que transporta el producto y por cada tonelada y media otorga inmobiliario al municipio.

2.6.3 Punto verde

El “Punto Verde” es un espacio designado por el municipio donde los habitantes podrán llevar sus dispositivos electrónicos, se ubica en el interior del Parque la Providencia de Metepec y se encuentra en forma permanente de lunes a viernes de las 9 a las 15 horas y los mismos días por la tarde hasta las 18 horas, además se recibe papel para reciclar y PET. (Ver anexo C)

Capítulo 3

Planeación estratégica para la prevención y gestión integral de los residuos sólidos urbanos

3.1 Estrategias actuales

Actualmente el municipio cuenta con un programa de limpia y recolección, cuya estructura está enfocada en brindar el servicio de recolección de residuos sólidos y limpieza de calles a través de sus diferentes variantes.

El programa se basa en las siguientes estrategias:

1. Mantener en óptimas condiciones las unidades recolectoras a fin de mejorar el servicio de recolección domiciliaria.
2. Adecuar rutas de recolección con base en la demanda y crecimiento poblacional (horarios y cantidad).
3. Monitoreo del consumo de combustible.
4. Implementar un programa de separación de residuos sólidos en el municipio.
5. Adecuar rutas de Barrido Manual con base en la demanda del servicio.
6. Dar mantenimiento básico integral a las áreas verdes del municipio.
7. Dar mantenimiento a los panteones. (H. Ayuntamiento de Metepec, 2012)

3.2 Planeación estratégica propuesta

A nivel mundial se reconoce que los problemas relacionados con la basura no son necesariamente de carácter técnico o económico, sino social, por ello su solución de raíz no podrá lograrse sin la participación de la sociedad y el aprovechamiento del conocimiento y la experiencia disponible en la materia.

El comportamiento de la población general en cuanto a los residuos sólidos obedece en gran medida a una percepción errónea sobre quién es responsable de reducir su generación, de asegurar su manejo ambientalmente adecuado, y de asumir los costos que derivan de su manejo integral, al suponer que son las autoridades municipales a quienes corresponde únicamente estas tareas, además de que no ven ningún incentivo para minimizar su generación.

También existe confusión acerca de los beneficios que podrían derivar de la separación de los materiales susceptibles de reciclado desde su origen, al considerarse que en los camiones recolectores éstos terminan mezclándose y desperdiciándose, lo cual desalienta la participación ciudadana en campañas de separación de materiales valorizables para introducirlos de nuevo en el sector económico y evitar que vayan a parar a sitios de disposición final.

Por estos motivos resulta de gran importancia contar un plan estratégico para el manejo de residuos sólidos urbanos en el municipio de Metepec, el cual se describe en las siguientes acciones:

1. Comunicación y educación ambiental. Fortalecer la participación de la sociedad orientándola a la educación y sensibilización a la ciudadanía e incidiendo con programas de capacitación para los diferentes sectores, estableciendo una cultura en la reducción de la generación de residuos, reúso de materiales, consumo responsable y la separación en el origen. El plan de acción a seguir se muestra a continuación:
 - a. Pláticas, capacitación y demostraciones a los diferentes sectores que componen al municipio (figura 16).
 - b. Exposiciones, talleres y actividades culturales sobre la separación de residuos sólidos; así como reúso de residuos en la generación de compostaje (agricultura orgánica) y elaboración de artesanías.
 - c. Campañas de limpieza y señalización.
 - d. Evaluación Continua.

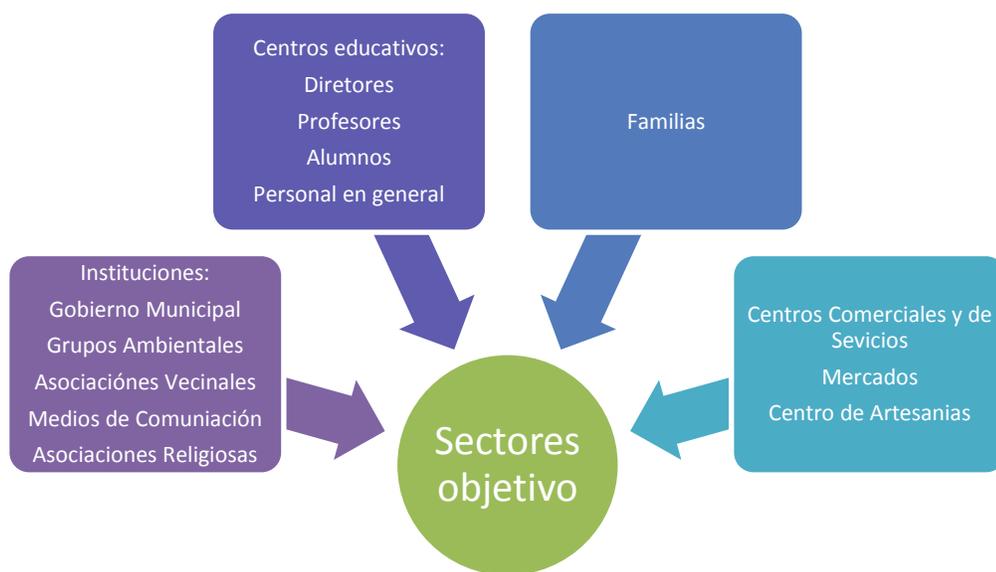


Figura 16. Sectores objetivo para el desarrollo de educación ambiental.

2. Prevención y minimización de la generación. Incentivar la minimización de la generación de residuos en fuente con el rediseño de empaques y embalajes y la utilización de materiales degradables y prácticamente reciclables.
3. Separación en el origen. Fortalecer en todos los sectores de la sociedad la separación en orgánicos e inorgánicos de acuerdo a lo establecido en la norma estatal ambiental NTEA-013-SMA-RS-2. El plan a seguir es el siguiente:

- a. Capacitación del personal. Capacitación al personal operativo y administrativo acerca de la clasificación adecuada de los residuos sólidos urbanos y manejo adecuado de ellos.
 - b. Difusión de Información. Informar a los ciudadanos mediante el servicio de limpia y recolección acerca de la recolección separada (orgánicos e inorgánicos); además de colocar información visual sobre los días que se recolectan por ruta.
 - c. Distribución de bolsas y contenedores. Distribución de bolsas y contenedores correctamente identificados para estandarizar y facilitar la separación y recolección de los residuos; por parte del gobierno municipal.
4. Recolección selectiva. El municipio actualmente cuenta con una distribución del sistema de limpia que abarca el 100%, por lo cual solo se requiere llevar a cabo la recolección separada conforme a lo descrito anteriormente. La única limitación es la falta de infraestructura y equipo para llevarla a cabo; por lo cual es importante tomar medidas de adquisición de equipo o adaptación del actual.
5. Prevención y control de la contaminación. Mejorar el servicio público de limpia en la vía pública incidiendo en la atención de los sitios no controlados, comercios y servicios; fortaleciéndolo con operativos de inspección y vigilancia.
6. Aprovechamiento y valorización; tecnologías alternativas. Una vez que los residuos sólidos se han recolectado se debe determinar el camino a seguir ya sea, hacia su aprovechamiento o disposición final.

La figura 17 muestra el flujo propuesto para los residuos generados en el municipio de Metepec.

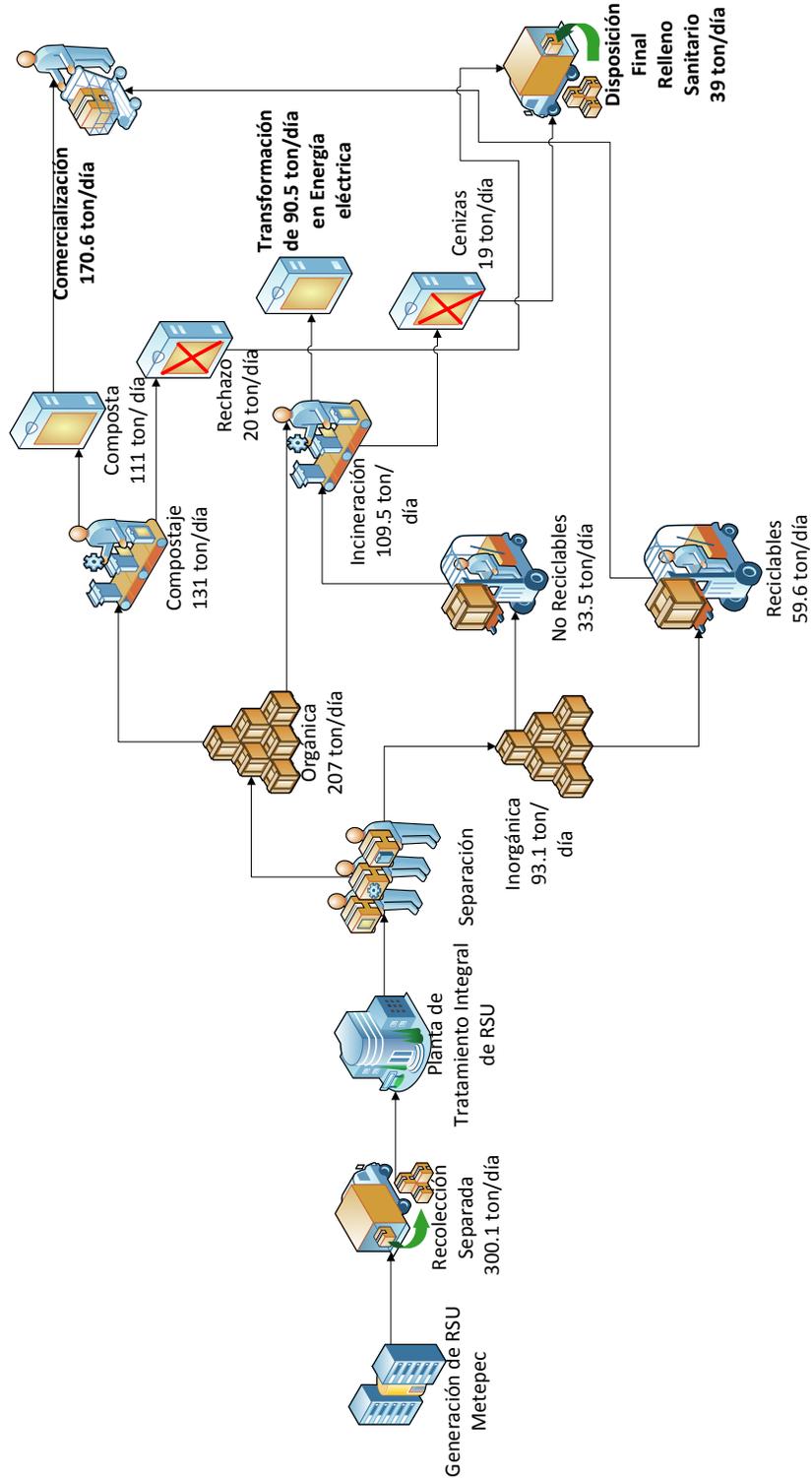


Figura 17. Flujo de proceso propuesto para el manejo de los RSU de Metepec.

- 7. Evaluación y seguimiento.** Mantener actualizado y mejorar el sistema de información sobre los residuos sólidos urbanos generados en el municipio de Metepec.

Capítulo 4

Programa de manejo para la gestión integral de los residuos sólidos urbanos

4.1 Separación en origen

La separación en origen es la clave de un buen sistema de revalorización de residuos y no necesita de un gran esfuerzo. La primera etapa, como se plantea en el Capítulo 3 es el cambio de comportamiento de la sociedad a la hora del manejo de sus residuos sólidos; por ello, lo primero que debemos responder y entender es ¿Porque conviene el esfuerzo de separar en origen?.

Para atender dicha pregunta, se plantea realizar campañas a escuelas, comercios y grupos domiciliarios, donde los temas fundamentales a tratar sean los siguientes:

- **Situación actual del municipio de Metepec en materia de RSU.** Realizar presentaciones donde se muestren imágenes tanto de las estadísticas como del manejo que actualmente se les da a los RSU, con la finalidad de que la población aporte ideas de mejora para su bien común.
- **Beneficios de la separación en origen.** Una vez que la población ha comprendido su situación es importante que conozca que la separación en origen no solo le trae beneficios al medio ambiente y al municipio; si no también a su estilo de vida. A continuación se muestran diferentes beneficios que genera la separación en origen (figura 18).



Figura 18. Beneficios de la separación en origen.

La segunda etapa surge cuando la población se plantea el siguiente panorama:

“Ya que conocemos cual es nuestra situación actual y que impacto tiene sobre el municipio y el medio ambiente nuestras acciones; ¿Cómo debemos separar los residuos?”

Los residuos sólidos generados en casas, oficinas, comercios, y escuelas se separan en tres categorías, las cuales son residuos orgánicos, residuos inorgánicos y residuos sanitarios. En la tabla 9 se ejemplifican los residuos que pueden componer dicha clasificación, así como la identificación (iconografía) estandarizada que la SEMANAT propone para México, con la finalidad de que la sociedad tenga presente como es que debe organizar sus residuos en cualquier parte del país.

Tabla 9. Clasificación e identificación de residuos orgánicos, inorgánicos y sanitarios. (SEMARNAT, 2011)

Nombre de la categoría	Tipos de residuos que la componen	Identificación (Iconografía)
Inorgánicos	Todo material no orgánico, ni peligroso Cerámica (platos, tazas y vasijas) Focos y lámparas (sin mercurio gaseoso) Trapo Vidrio (botellas y envases) Lata (envases de alimentos y jugos) Aluminio (papel, envases de refresco) Envases de plástico (todos los tipos y clasificación) Cartón (cajas de envase y embalaje) Papel (periódicos, propaganda y todo los demás tipos) Bolsas de plástico (todos los tipos) Envases multicapas (“brick”, leche, jugos y alimentos) Metales (ferrosos y no ferrosos) Pañales, toallas sanitarias femeninas y papel sanitario	 
Orgánicos	Todo orgánico no peligroso Cáscaras de fruta y vegetales Carne y pescado (huesos, grasa y piel) Pasta, pan y cereal Productos lácteos y cascarones de huevo Dulces, galletas y pasteles Bolsas de té, filtros de café y tierra Plantas y flores de hogar Restos de animales (no peligrosos) Plantas verdes, tallos y pajas Cascarillas, zuros (olotes) Excrementos, orinas y purines Restos de camas de establos Otros	 
Sanitarios	Pañales, toallas sanitarias femeninas y papel Cualquier papel o servilleta usada, aunque sea biodegradable. Productos para aseo personal de algodón. Y en general, productos similares no peligrosos.	No definido

De acuerdo a la clasificación mencionada, se debe capacitar al H. Ayuntamiento sobre la correcta separación de los residuos, ya que son los encargados de difundir mediante el servicio de limpia y recolección la información a la población.

Otro tipo de clasificación de residuos más especializado puede ser implementado en el municipio mediante puntos estratégicos, donde se coloquen contenedores monitoreados para la separación de papel, cartón, plásticos, metal vidrio, entre otros. En la tabla 10 se muestran ejemplos de residuos que componen cada categoría y su identificación estandarizada.

Tabla 10. Clasificación e identificación de residuos especializados. SEMARNAT, 2011

Nombre de la categoría	Tipos de residuos que la componen	Identificación (Iconografía)
Papel y Cartón	Cajas de cartón Cuadernos o libretas Libros Periódicos Revistas Hojas de papel Sobre Legajos Empaques de cartón Invitaciones Cartulinas Directorios Carpetas y/o folders Papel de propaganda Papel de publicidad Cartón de huevo Cartón corrugado	 
Metal	Aluminio. Latas de refrescos, cerveza, jugo, té. Cobre. Cables de instalaciones eléctricas, tubos, llaves de tubería. Latón o lámina. Latas de alimentos, bebidas y suplementos alimenticios. Fierros varios y chatarra.	 

<p>Plástico</p>	<p>PET. Envases para alimentos y bebidas tales como: mayonesa, salsas, aderezos, refrescos, agua natural y saborizada. Algunos vasos y platos desechables, bandejas para microondas y flejes.</p> <p>PEAD o HDPE. Envases para alimentos y bebidas tales como: productos lácteos (yogurt, nieve, crema), aceite. Tapaderas de refrescos y agua. Envases para detergentes, champú, enjuagues, jabones líquidos, cloro, medicinas, aceites para automotor, bolsas para supermercados, cajones para pescados y refrescos, cubetas para pintura. Además tuberías para gas, telefonía, agua potable, minería y uso sanitario, macetas, bolsas tejidas. Materiales para impermeabilización de lagunas, canales, y fosas.</p> <p>PVC. Tubería para: agua y drenaje. Artículos como: cubierta para alambres, puertas, mangueras y cables. Algunos envases transparentes para champú o detergentes.</p> <p>PDBD o LDPE. Bolsa de todo tipo: supermercados, autoservicios, boutiques, congelados, entre otros. Bolsas para suero, contenedores herméticos domésticos, tubos y recipientes, tuberías para riego.</p> <p>PP. Envases para combustible y alimentos que requieren resistencia a alta temperatura o baja temperatura como: envases para margarina, helados y algunos productos que se preparan en el horno de microondas. También en algunas fibras para tapicería, cubrecamas, alfombras, y auto partes.</p>	
<p>Vidrio</p>	<p>Vidrio transparente. Envases vacíos de mermelada, mayonesa, café, alimento para bebés, refrescos, cerveza, vinos. Vasos, platos, cristalería, bases para lámparas, vidrios planos, cubiertas para mesas, ventanas.</p> <p>Vidrio de color. Envases vacíos de cervezas, botellas de vino, alimentos, aceites y bebidas. Vasos, platos, cristalería bases para lámparas, vidrios planos, cubiertas para mesas.</p>	

Por último la tercera etapa constituye la revalorización de los recursos. En esta etapa se dan a la población ideas sobre el uso que le pueden dar a sus residuos como los que se enlistan a continuación:

- Compost domestico
- Decoración de hogares
- Artesanías
- Materiales escolares
- Juguetes
- Regalos

En el anexo D se muestran diferentes imágenes de ideas para reciclar distintos materiales.

4.2 Recolección

Como se mencionó anteriormente el municipio de Metepec cuenta con cobertura del 100% del servicio de limpia y recolección de residuos sólidos en todas sus localidades mediante 66 rutas las cuales se muestran en el anexo B.

Las rutas planteadas se mantendrán al igual que los días de recolección por ruta. Debido a que se incluirá la recolección separada, se propone que se recolecten los residuos sólidos orgánicos y sanitarios 2 días a la semana y los residuos sólidos inorgánicos 1 día a la semana; esto debido a la falta de equipo para recolección conjunta. En la tabla 11 se observa un ejemplo del calendario de recolección propuesto.

Residuos a recolectar:

M	Orgánicos matutino	V	Orgánicos vespertino
M	Inorgánicos matutino	V	Inorgánicos vespertino
V	Rutas Especiales (Vespertino)		

Tabla 11. Ejemplo de calendario de recolección separada.

Ruta	Barrio/Fracc. /Unidad Hab.	L	M	M	J	V	S	D
1	Fraccionamiento Casa Blanca	M		M		M		
2	Manuel Doblado, Ensueño A y B y Pinos		M		M		M	
3	San Jerónimo Chicahualco		M		M		M	
4	Pilares	M		M		M		V
5	Real de San José, Arboledas, Real San Jerónimo, Rinconada los Cedros y Arcos Concordia	M		M		M		
6	El Virrey, Viandas I, II, III y IV, Puertas del Sol, Villas Campestre. Industria 14 e Industria 16		M		M		M	
7	Col. Francisco I. Madero		V		V			
8	La Asunción	V		V		V		
16	Izcalli V y VI	V		V		V		
28	Parte de Col. Juan Fernández Albarrán y Fracc. Real de San Javier		V		V		V	
29	Col. Municipal y Col. Jesús Jiménez Gallardo		V		V		V	V
30	Parte de Col. Juan Fernández Albarrán, Fracc. Las Altezas y Col. Jesús Jiménez Gallardo	V		V			V	V

La recolección para los puntos estratégicos, donde se tienen principalmente los residuos que pueden ser reciclados, la harán directamente las compañías que se encarguen de su manejo.

4.3 Planta de Tratamiento Integral de RSU

El esquema de funcionamiento de la planta de Tratamiento Integral de Residuos Sólidos Urbanos (RSU) se define a continuación, ver figura 19 del diagrama de distribución.

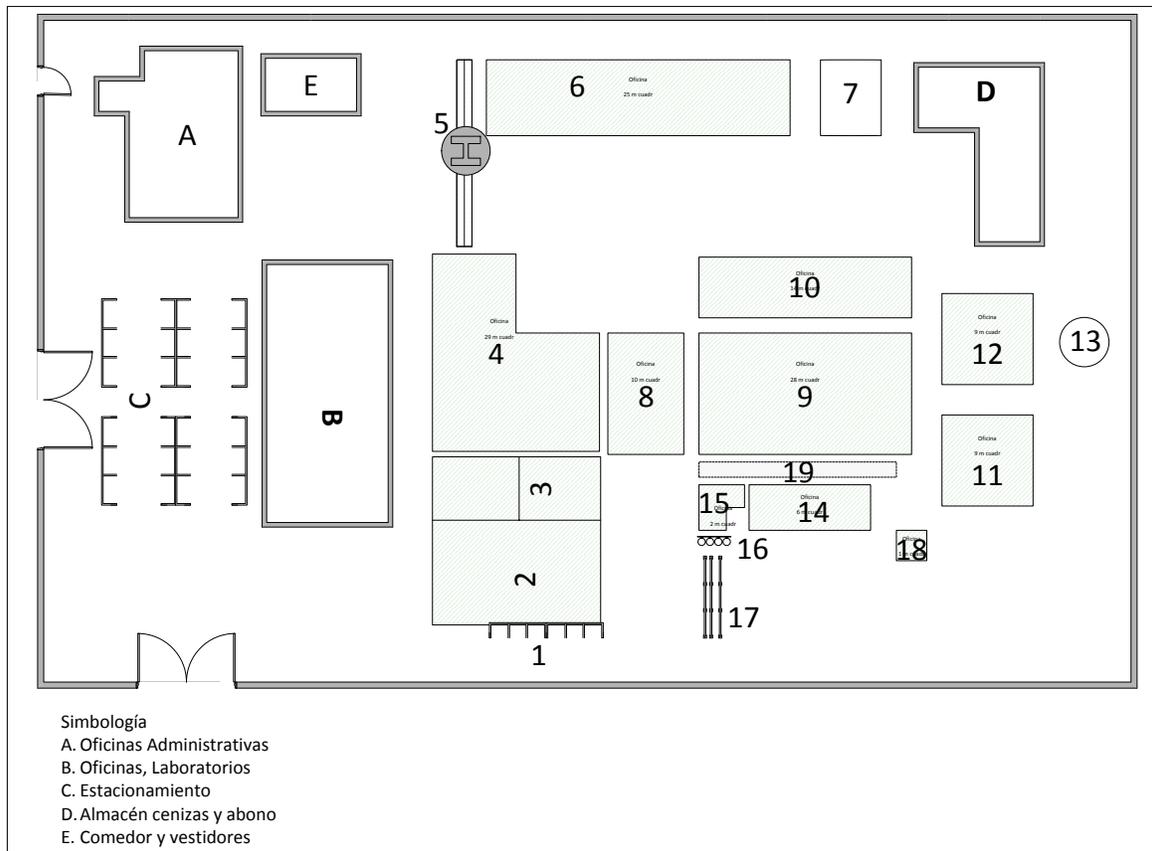


Figura 19. Diagrama de distribución de la planta de tratamiento integral de RSU.

Los residuos sólidos urbanos llegan a la nave de descarga (1) transportados, generalmente, por camiones, que vierten su contenido en el foso de basura (2) para ser enviadas mediante una grúa transportadora (3) al área de selección (4).

En la zona de selección, se separan los diferentes tipos de materiales que componen los residuos sólidos urbanos, seleccionando aquéllos que pueden tener utilidad por uno u otro motivo. Los materiales que pueden ser reciclados —cristal, cartones, metal, plástico, pilas— se extraen y almacenan. La materia orgánica se lleva, tras pasar por un separador magnético (5) que retira los materiales férricos aún presentes, a unas playas de fermentación (6), en las que permanecerán uno o dos meses. En ellas, esta materia es

aireada periódicamente en un eliminador de impurezas (7) para obtener un abono denominado "compost".

Una vez que se ha separado aquello que se considera aprovechable, el resto se envía al depósito de rechazo (8) situado junto al horno (9), donde es quemado.

La combustión en el horno hace que el agua que circula por las tuberías de la caldera (10) se transforme en vapor a presión.

Las escorias resultantes de la combustión se extraen y se llevan a un cenicero (11) para su tratamiento posterior. Los gases de combustión se limpian mediante una unidad de depuración de gases (12), antes de ser vertidos a la atmosfera por una chimenea (13).

El vapor generado en la caldera se lleva a los diferentes cuerpos de la turbina de vapor (14) según su presión. La expansión del vapor en la turbina hace que se mueva un generador eléctrico (15) solidario a ella, que transforma la energía mecánica rotatoria en electricidad. La energía eléctrica obtenida, antes de ser conducida a las líneas de transporte (17), pasa por unos transformadores (16) que adaptan sus condiciones de intensidad y tensión a la red del sistema.

A la salida de la turbina el vapor es conducido a un condensador (18) para su condensación, mediante un intercambio de calor aire-agua; el agua líquida resultante queda recogida en la balsa del condensador. Esta agua es utilizada para repetir el ciclo térmico (19).

4.4 Recepción, Separación y Compostaje

El proceso, que se observa en la figura 20, representa la parte 1 de la planta de tratamiento integral de RSU compuesta por recepción, separación y compostaje.

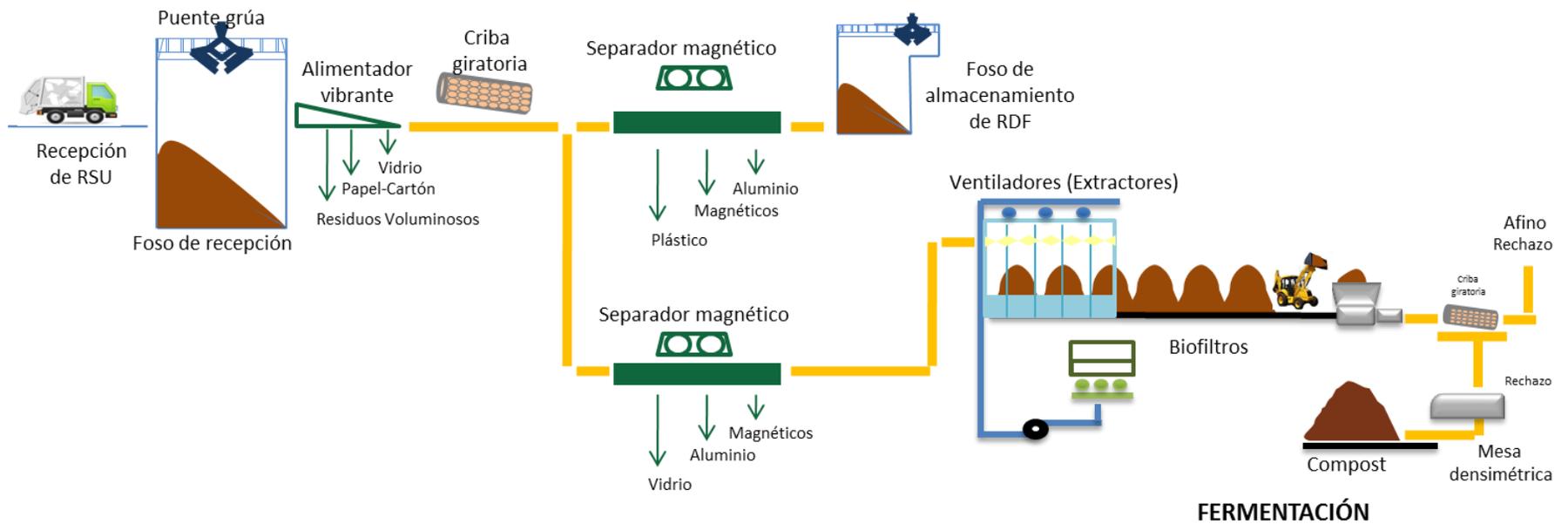


Figura 20. Diagrama de proceso, parte 1 de la planta de tratamiento integral de RSU. (Ramírez, 2010)

El proceso inicia con la llegada de los camiones que transportan las 300 toneladas de RSU que se tratan diariamente.

Estos vehículos son pesados antes de verter su contenido en un foso sometido a depresión para evitar el escape de polvo y olores, y preparado para almacenar residuos durante un periodo de dos días. Unos puentes grúa van depositando los residuos en la línea de tratamiento, sobre unos alimentadores que transportan el residuo a baja velocidad, permitiendo a los operarios retirar los objetos voluminosos, los envases de cartón y el vidrio. Posteriormente, se realiza un cribado, separándose los residuos en dos categorías en función de su tamaño, mayor y menor de diez centímetros. Los residuos de tamaño inferior a diez centímetros se vierten en unas cintas y, tras retirar los metales férricos por medio de un separador electromagnético y los metales no magnéticos y el vidrio por medio de una selección manual, se transporta el resto (en su mayor parte materia orgánica) hasta las playas de fermentación aerobia controlada, donde la materia orgánica es volteada periódicamente para su oxigenación y correcta fermentación.

Las playas de fermentación están cubiertas en la zona correspondiente a las tres primeras semanas del proceso. El aire de esta área es extraído por medio de unos potentes ventiladores que lo conducen hasta unos biofiltros que eliminan los malos olores. De igual forma, las balsas en las que se recoge el lixiviado procedente de la fermentación de la materia orgánica se encuentran cubiertas, siendo el aire de su interior tratado en los correspondientes biofiltros.

Al cabo de ocho a diez semanas la materia orgánica se ha convertido en compost. Después, en dos instalaciones de afino, se apartan, mediante cribado y separación densimétrica, los restos de vidrio y otros elementos inertes, obteniéndose, por un lado, un rechazo que se llevará a vertedero y, por otro, el compost perfectamente depurado y ya utilizable como abono, que es almacenado hasta su distribución. De la fracción de elementos de tamaño superior a 10 centímetros se separan manualmente los productos que son susceptibles de recuperación (plástico, envases de aluminio, etc.). Además, mediante separadores electromagnéticos se obtienen todos los materiales férricos.

Todos los productos recuperados son adecuadamente prensados, embalados y transportados, para su reutilización, hasta los diversos recicladores. Tras este proceso de selección queda un rechazo combustible no reciclable, que no contiene ya ningún material aprovechable y que se denomina RDF (*Refuse Derived Fuel*). Este remanente servirá como combustible en la Planta de Recuperación Energética. (Ramírez, 2010)

4.5 Planta de Recuperación Energética

El proceso de recuperación energética se observa en la figura 20, representa la parte 2 de la planta de tratamiento integral de RSU compuesta por incineración, recuperación energética y tratamiento de gases.

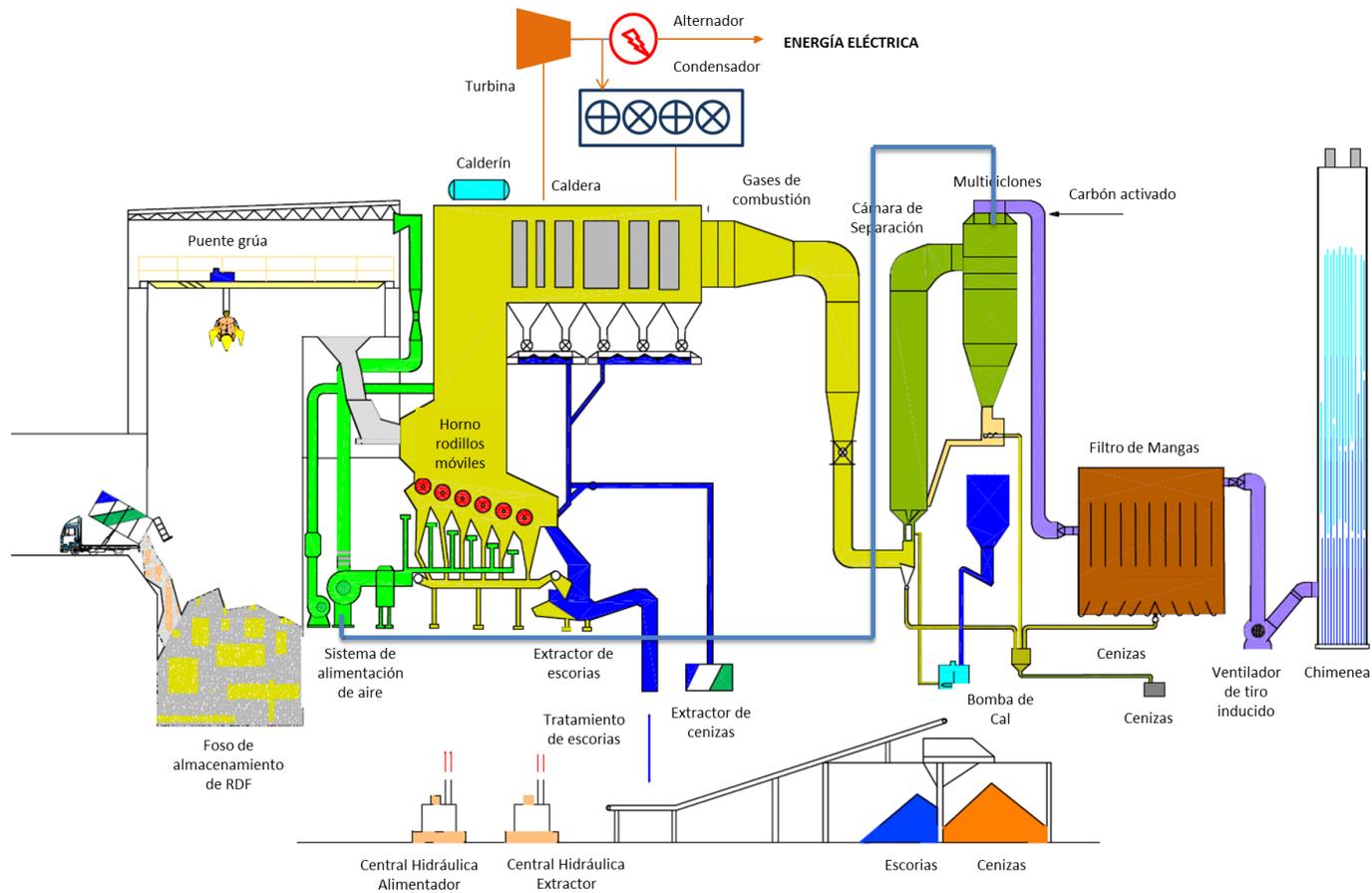


Figura 21. Diagrama de proceso, planta de recuperación energética. (Rubio, 2003)

La planta de recuperación energética comienza con el sistema de alimentación de residuos al incinerador, el cual consta de las siguientes partes:

- Tolva de carga. Construida con chapas de acero de 6 mm de espesor con refuerzos y apoyos en perfiles de acero. La zona de carga contará con un recubrimiento de placas de desgaste.
- Conducto de carga. Comunica la tolva de carga con el alimentador del horno, y a través del mismo descenderán los residuos, impidiendo la entrada de aire falso al horno. Estará igualmente construida con chapas de acero de 6 mm de grosor con refuerzos de perfiles de acero.
- Alimentador del horno. En él se depositarán los residuos procedentes del conducto de carga inmediatamente antes de ser introducidos en el incinerador, y estará conformado por planchas de segmentos fundidos.
- Compuerta basculante accionada hidráulicamente destinada al bloqueo del conducto de alimentación. Estará fabricada en chapa de acero de 8 mm de espesor con nervaduras de refuerzo. En caso de incendio del conducto de carga esta compuerta evitaría su propagación a la tolva de carga y al foso de residuos. Durante las operaciones de puesta en marcha y accionamiento de la compuerta se encontrará cerrada para evitar la entrada de aire a la cámara de combustión.
- Sistema de refrigeración. La parte inferior del conducto de carga así como el alimentador estarán refrigerados por agua como protección frente al calor radiante del fuego de la parrilla. (IDAE, 1996)

4.5.1 Sistema de combustión

La tecnología a emplear para la incineración de los residuos será un horno con parrilla de rodillos móviles. La parrilla de rodillos estará compuesta por 6 rodillos cilíndricos conectados uno tras otro y dispuestos en escalones. Las superficies de la parrilla estarán adecuadas a la capacidad prevista de incineración. Los rodillos se colocarán con una inclinación de 20° con respecto a la horizontal.

En los laterales, la parrilla de rodillos estará limitada por una carcasa de chapa de acero en la que se integrarán los rodamientos exteriores de los rodillos.

El proceso de combustión de los residuos dentro de la parrilla, constará de las siguientes etapas:

- En los rodillos 1 y 2 se llevará a cabo el secado del combustible y una desgasificación parcial.
- La combustión principal se efectuará en los rodillos 3 y 4.
- En los rodillos 5 y 6 se producirá la combustión definitiva.
- Desde el rodillo 6 se expulsan los residuos de la incineración al extractor de escoria y se extraen enfriados.

El aporte del aire de combustión principal se realizará desde la parte inferior de la parrilla a través de los rodillos que la componen. El aporte de este desde el inicio de la parrilla hasta el rodillo 4 puede controlarse de forma independiente para cada rodillo desde la caseta de control, a través de trampillas accionadas por motores. El aporte de aire en los rodillos restantes se ajusta de forma óptima por medio de trampillas manuales accionadas durante el funcionamiento de prueba.

El movimiento de los rodillos permite llevar a cabo una combustión especialmente intensa de los residuos a incinerar. El transporte de rodillo a rodillo provoca una interacción entre el peso de los residuos y el coeficiente de fricción de los rodillos, lo que permite una adecuada homogeneización del combustible, así como un atizado reposado que evita el arrastre de partículas que sobrecarguen los gases de combustión.

En general, el diseño del horno permitirá mantener de forma consistente una elevada calidad de incineración, materializada en:

- Contenido muy bajo de inquemados en gases y escorias.
- Bajas concentraciones de monóxido de carbono en los gases de combustión.
- Temperaturas de los gases de combustión superiores a 850 °C durante más de dos segundos.
- Capacidad para incinerar residuos de bajo poder calorífico y elevada humedad.
- Adaptabilidad a las diferentes características del combustible.

Así mismo se contemplan la utilización de medidas para evitar la adherencia de cenizas fundidas en las paredes del horno, distribuir de forma adecuada los gases de combustión, y recoger sin provocar obstrucciones los finos y los metales fundidos originados en el proceso de combustión. (IDAE, 1996)

4.5.2 Sistema de extracción de escorias.

El sistema de extracción de escorias consta de 6 tolvas situadas por debajo de la parrilla de rodillos. Éstas recogen las escorias procedentes del incinerador y las conducen al sistema de transporte, formado por un transportador de cadena en baño de agua para el enfriamiento de la misma.

Cada transportador consta de una bandeja de chapa reforzada en forma de U como órgano de tracción se emplea una cadena de eslabones altamente resistente al desgaste. Como accionamiento de los anteriores sistemas se emplea un motor reductor con transmisión primaria.

Para una extracción automática de las escorias entre el punto de salida de la parrilla y el desescoriador de presión, se ha previsto un recipiente para recepción de escorias con tolva de recogida. (IDAE, 1996)

4.5.3 Sistema de alimentación de aire

El suministro de aire para la combustión consta de dos sistemas independientes, aire primario y aire secundario, con el fin de asegurar la oxidación completa de todas las especies.

El diseño del horno permite un flujo regular de residuos, y una homogeneización de estos, así como un reparto del aire de combustión homogéneo en toda su superficie, obteniendo un porcentaje muy bajo de inquemados en las cenizas resultantes del proceso de incineración. De igual forma el diseño de la salida del horno hacia el primer paso de caldera produce una alta turbulencia que asegura una mezcla intensiva de los gases de combustión.

A continuación se describen ambos sistemas detalladamente.

- a. Sistema de aire primario. El aire primario suministra la alimentación de oxígeno necesario para el proceso de combustión, así mismo constituye una fuente de refrigeración para las piezas que componen la parrilla.

El aire primario se succiona del foso de residuos con el fin de mantener éste en estado de depresión reduciendo de esta forma la posibilidad de emisiones de olores o partículas a la atmósfera. Posteriormente es inyectado en el horno desde la parte inferior de los rodillos de la parrilla, circulando a través de éstos y del

lecho de residuos. Este proceso permite refrigerar las barras de la parrilla y aportar el oxígeno necesario al lecho y al horno.

La cantidad de aire inyectado a través de los diferentes rodillos podrá ser regulada de forma independiente desde el centro de control, a fin de obtener una combustión óptima así como un adecuado gradiente de temperaturas en el horno. El aire primario es impulsado por medio de un ventilador de tipo radial.

- b. Sistema de aire secundario. Parte de los gases de combustión una vez han pasado a través del multiciclón para el filtrado de partículas, son recirculados e inyectados en diferentes puntos del horno como aire secundario, para asegurar una turbulencia óptima en la zona de combustión.

Esto permite la mezcla y homogeneización de los gases de combustión. Además el empleo de gases recirculados como aire secundario permite que el contenido de oxígeno del mismo se mantenga en torno al 6 – 7 %, lo que reduce la formación de óxido nítrico. Por otro lado, el empleo de esta solución implica que la totalidad del aire necesario para llevar a cabo el proceso de incineración de los residuos es inyectado a través de los rodillos de la parrilla, resultando en un mayor grado de refrigeración de sus componentes.

Se dispone de un “prisma” dentro del horno, siendo este una superficie que optimiza las condiciones térmicas y dinámicas del flujo de gases de combustión. A continuación se muestra un diagrama con la disposición de los diferentes inyectores de gases de recirculación dentro de la cámara de combustión.

El sistema de recirculación de gases cuenta con su correspondiente ventilador de impulsión cuyas características constructivas serán similares a las del ventilador de aire primario. (IDAE, 1996)

4.5.4 Quemador de encendido y de apoyo

El horno constará de 3 quemadores de encendido y apoyo. Dos se instalarán en las paredes laterales del horno, mientras que el restante (de mayor potencia) se situará en la parte anterior del techo del horno.

La puesta en marcha del horno se realizará utilizando los quemadores auxiliares, hasta conseguir que la cámara de post-combustión alcance la temperatura especificada por la normativa de 850 °C.

Una vez alcanzada la temperatura especificada ya está permitida la alimentación de residuos al incinerador. Tan pronto como la combustión de los residuos permita mantener la temperatura de los gases, se puede reducir la carga de los quemadores hasta retirarlos del servicio.

Los quemadores arrancarán de forma automática en los siguientes casos:

- a. Cuando, durante la combustión de los residuos, la temperatura de los gases descienda por debajo de los 850 °C. El arranque se realizará con una carga prefijada pero modificable para compensar el bajo poder calórico inferior (PCI) de los residuos u otras circunstancias. Se procederá posteriormente a la regulación de la carga necesaria de forma manual. Existirán dos lazos redundantes de control de temperatura de los gases de combustión. Cada lazo estará compuesto de un sensor de temperatura, un transmisor de señal y un controlador por software que regula el funcionamiento de los quemadores.
- b. Los quemadores auxiliares se pondrán en marcha si la concentración de CO sobrepasa los 80 mg/m³ (80% del valor límite de CO admitido, medido como el valor medio de los medidos a lo largo de una hora) durante un periodo de 5 min. Esta medición se efectuará a la salida de la caldera. Los quemadores permanecerán encendidos hasta que la concentración de CO disminuya por debajo del umbral indicado, efectuándose ésta medición en la chimenea de emisión de gases.

La potencia total de los quemadores será la equivalente al 60% de la máxima capacidad térmica del horno, es decir, aproximadamente 15 MW térmicos. (IDAE, 1996)

4.5.5 Multiciclón.

Para la separación de polvo y partículas de los gases de escape recirculados se emplearán multiciclones.

Los multiciclones previstos son separadores por centrifugación robustos y de alto rendimiento. El gas en bruto con contenido de polvo fluye de manera uniforme en los diferentes ciclones axiales. A la entrada de cada uno se dispone de un elemento espiral por medio del cual se imprime un fuerte movimiento de giro al gas en bruto. La fuerza centrífuga así generada produce la separación deseada del polvo.

A través del tubo de gas limpio que se encuentra en el eje del ciclón axial fluye hacia fuera el gas libre de partículas. El polvo extraído se elimina por el extremo cónico inferior del ciclón.

A una determinada distancia de la abertura de salida del polvo en el ciclón se dispondrá una plancha de bloqueo para proteger el núcleo de la turbulencia, impidiendo que las partículas ya separadas fluyan de retorno al núcleo de la turbulencia, y así, al gas limpio. De esta forma se asegura que la potencia de separación permanezca constante.

Para la separación previa del polvo de grano grueso se ha dispuesto de una cámara de separación previa a la entrada del multiciclón. Adjunto al sistema de multiciclones se instalará un dispositivo de tornillo sin fin para el transporte de la ceniza volante separada hacia el transportador colector por cadena en canalón del dispositivo de extracción de ceniza del horno. (IDAE, 1996)

4.5.6 Caldera

Se ha previsto la utilización de una caldera de circulación natural integrada con el horno de parrilla con una primera parte de tiro vertical y una segunda parte de tiro horizontal donde se sitúan los haces de los diferentes equipos de la caldera, esto es, evaporadores, sobre calentadores e intercambiadores de calor.

La configuración principal de la caldera y de la cámara de combustión permiten asegurar una permanencia de los gases de combustión a una temperatura superior a 850 °C durante más de dos segundos, así mismo, la configuración adoptada impide la combustión incompleta de las partículas incandescentes, y con ello, la formación de CO.

En general las variables que se toman en cuenta para el diseño de la caldera a fin de optimizar su funcionamiento y reducir la problemática asociada a procesos de erosión, ensuciamiento o erosión son:

- Temperatura de los gases y vapor (corrosión).
- Velocidad de los gases de combustión (erosión).
- Disposición de las superficies calefactoras.
- Geometría de las superficies calefactoras.
- Naturaleza y composición de los gases de combustión.
- Parámetros del caudal de vapor a generar.

Requisitos generales:

La forma de la caldera está configurada de modo que se garantice una combustión óptima de los gases. La caldera esta dimensionada para que la temperatura de salida de los gases de combustión sea de 200 °C, contando con el ensuciamiento de las superficies calefactoras provocado por el funcionamiento. La temperatura máxima de éstos será de 240 °C. (Temperatura que se alcanzará tras 6,000 horas de servicio sin limpieza manual).

El vapor se extraerá del sobrecalentador en unas condiciones de 420 °C y 40 bar.

La velocidad de los gases de combustión estará limitada a los siguientes valores:

- En la zona de radiación: <6m/s.
- En la zona de convección: <5m/s.
- En la zona del intercambiador de calor: <6m/s.

Se garantizará un tiempo de permanencia de los gases de combustión de 2 s a una temperatura superior a 850 °C. (IDAE, 1996)

4.5.6.1 Descripción técnica de la caldera de vapor

La caldera está formada por una cámara radiante integrada con la parrilla de incineración (tiro vertical) y una sección horizontal convectiva equipada con los bancos de tubos relativos a los sobrecalentadores, evaporizadores e intercambiadores de calor. En ella se llevarán a cabo los siguientes procesos:

- Recuperación de calor en forma de vapor sobrecalentado con unas condiciones nominales de 420 °C y 40 bar.
- Enfriamiento de los gases de combustión a una temperatura aproximada de 200°C.
- Retención de parte de las cenizas volantes.

La caldera será de circulación natural, la cual se produce debido a las diferencias de densidad de la mezcla agua vapor en las distintas partes de la misma, por lo que no es necesario mantener un consumo energético adicional para producir la circulación, y además se evita el peligro de que el sistema de circulación forzada falle con el consiguiente peligro para la caldera.

La cámara radiante estará situada sobre el sistema de parrillas y estará compuesta por tubos de agua, esto es, tiros de proyección y evaporadores de contacto conectados en circulación natural. Un sistema separado de tubos de caída alimentará con agua los tubos

hervidores a través de los distribuidores inferiores. La mezcla de agua y vapor que se forma por la absorción de calor en la cámara radiante se separa en el calderín. El agua separada del vapor retorna a los distribuidores inferiores a través de un sistema de tubos de caída “Down commers”.

La distribución de las superficies calefactoras convencionales en la cámara convectiva de tiro horizontal es la siguiente:

- Evaporador I.
- Sobrecalentador III
- Sobrecalentador II.
- Sobrecalentador I.
- Evaporador II.
- Intercambiador de calor II.
- Intercambiador de calor I.

Todos los haces tendrán disposición contracorriente a excepción del sobrecalentador III, que tendrá disposición co-corriente.

Antes del sobrecalentador final, se dispondrá un haz protector de evaporadores, gracias al cual, se controla la temperatura final del vapor sobrecalentado. Este dispositivo limitará la temperatura de los gases de combustión en este punto a menos de 650 °C. Con esta medida se asegura la obtención de vapor en unas condiciones de temperatura que limiten los riesgos de corrosión asociados a la naturaleza agresiva de los gases de combustión, proporcionando una larga vida útil a los haces tubulares más expuestos a este problema.

A continuación se muestra un plano de la caldera, donde se pueden apreciar las diferentes partes de la misma, en concreto:

- La cámara radiante de tiro vertical situada sobre la parrilla.
- La cámara convectiva de tiro horizontal con los haces correspondientes a los evaporadores, intercambiadores de calor y sobrecalentadores, con la disposición anteriormente expuesta.
- El calderín de vapor, situado en la parte superior de la cámara radiante en disposición transversal.
- Las tolvas de recogida de partículas volantes procedentes del sistema de deshollinado de las superficies calefactoras por golpeteo. (IDAE, 1996)

4.5.6.2 Recorrido de los gases de combustión

Desde la parte de radiación, los gases de combustión llegan al sistema de convección horizontal. El primer grupo de superficies calefactoras del sistema de convección es el evaporador I. A continuación se encuentran los sobrecalentadores II, II y I. Posteriormente se sitúa el evaporador II y los Intercambiadores de calor II y I.

Bajo los conjuntos de superficies calefactoras antes mencionadas, se dispondrán tolvas de chapa para recoger las cenizas volantes que caen de dichas superficies al golpear los tubos.

Por debajo de las tolvas anteriormente descritas se instalará un sistema de tornillo sin fin para la extracción de las cenizas volantes. (IDAE, 1996)

4.5.6.3 Recorrido del agua y vapor

El agua de alimentación calentada a 130 °C se llevará a través de la válvula reguladora de agua de alimentación al Intercambiador de calor en función de la potencia de la caldera.

Tras pasar por la malla de tubos intercambiadores de calor y tras su calentamiento hasta aproximadamente 228 °C (20 °C por debajo de la temperatura de saturación aprox.), el agua se envía al calderín de la caldera.

Los evaporadores extraen agua del calderín y la devuelven en forma de vapor saturado. Éste se extrae a través de tubos de salida distribuidos a lo largo del calderín, y se envía a un colector de vapor saturado. Dentro del calderín se dispondrá un “demister” colocado ante los tubos de extracción para conseguir la pureza exigida del vapor. Desde el colector de vapor saturado, éste se enviará a las etapas de sobrecalentamiento I, II y III. Entre estas etapas, se colocará un refrigerador de inyección de vapor caliente, que limitará la temperatura de salida del vapor a 420°C. (Ilustración 15).

El vapor sobrecalentado final se envía a la unidad de consumo (turbina) a través del colector de salida y del conducto de vapor sobrecalentado que sigue a continuación. (IDAE, 1996)

En la figura 22 se muestra un esquema de las principales entradas y salidas implicadas en el proceso de combustión, así como el rendimiento global.

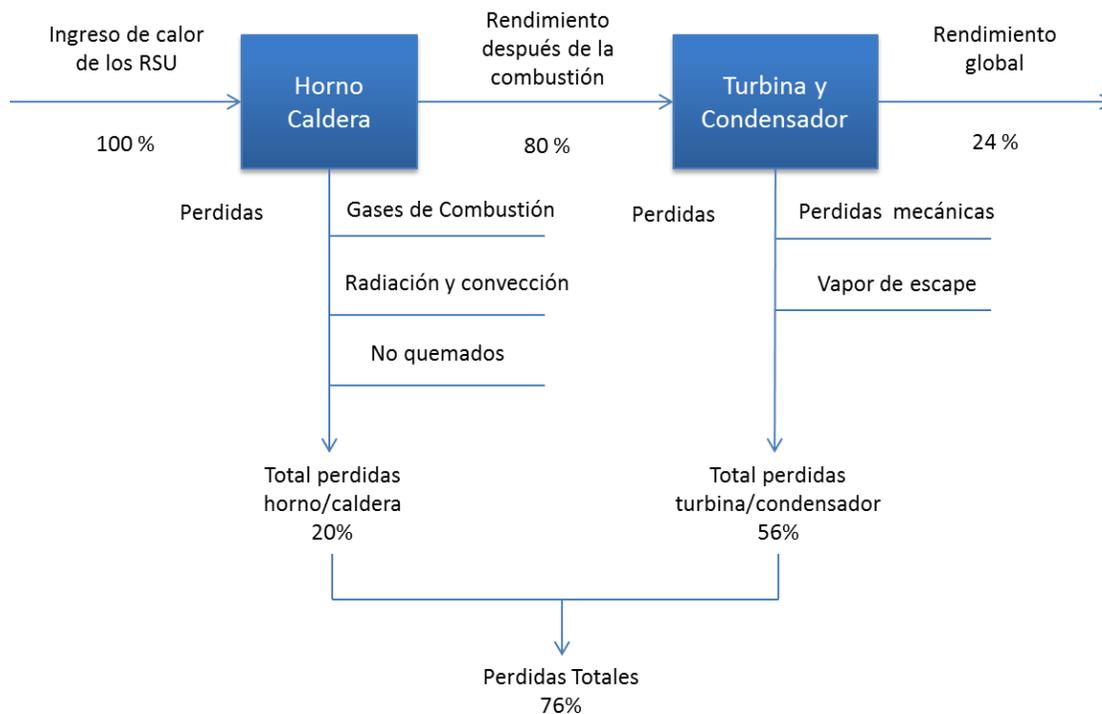


Figura 22. Diagrama de entradas y salidas del proceso de combustión. (IDAE, 1996)

4.5.7 Tratamiento de gases

Durante el proceso de incineración de residuos sólidos urbanos se generan gases con un alto contenido en agentes contaminantes y potencialmente tóxicos, en gran medida debido a la heterogeneidad del combustible.

Por ello, es necesario dotar a la instalación de los medios técnicos necesarios para la limpieza de gases de combustión.

Contaminantes presentes en los gases

Los contaminantes que se encuentran presentes en el flujo de gases producto de la incineración de los residuos son:

- Óxidos de azufre, como el SO_2 y el SO_3 .
- Ácido clorhídrico (HCl)
- Monóxido de carbono (CO), originado por una combustión incompleta.
- Óxidos de nitrógeno (NO_x). La procedencia de los óxidos de nitrógeno puede ser de dos tipos:
- NO_x Térmico, originado por la reacción entre el nitrógeno y oxígeno presentes en el aire de combustión a altas temperaturas.

- *NOx Combustible*, producto de la reacción entre el oxígeno del aire y el nitrógeno presente en el combustible.
- Compuestos orgánicos tales como dioxinas, furanos, clorobencios, clorofenoles e hidrocarburos poliaromáticos.
- Metales pesados presentes en el flujo de residuos como plomo, cobre, cadmio, mercurio, siendo éste último el más problemático al volatilizar a 330°C.
- Partículas sólidas compuestas de inquemados provocados por combustiones incompletas.

4.5.7.1 Separación de partículas

Se consideran partículas las cenizas volantes y finos arrastrados en el horno, los componentes condensados, los reactivos y los productos formados como consecuencia de otros procesos de limpieza de gases.

Para la eliminación de partículas en el flujo de gases se empleara el filtro de mangas.

Los filtros de mangas son equipos que emplean filtros de fibras a través de los cuales circulan los gases de combustión y en los que se quedan retenidas las partículas contenidas en el mismo. Estos filtros deben ser regenerados a espacios de tiempo regulares, y en función del proceso de limpieza se distinguen dos tipos:

- Limpieza off-line: El flujo de gases debe ser interrumpido para acometer las labores de limpieza, generalmente mediante vibración.
- Limpieza on-line: En estos equipos el proceso relimpieza no requiere la interrupción del flujo de gases, y se realiza generalmente mediante la inyección de impulsos de aire a presión.

Los filtros deben ser realizados en materiales de fibra con suficiente resistencia mecánica, tolerancia a altas temperaturas, resistencia a ácidos y soluciones cáusticas y buena permeabilidad al aire.

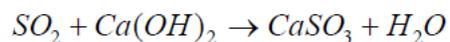
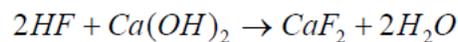
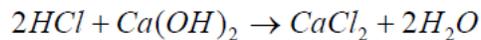
Para evitar la formación de PCDD/F (dioxinas y furanos), los filtros de mangas deben operar fuera del rango de temperaturas de síntesis de 200 – 500°C.

4.5.7.2 Eliminación de gases ácidos: SO_x, HCl, HF

Estos gases se forman durante el proceso de combustión, por lo que su concentración dependerá de la composición de los residuos incinerados. Para llevar a cabo la eliminación de gases ácidos presentes en el flujo de gases se pueden emplear procedimientos de lavado seco, semi-seco y húmedo.

El proceso a emplear es el semi seco, este proceso se basa en la inyección de un agente neutralizador en el flujo de gases, generalmente en un equipo absorbedor que facilita la reacción de neutralización y la recogida de los productos del proceso. El reactivo utilizado para llevar a cabo el proceso de limpieza es cal, éste se pulveriza sobre los mismos en forma de lechada de cal. Los residuos generados se encuentran en estado sólido.

Las reacciones que tienen lugar en el absorbedor son:



4.5.7.3 Eliminación de los óxidos de nitrógeno NOx

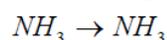
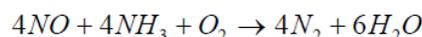
Los óxidos de nitrógeno (NOx) pueden formarse durante el proceso de combustión de tres formas distintas:

- *NOx térmico*: Durante el proceso de combustión parte del nitrógeno del aire empleado como comburente se oxida formando óxidos de nitrógeno. Esta reacción solo se produce a altas temperaturas y es directamente proporcional a la presencia de oxígeno. La cantidad de óxidos de nitrógeno formados aumenta exponencialmente con la temperatura.
- *NOx combustible*: Procede de la oxidación de parte del nitrógeno contenido en los residuos durante la incineración.
- *NOx procedente de reacciones con radicales*: El nitrógeno del aire de combustión también puede ser oxidado reaccionando con radicales CH y la consecuente formación intermedia de HCN. En cualquier caso esta forma de producción es de escasa importancia.

Las emisiones de NOx pueden ser reducidas mediante la inyección de un agente reductor en el flujo de gases (amoníaco).

El método lleva por nombre '*Reducción selectiva no catalítica (SNRC)*', el cual consiste en la inyección dentro de la cámara de combustión de amoníaco. Este proceso se lleva a cabo en las zonas donde los gases de combustión se encuentran a temperaturas en torno a los 1000°C. El amoníaco reacciona con el óxido de nitrógeno formando nitrógeno y agua. Como efecto no deseado, también se produce la combustión de parte del amoníaco

generándose más óxido de nitrógeno. Igualmente, parte del amoníaco puede no reaccionar, siendo arrastrado por los gases de combustión. Para que el proceso de desnitrificación se lleve a cabo de forma satisfactoria es de vital importancia controlar la temperatura a la que se produce la reacción, así como optimizar la inyección para que el reactivo se mezcle adecuadamente con los gases. En estos casos se puede obtener una eficiencia de en torno al 50 – 60 %. Las reacciones que se producen durante el proceso son:



4.5.7.4 Reducción de la emisión de compuestos orgánicos, dioxinas y furanos.

Las dioxinas y furanos son compuestos tóxicos formados por anillos bencénicos en cuyos radicales se insertan oxígenos y cloros, dando lugar a numerosos isómeros, algunos de los cuales son altamente tóxicos. Existen dos mecanismos principales de formación de PCDD/F (dioxinas y furanos):

- Formación de dioxinas y furanos en presencia de los correspondientes precursores clorados (PCBs y PCPs) mediante una reacción gaseosa homogénea a temperaturas entre 300 y 800°C.
- Síntesis novo: La formación de PCDD/F tendrá lugar durante el enfriamiento de los gases de combustión bajo las siguientes condiciones: Temperatura entre 200 y 500°C, presencia de una fuente clorada y oxígeno en los gases, y presencia de metales pesados que actúen como catalizadores.

Para la reducción de las emisiones de PCDD/F se pueden adoptar el método de *adsorción sobre carbón activado*. Para llevar a cabo la eliminación de los PCDD/F y metales pesados presentes en el flujo de gases, se emplean procesos de inyección de carbón activo que gracias a su poder de adsorción, provocan su precipitación. Para que el proceso de adsorción alcance los rendimientos requeridos, la inyección deberá realizarse de forma continua, con un tiempo de contacto entre los gases y el carbón activo de al menos 2 segundos, la temperatura de los gases deberá estar comprendida entre 100 –170°C, y el pH del medio deberá ser ligeramente básico.

Los gases limpios de contaminantes ácidos y partículas serán finalmente emitidos a la atmósfera a través de la chimenea, vía los correspondientes ventiladores de tiro inducido.

4.5.8 Recuperación de Energía

El sistema de recuperación de energía consistente en el ciclo de Rankine (ver figura 23). Las funciones principales de los componentes de este ciclo son:

- Utilizar el vapor producido en el conjunto horno-caldera para la generación de energía eléctrica.
- Suministrar vapor (procedente de las dos extracciones de la turbina) a los distintos consumidores (precalentador, desgasificador).
- Recuperar el agua de condensación y con ella alimentar de nuevo la caldera, cerrando el ciclo.

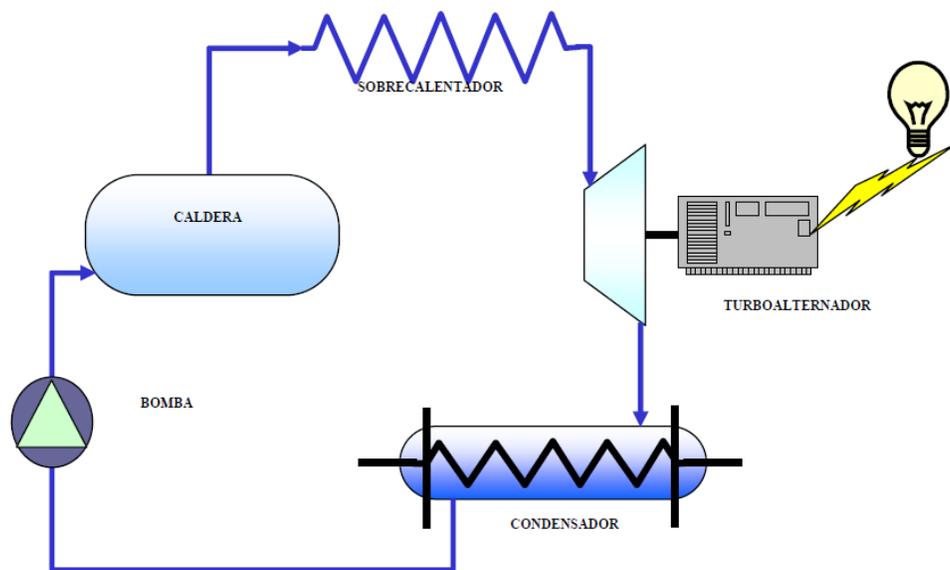


Figura 23. Ciclo de Rankine, ciclo de vapor-agua y generación de energía. (Rubio, 2003)

El ciclo de vapor estará optimizado para alcanzar la máxima producción de energía eléctrica posible, compatible con los criterios de alta disponibilidad de la instalación y costo económico aceptable para el servicio al que se destina la planta. Los parámetros y criterios de diseño son:

- Características del vapor sobrecalentado producido en la caldera: 40 bar y 420°C.
- Turbina con dos extracciones destinadas al precalentador de alta presión y a la desgasificación.

Las condiciones de vapor están optimizadas para la máxima producción de energía, sin que exista peligro de corrosión en las superficies del sobrecalentador. (Rubio, 2003)

4.5.8.1 Colector principal

Es el lugar físico donde se acopla la producción de vapor de ambas líneas. El colector principal ejercerá, además de las funciones propias de un colector, las de separación de condensados por medio de un purgador. El vapor en el colector principal se encuentra a 40 bar y 420°C.

El sistema de control de la turbina mantendrá constante la presión en el colector. En caso de turbina parada, dicha presión se controlará a través de la válvula del conducto de by-pass de la turbina.

Del colector principal saldrán cuatro tuberías, una hacia la turbina, la segunda hacia la válvula del by-pass de la turbina, la tercera alimentará de vapor los eyectores del grupo de vacío del condensador, y la última alimentará de vapor el colector secundario en caso de turbina parada. Esta última contará con una estación reductora de presión – temperatura. (Rubio, 2003)

4.5.8.2 By-pass de turbina

La tubería de by-pass de la turbina irá desde el colector principal hasta el condensador y contará con una estación reductora de presión hasta 0.8 bar y temperatura hasta 120°C. Esta reducción de temperatura se logrará mediante la inyección de agua (130°C).

La estación reductora de presión tendrá capacidad para recibir el 100% del vapor generado en la caldera en el punto MCR (Maximun Continuous Rate). Durante el arranque o cuando las condiciones del vapor no sean las adecuadas para su admisión en la turbina, o cuando ésta se encuentre parada, el controlador de presión enviará una señal para abrir la válvula de by-pass, reduciéndose de esta manera la presión del vapor hasta valores admisibles por el aerogenerador. (Rubio, 2003)

4.5.8.3 Turbina

La planta contará con una turbina para la generación de energía. Será de tipo multi etapa de condensación y contará con dos extracciones para servicios de desgasificación y recalentamiento, mejorándose de esta forma el rendimiento global de la instalación.

La turbina constará de:

Carcasa: estará fabricada de acero, aleada de fundición de acuerdo con las características del vapor. Estará dividida horizontalmente, y cada mitad irá reforzada a fin de asegurar la estanqueidad del vapor. Dispondrá de aberturas en la mitad superior con el fin de facilitar la realización de inspecciones internas. La distribución del vapor será simétrica en el contorno de la carcasa.

- *Rotor:* Será de tipo sólido – flexible, ya que permite agilizar y homogeneizar el calentamiento para reducir el tiempo de arranque, y se reducen las fugas de vapor.
- *Alabes fijos:* Irán ensamblados individualmente al diafragma de la turbina y estarán fabricados en aleación de acero al cromo.
- *Dispositivos de seguridad:* La turbina estará equipada con los siguientes dispositivos de seguridad:
 - Protección de sobre velocidad.
 - Protección de baja presión de aceite de lubricación con arranque automático de la bomba auxiliar de aceite.
 - Indicadores locales y mecanismos de parada de emergencia.
 - Mecanismo de disparo remoto.
 - Cojinete de empuje.
 - Diversas alarmas: baja presión del aceite de lubricación, alta temperatura de los cojinetes, caída de presión anormal o vacío, etc.
- *Engranaje reductor:* La caja de engranajes reductores de velocidad será de simple etapa y eje paralelo, con alto grado de perfeccionamiento en lo referido a potencia, eficiencia y operación. Las ruedas de los engranajes serán helicoidales. Todos los cojinetes estarán lubricados, presentando por tanto el engranaje un alto grado de calidad para asegurar una larga vida útil. (Rubio, 2003)

4.5.8.4 Alternador

La planta contará con un generador de energía eléctrica que consistirá en un alternador trifásico, de dos pares de polos, con excitación de tipo “brushless”.

A continuación se analizan los aspectos constructivos de las diferentes partes que lo componen:

Estator. El estator del generador consiste en una carcasa de acero construida con elementos soldados, en la cual se ubica el paquete laminado completo con arrollamiento. La base del generador consistirá en dos perfiles de sección rectangular soldados a la estructura. El paquete laminado está formado por un conjunto de láminas empaquetadas,

las cuales están bloqueadas a presión mediante una serie de tirantes a fin de obtener una buena rigidez de todo el conjunto.

Rotor. El rotor consiste en un paquete laminado mantenido a presión por medio de una serie de tirantes pasantes. Las laminillas que componen el paquete están obtenidas mediante cizallado, y poseen un perfil particular que agrupa en una sola pieza la culata y los cuatro polos.

Arrollamiento estatórico. El arrollamiento del estator está formado por un conjunto de bobinas moldeadas y aisladas antes de la impregnación. Están realizadas en conductor sutil de cobre, aislado mediante esmalte más electrovidrio. Posteriormente al proceso de moldeo las bobinas son aisladas de masa mediante el sistema “Micasystem”, consistente en el empleo de una cinta micada especial y una mezcla de resinas epoxídicas sin disolvente.

Arrollamientos rotóricos. Los arrollamientos rotóricos están formados por bobinas de cobre directamente arrolladas sobre los polos. Están fijados mediante el empleo de una resina epoxídica termoendurecida aplicada entre las distintas capas de conductores. El eje es aislado mediante un tejido de vidrio pre-impregnado.

Cojinetes. Son del tipo de deslizamiento con casquillos de metal antifricción y lubricados a base de aceite. Cuentan con un sistema de lubricación forzada. Están contruidos en dos mitades, de metal blanco, y cuentan con anillos aceitadores a fin de asegurar la lubricación en el caso de fallo del sistema forzado. En la entrada de aceite de cada uno de los cojinetes existe un indicador de caudal y presión, así como una válvula de regulación. Los caudales de aceite serán de aproximadamente 8 l/min en el lado de acoplamiento y 6 l/min en el opuesto.

Sistema de refrigeración. La refrigeración del generador se realiza por medio de circulación de aire en circuito abierto. La entrada de aire de refrigeración en la máquina se efectuará a través de dos aberturas situadas axialmente. La ventilación será de tipo bilateral simétrico, mientras que la impulsión la realizarán dos ventiladores coaxiales.

Excitatriz rotativa “brushless”. Este sistema elimina cualquier contacto de roce entre el inductor de la excitatriz y el inducido del generador, lo que da como resultado un conjunto robusto con necesidades mínimas de mantenimiento.

La excitatriz consiste en un pequeño alternador de seis polos de inductor fijo e inducido móvil. La conexión eléctrica entre el inducido de la excitatriz y el inducido del generador no necesita de escobillas de rozamiento por estar montados sobre el mismo eje. Para que el inducido de la excitatriz (rotor) genere la excitación en corriente continua que requiere el generador, montará un puente rectificador de diodos. (Rubio, 2003)

4.5.8.5 Bombas extractoras de condensado

La planta contará con dos bombas extractoras de condensado siendo cada una capaz de extraer el 100% del caudal requerido. Éstas bombearán el condensado desde el condensador de vapor de extracción de la turbina hasta la unidad desaireadora, a través de dos calentadores de agua de alimentación. (Rubio, 2003)

4.5.8.6 Desaireador

La unidad desaireadora está formada por un recipiente de almacenamiento horizontal, y un desaireador/calentador de tipo pulverizador, de contacto directo, de una pieza. Las dos funciones principales del desaireador son proporcionar una etapa de desaireación y calentamiento final para el agua de alimentación, y mantener una reserva de agua en el tanque de almacenamiento para satisfacer demandas transitorias de la instalación de calderas. El recipiente de almacenamiento se alimenta con vapor de extracción de la turbina.

El agua de alimentación entra en la cabeza del desaireador a través de una válvula de control de nivel y un tubo pulverizador dotado de una válvula de pulverización interna. La unidad está diseñada para funcionar a la presión de descarga de 1.5 bar. El diseño del desaireador será tal que presente una superficie de contacto agua vapor óptima.

El vapor procedente de la extracción de la turbina se inyectará en el recipiente de almacenamiento y subirá en contracorriente al agua, calentándola a la temperatura de saturación, y de esta forma se liberarán los gases disueltos en la misma, que posteriormente serán venteados de la parte superior del desaireador a través de una placa de orificio que mantendrá la presión de operación del equipo. Durante este proceso la mayor parte del vapor se condensará para caer con el agua de alimentación, en el recipiente de almacenamiento. (Rubio, 2003)

4.5.8.7 Calentadores de agua de alimentación

El calentador de alimentación primario calentará el condensado de la bomba de extracción con vapor extraído de la sección de baja presión de la turbina. Este vapor

posteriormente al proceso de cesión de calor se condensa y es drenado en el tanque de almacenamiento del desaireador.

El calentador de agua de alimentación secundario está diseñado para extraer calor del agua purgada procedente de la caldera, después de lo cual será vertida al depósito de evacuación. (Rubio, 2003)

4.5.8.8 Bombas de alimentación de caldera

Cada caldera estará provista de dos bombas de alimentación capaces cada una de suministrar el 100% de la carga requerida. Las bombas serán accionadas mediante un motor eléctrico y tendrán diseño de etapas múltiples, siendo éste el más adecuado para el funcionamiento en continuo a temperatura y presión de agua elevadas.

La bomba de alimentación operativa toma el agua del desaireador y la bombea directamente a la caldera a través del precalentador. El flujo de agua a la caldera está controlado para mantener el flujo equivalente de masa al flujo de vapor de la caldera gracias a una válvula moduladora en la línea de alimentación. En caso de fallo de la bomba de alimentación, la bomba de reserva arrancará automáticamente, con el fin de asegurar la correcta alimentación de la caldera.

Cada bomba contará con una válvula by-pass de flujo mínimo, para proteger la bomba en el caso de reducción de la alimentación a la caldera. Durante su recorrido, y antes de su llegada a la caldera, el agua será aditivada con secuestrantes de Ca e inhibidores de incrustaciones (hidracina, fosfatos o similares). (Rubio, 2003)

4.5.8.9 Receptor de purga

El receptor de purga es un tanque diseñado para recibir agua a alta temperatura drenada del sistema. En condiciones normales se tratará de agua purgada intermitentemente del sistema de calderas, y ocasionalmente procederá de las válvulas de purga de los colectores de fondo de los diversos drenajes del sistema, especialmente durante el proceso de arranque. Comprenderá un compartimiento doble donde se diluirá el agua drenada caliente con el agua fría almacenada en el primer compartimiento, antes de ser drenada a un tanque de almacenamiento de purga. (Rubio, 2003)

4.5.8.10 Condensador

La planta constará de una instalación de condensación que comprenderá los equipos y complementos necesarios para condensar el vapor de escape de la turbina o el

procedente de las calderas de vapor vía by-pass, empleando únicamente aire como elemento refrigerante.

La instalación consistirá básicamente en intercambiadores de calor vapor/aire dispuestos en forma de tejado a dos vertientes, con los extremos cerrados por paredes de chapa, formando un recinto en cuya parte inferior se alojan los grupos motoventiladores encargados de impulsar aire al interior de dicho recinto, obligándole a circular a través de los haces tubulares aleteados a contracorriente.

El condensador será de ventilación forzada y se diseñará para trabajar a una presión de 0.2 bar y una temperatura ambiente de 26°C, que corresponde a la temperatura media de las máximas de la zona de ubicación de la planta.

Funcionamiento general.

El vapor descargado de la turbina pasará a través de un largo conducto taladrado, conectado a los colectores de vapor del condensador y se distribuirá hacia abajo por los bancos de tubos, formándose el condensado que se recogerá en la parte inferior de los mismos. El vacío se mantendrá a través del lado de vapor y del condensado por medio de eyectores de aire de vapor vivo, que extraerán el aire de las secciones de reflujo de la unidad. El condensado se drenará desde los colectores de fondo hasta un recipiente de condensado que se mantendrá al vacío del condensador por medio de una tubería de balance de presión conectada al conducto de la descarga del vapor.

Además de los eyectores de aire anteriormente descritos, el condensador se equipará con un eyector de aire de alta capacidad para el proceso de arranque. Durante esta operación, el vapor de descarga se ventea a la atmósfera a través de un silenciador.

Extracción del condensado

El condensador incluirá dos bombas de extracción del 100% de capacidad que bombearán el agua desde el recipiente de condensado hasta el desaireador de agua de alimentación de la caldera, a través de dos calentadores de alimentación separados. El vapor de descarga de los eyectores de aire en funcionamiento normal pasa por un condensador en línea y el condensado producido vuelve al recipiente de condensado. El aire y otros gases no condensables se descargan desde el lado del eyector de vapor del condensador en línea (segunda etapa) a través de una válvula de venteo.

Aire de enfriamiento

El flujo de aire de enfriamiento a través de los bancos de tubos del condensador principal se suministra por medio de ocho ventiladores de flujo axial con motores eléctricos de dos velocidades. (Rubio, 2003)

4.6 Operación de la planta de tratamiento integral

El funcionamiento eficiente y competente y el mantenimiento son la clave para aplicar con éxito la tecnología de incineración de residuos en el municipio de Metepec y asegurar el máximo beneficio de la inversión realizada.

Tal operación y mantenimiento requieren:

- Organización de la planta bien estructurado y administrada
- Empleados capacitados y calificados, gerentes y personal operativo en todos los niveles
- Económicamente, con suficiente flujo de efectivo para la adquisición de repuestos nacionales e importados y bienes de consumo
- Servicio de limpieza eficiente y un entorno de trabajo limpio y seguro
- Registro eficaz de mantenimiento, tanto preventivo como correctivo, incluyendo las especificaciones y planos de planta, máquinas y otros componentes, datos de emisiones; cantidades y tipos de residuos, datos operativos (por ejemplo, la temperatura, la presión, la eficiencia y el consumo).

La planta de tratamiento integral de RSU, va a ser propiedad del municipio o del gobierno del Estado de México, quienes van a ser lo que financien el proyecto. Por tal motivo es importante que la organización propuesta se adapte a la forma actual de organización.

En la figura 24 se muestra el organigrama propuesto para el funcionamiento de la planta integral de residuos sólidos urbanos en el municipio de Metepec.

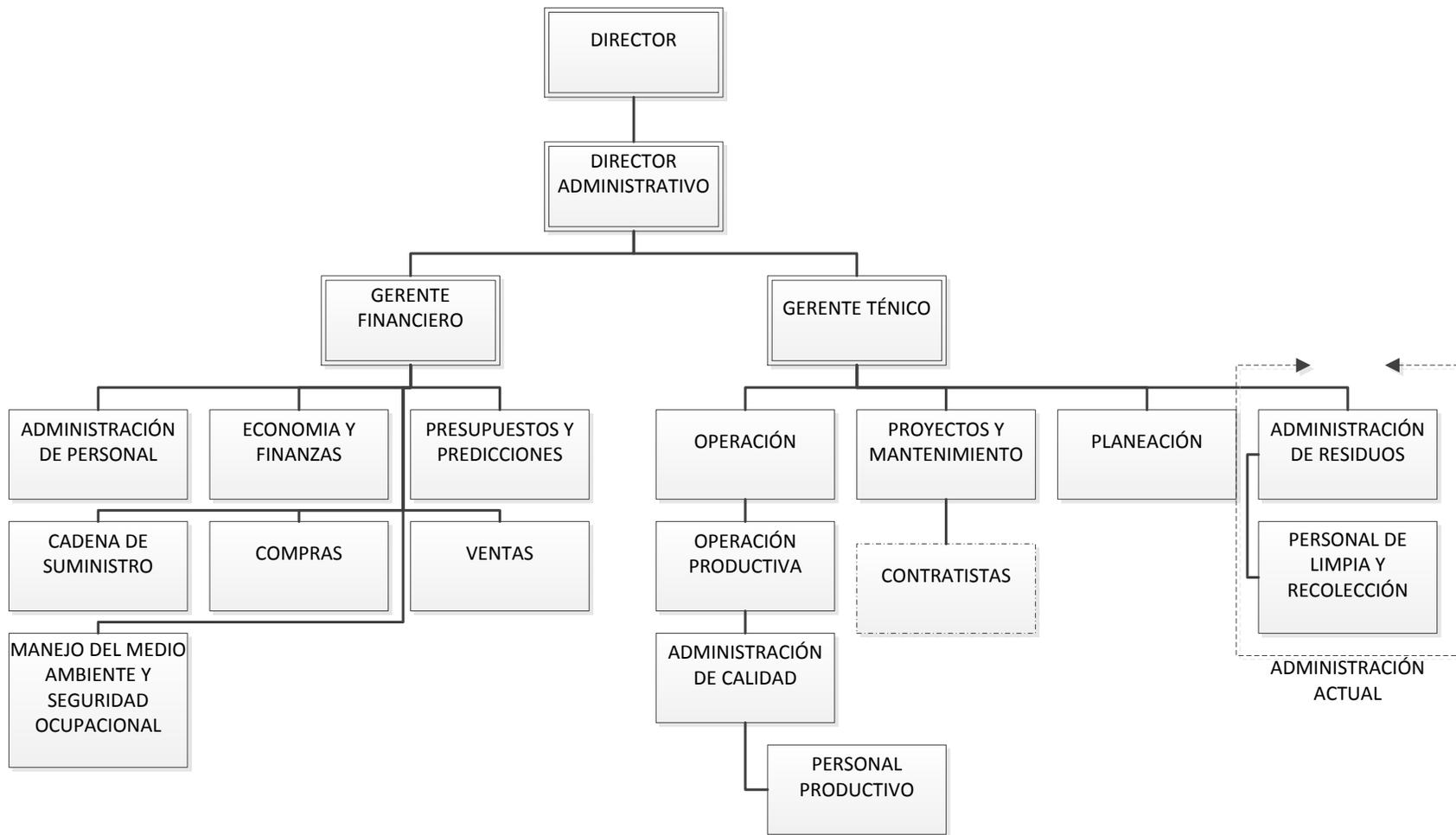


Figura 24. Organigrama para el funcionamiento de la planta integral de RSU.

Así mismo en la tabla 12 se enlistan cada uno de los puestos mencionados, conocimientos y habilidades requeridas y el número de personal requerido.

Tabla 12. Conocimientos y habilidades necesarias por tipo de puesto.

Empleados	Número	Conocimiento básicos requeridos
Director	1	Licenciatura mínimo, experiencia previa en manejo de documentación y administración de plantas productivas. Conocimiento de manejo de RSU, normatividad y leyes.
Director Administrativo	1	Licenciatura mínimo, experiencia previa en manejo de documentación y administración de plantas productivas.
Gerente Financiero	1	Licenciatura (Ingeniería) mínimo. Conocimiento de manejo de RSU, normatividad y leyes.
Gerente Técnico	1	Licenciatura mínimo, conocimientos en administración de personal y reclutamiento.
Administración de Personal	1	Licenciatura mínimo, experiencia previa en manejo de finanzas y presupuestos con el gobierno estatal, así como consideraciones jurídicas y leyes.
Economía y Finanzas	1	Licenciatura mínimo, experiencia previa en estrategia para manejar el movimiento de los productos.
Presupuestos y Predicciones	1	Licenciatura mínimo, experiencia previa en compras de materia prima y refacciones.
Cadena de Suministro	1	Licenciatura mínimo, experiencia en ventas.
Compras	1	Licenciatura mínimo, conocimientos de regulaciones de medio ambiente en México para industria, y herramientas de seguridad ocupacional
Ventas	2	Licenciatura mínimo, conocimientos y experiencia en procesos productivos, manejo de personal y mejora de procesos.
Manejo de Medio Ambiente y Seguridad Ocupacional	2	Licenciatura mínimo, conocimientos en análisis cualitativos y cuantitativos químicos.
Operación	1	Experiencia en trabajos específicos.
Operación Productiva	2	Licenciatura mínimo, conocimiento y experiencia en ingeniería de plantas productivas.
Administración de Calidad	3	Licenciatura mínimo, experiencia en planeación de la producción en industria.
Personal Productivo	35	
Proyectos y Mantenimiento	4	
Planeación	2	
Total	50	

4.7 Análisis Económico

4.7.1 Contratación de uso de tecnología

Existen diferentes empresas de consultoría que proveen equipo e instalación de plantas de tratamiento de RSU para municipios, dichas empresas ofrecen diferentes tipos de tratamiento. Por tal motivo se eligió la empresa *Michaelis Environmental Technology Group*, ya que es la que ofrece el mejor sistema integral para el tratamiento de RSU.

En la tabla 13 se muestra la ficha técnica del proveedor donde podemos observar los tratamientos propuestos.

Tabla 13. Ficha técnica del proveedor de tecnología. (Michaelis, 2013)

FICHA TÉCNICA DEL PROVEEDOR

Proveedor	Michaelis Environmental Technology Group
Tipo de Sistema	Integrado, Sistemas de reducción de CO ₂ Michaelis
Flujo másico específico de residuo	350-750 kg/persona
Composición típica de la basura	<ul style="list-style-type: none">• Materia orgánica y humedad 40-70%• Papel, cartón 10-40%• Plástico 10-40%• Metal 2-5%• Vidrio 2-10%• Aluminio 1-3%• Material inerte 4-15%
Tratamiento biológico	Compostaje <ul style="list-style-type: none">• Aireación• Acondicionamiento de suelo• Compactación
Tratamiento mecánico	Separación / reciclaje <ul style="list-style-type: none">• Separación manual
Energía mediante desechos	<ul style="list-style-type: none">• Incineración• Recuperación energética• Tecnología de gases limpios
Incineración /recuperación energética	<ul style="list-style-type: none">• Reducción de emisiones de CO₂• Incineración de fracciones de alto valor calorífico

- Suministro de calor, electricidad, energía de enfriamiento.
- Operación de la planta con un consumo de energía de 11750 KW/línea

En la tabla 14 se enlistan los principales equipos a utilizar por sección, los cuales constituyen el presupuesto total en adquisición de equipo y tecnología.

Tabla 14. Equipos y tecnología propuesta del proveedor. (Michaelis, 2013)

Recepción, Separación y Compostaje	Combustión	Sistema de extracción de escorias y cenizas	Recuperación de energía	Tratamiento de gases
Bascula	Tolva de carga	Tolvas de extracción	Colector de vapor	Filtros de mangas
Puente Grúa	Conducto de carga	Desescoriador de presión	Turbina	Absorbedor de gases
Criba giratoria	Alimentador	Multiciclones	Condensador	Ventiladores de tiro inducido
Separadores magnéticos	Compuerta basculante	Cámara de Separación	Desaireador	Chimenea
Ventiladores (Extractores de gases)	Sistema de refrigeración		Alternador	
Biofiltros	Horno de rodillos móviles		Calentadores de agua	
Separador densimétrico	Sistema de alimentación de aire		Bombas	
	Sistema de recirculación de gases		Tanques	
	Quemador de encendido y apoyo			
	Caldera			
	Evaporadores			
	Calentadores			
	Intercambiadores de calor			
	Calderín			
	Cámara radiante			
	Cámara convectiva			

De acuerdo a los datos mostrados por el proveedor, se estima una inversión de \$3.5 Millones de dólares, la cual se detalla en la tabla 15.

Tabla 15. Inversión para la planta con sistema integral. (Michaelis, 2013)

Concepto	Inversión (\$US)	Inversión Total (\$US)
Incineración / recuperación energética	1 350 000.	2 700 000
Tratamiento de gases	350 000	700 000
Separación / Compostaje	100 000	100 000
		3 500 000

4.7.2 Costos variables

Los gastos variables, como su nombre indica, serán modificados en su valor en función de las variaciones que sufra la explotación de la planta a lo largo de su vida útil. En general, van a ser directamente proporcionales a la cantidad de residuos que entran en la planta.

4.7.2.1 Reactivos

La tabla 16 muestra el costo total anual por la adquisición de reactivos como materia prima para el tratamiento de gases.

Tabla 16. Costo de reactivos utilizados en el tratamiento de gases.

Reactivos	Precio (US \$/tonelada)	Cantidad de reactivos requerida (ton/año)	Precio Anual de Reactivos (US \$/tonelada)
Hidróxido de Calcio Ca(OH)₂	200	2000	400000
Amoniaco	708	800	566400
Carbón activado	1700	200	340000
		Total	1 306 400

4.7.2.2 Energía eléctrica, agua y combustible

La tabla 17 muestra el costo total anual estimado por uso de energía eléctrica y agua para el funcionamiento general de la planta.

Tabla 17. Costos totales anuales por consumo de energía eléctrica, agua y combustible.

Concepto	Cantidad requerida	Precio unitario (US \$/tonelada)	Precio anual (US \$/año)
Agua	21 000 ton/año	3 \$/m3 (ton)	63 000
Energía eléctrica	6 995 KW h/año	0.100072\$/KWh	70 000
Combustible	60 ton/año	850 \$/ton	52 500
Total			185 500

El concepto por uso de agua abarca principalmente:

- Preparación de lechadas de cal.
- Servicios sanitarios.
- Planta de desmineralización, alimentación en calderas.
- Enfriado y apagado de escorias.
- Riego y limpieza.

El concepto por uso de energía eléctrica es para cubrir las horas de puesta en régimen, arranques imprevistos en los equipos de autogeneración, etc. Cuando la planta funciona, el consumo eléctrico es suministrado por la propia planta.

4.7.2.3 Mantenimiento

Englobándose en este concepto la compra de material de consumo continuo: Aceites, grasas, juntas, tornillería, etc. También se incluyen los servicios externos contratados para realizar el mantenimiento preventivo. Incluyéndose como tales las reposiciones de materiales (no fungibles) y los costos correspondientes a las revisiones realizadas a las instalaciones.

El costo anual estimado es de 126 000 \$US.

4.7.3 Costos fijos

4.7.3.1 Mano de Obra

La asignación de salarios se realizó en base a los aprobados por el municipio, los cuales se muestran en el anexo A, la tabla 18 enlista los salarios.

Tabla 18. Asignación de Salarios para la operación de la planta.

Empleados	Número	Salario	Total
Director	1	30000	30000
Director Administrativo	1	30000	30000
Gerente Financiero	1	25000	25000
Gerente Técnico	1	25000	25000
Administración de Personal	1	11000	11000
Economía y Finanzas	1	11000	11000
Presupuestos y Predicciones	1	11000	11000
Cadena de Suministro	1	11000	11000
Compras	1	11000	11000
Ventas	2	11000	22000
Manejo de Medio Ambiente y Seguridad Ocupacional	2	11000	22000
Operación	1	20000	20000
Operación Productiva	2	15000	30000
Administración de Calidad	3	11000	33000
Personal Productivo	35	3500	122500
Proyectos y Mantenimiento	2	11000	22000
Planeación	2	11000	22000
Total mensual	48		\$ 458500 MXN
Total anual \$MXN			\$ 5502000 MXN
Total anual \$US			\$ 435 371 US

4.7.3.2 Administrativos

Suponiéndose como tales los siguientes:

- Viajes, formación, etc.
- Auditorias.
- Seguros.
- Análisis y controles reglamentarios.

El costo anual estimado es de 126 000 \$US.

4.7.4 Análisis Costo Beneficio

En la tabla 19 se presenta el cuadro resumen del cálculo de la inversión requerida para el proyecto para el primer año de operación. Para el cálculo se empleó el método de Peter & Timmerhaus para la estimación de una inversión a partir del costo de adquisición de equipo y tecnología puesta en planta sin considerar su instalación.

Tabla 19. Total de inversión requerida.

Método Peter & Timmerhaus para plantas Sólido/Líquido		
Concepto	Índice	Inversión (M\$US)
Equipo Entregado	100	3.5
Instalación de Equipo	39	1.365
Instrumentación y control	26	0.91
Tubería	31	1.085
Mejoras del Sitio	10	0.35
Servicios Auxiliares	29	1.015
Eléctrico	12	0.42
Edificios	55	1.925
Terreno	5	0.175
Total de costos directos	307	10.745
Ingeniería, supervisión y administración de proyecto	32	1.12
Construcción	53	1.855
Gastos legales	4	0.14
Contingencias	32	1.12
Total de costos indirectos	121	4.235
Total de Inversión	428	15.0

De acuerdo al cálculo de inversión realizado, se estima que se requiere de una inversión de 15 millones de dólares para la realización del proyecto. Misma que se pretende recuperar en 10 años, con una Tasa de Retorno (R) del 8%. La tabla 20 muestra las especificaciones económicas generales del proyecto, con las cuales se realizó el estado de resultados del mismo (ver tabla 21).

Tabla 20. Especificaciones económicas del proyecto.

Especificación	Valor
Cuentas por pagar	45 días
Cuentas por cobrar	60 días
Inventario de producto terminado	10 días
Inventario de materia prima	15 días
Costo de materia prima	1.3 M\$US
Depreciación	10%
Inversión inicial	3.5 M\$US
ISR+RUT	0.35

Tabla 21. Estado de Resultados del proyecto.

Concepto	Años										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ventas M\$US		12.5	13.1	13.7	14.3	14.8	15.3	15.8	16.3	16.7	17.2
Ingresos Totales M\$US		7.5	7.9	13.7	14.3	14.8	15.3	15.8	16.3	16.7	17.2
Materia Prima		1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3
Servicios Auxiliares		1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Costos Ambientales		0.8	0.9	0.9	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1	1.1	1.1
Costos Energéticos		0.2	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
Costos de Embalaje		0.8	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7
Costos Variables Totales M\$US		4.1	5.0	5.0	5.1	5.1	5.1	5.2	5.2	5.2	5.3
Costos Fijos		0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13
Mantenimiento		0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13
Depreciación		0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
Mano de Obra		0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
Costos fijos totales M\$US		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Utilidad Bruta		2	1.8	7.6	8.2	8.7	9.1	9.6	10.0	10.5	10.9
Gastos de Administración		0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
UAFIR		2	1.7	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	9.9	10.3	10.7
Utilidad Neta M\$US		1.5	1.1	4.9	5.2	5.5	5.9	6.2	6.4	6.7	7.0
Depreciación		0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
Inversión M\$US	15										
CT M\$US	2.6	-0.3	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4
FE M\$US	-15.0	1.8	1.5	5.2	5.6	5.9	6.2	6.5	6.8	7.1	7.3
VP M\$US	-15.00	1.68	1.26	4.15	4.09	4.01	3.91	3.80	3.67	3.53	3.39
VPN M\$US	18.5										

Como se puede observar en el estado de resultados, el Valor Presente Neto (VPN) del proyecto muestra números positivos de 18.5 M\$US lo cual nos indicaría que el proyecto va a generar esa cantidad en el plazo de 10 años, con un periodo de recuperación de la inversión de 5 años. Esto debido a que el análisis considera los flujos netos en efectivo e inversiones durante la operación. Se puede resaltar que el proyecto solo recibe ingresos por la venta de la composta, pero por otra parte reduce los gastos operativos por el autoconsumo de la energía eléctrica generada.

Por otro lado, si el análisis costo-beneficio se realiza en base al ahorro que el municipio tendrá por la disposición final de los RSU, ver tabla 22, se puede observar que la recuperación de la inversión se haría en 7 años y que en los próximos años de funcionamiento de la planta parte del presupuesto anual se utilizaría para el mantenimiento y operación de esta; y la otra parte como presupuesto para mejora continua del programa.

Tabla 22. Comparativo del costo por disposición final vs inversión.

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Costo por disposición final total M\$/año	21	21	22	23	24	25	26	27	28	28	29
Inversión M\$MXN	189										
Costo por disposición final acumulado M\$/año	21	42	64	88	112	137	163	190	217	246	275

En términos generales la aprobación del proyecto se debe de ver por la parte de ahorro que tendrá el municipio en la disposición final de sus RSU a largo plazo, ya que este gasto siempre estará presente e ira en crecimiento cada año. No solo por el aumento de generación de RSU, si no, por el incremento en el costo asignado por el relleno sanitario.

Por otra parte, actualmente no se considera que el tiempo de vida del relleno sanitario de Calimaya pueda mantenerse por los años estimados; lo que en un futuro podría generar gastos mayores de disposición final al municipio.

Capítulo 5

Conclusiones

Este proyecto plantea una propuesta para el manejo integral de los residuos sólidos urbanos del municipio de Metepec. El programa de manejo abarca los siguientes puntos:

- Disminución de generación
- Separación de origen
- Recolección separada
- Tratamiento integral
 - Transformación de materia orgánica en composta
 - Reciclaje de materiales
 - Recuperación energética mediante incineración

Al implementar este programa en el municipio de Metepec se esperan los siguientes beneficios tanto a corto como a largo plazo:

- Recuperación de la inversión en un periodo de 5 años.
- Disminución de RSU para disposición final en un 87% aproximadamente.
- Aumento del tiempo de vida del relleno sanitario.
- Disminución de la contaminación del aire y mantos acuíferos por disposición final de residuos en rellenos sanitarios.
- Disminución del presupuesto anual para la dirección de servicios públicos por el intercambio de material para reciclaje por productos como bancas escolares o utilería para áreas vedes (botes de basura, bancas, letreros, etc.).
- Generación de empleos para la operación de la planta integral.
- Generación de energía eléctrica a un bajo costo.

Económicamente el proyecto es viable por el rápido periodo de recuperación. Además de los ingresos económicos, generara al municipio ingresos intangibles como lo es la energía eléctrica y materiales de reciclaje de uso público. Dichos ingresos convertirán a Metepec en un municipio con áreas sustentables, donde la idea principal es utilizar los recursos económicos en la mejora de otros ámbitos públicos.

Glosario

Análisis costo-beneficio. Es una herramienta financiera que mide la relación entre los costos y beneficios asociados a un proyecto de inversión con el fin de evaluar su rentabilidad, entendiéndose por proyecto de inversión no solo como la creación de un nuevo negocio, sino también, como inversiones que se pueden hacer en un negocio en marcha tales como el desarrollo de nuevo producto o la adquisición de nueva maquinaria. (Jiménez William, 2012)

Biodegradable. Sustancia que puede ser descompuesta con cierta rapidez por organismos vivientes, los más importantes de los cuales son bacterias aerobias. Sustancia que se descompone o desintegra con relativa rapidez en compuestos simples por alguna forma de vida como: bacterias, hongos, gusanos e insectos.

Biofiltros. Los biofiltros son una alternativa eficiente y sostenible para reducir los olores de las emisiones gaseosas. El contaminante es degradado por unos microorganismos que quedan adheridos a un material de relleno. (Hernández, 2010)

Ciclo de Rankine. Es un ciclo termodinámico en el que se relaciona el consumo de calor con la producción de trabajo, opera con vapor, el cual es producido en una caldera a alta presión para luego ser llevado a una turbina donde produce energía cinética, donde perderá presión. Su camino continúa al seguir hacia un condensador donde lo que queda de vapor pasa a estado líquido para poder entrar a una bomba que le subirá la presión para nuevamente poder ingresarlo a la caldera. (Castells, 2012)

Desarrollo Sustentable. Se refiere a la administración eficiente y racional de los recursos, de manera tal que sea posible mejorar el bienestar de la población actual sin comprometer la calidad de vida de las generaciones futuras. (PROMÉXICO, 2013)

Estado de Resultados. Resume las operaciones de la empresa derivadas de sus actividades económicas de comprar, producir, transformar y de vender o bien proveer servicios durante un periodo determinado. Este estado incluye todos los ingresos generados por la empresa y todos los costos y gastos en que incurrió en sus operaciones, para finalmente mostrarnos el resultado: ganancias o pérdidas. (Jiménez William, 2012)

Generación. Cantidad de residuos sólidos originados por fuentes diversas de poblaciones humanas en un intervalo de tiempo (no incluye fuentes industriales). (SEMARNAT, 2010)

Gestión Integral de Residuos. Conjunto articulado e interrelacionado de acciones normativas, operativas, financieras, de planeación, administrativas, sociales, educativas, de monitoreo, supervisión y evaluación, para el manejo de residuos, desde su generación

hasta la disposición final, a fin de lograr beneficios ambientales, la optimización económica de su manejo y su aceptación social, respondiendo a las necesidades y circunstancias de cada localidad o región. (SEMARNAT, 2010)

Ley para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR). Programa cuyo objetivo general es el de contribuir al desarrollo sustentable de México a través de una política ambiental de residuos basada en la promoción de cambios en los modelos de producción, consumo y manejo, que fomenten la prevención y gestión integral de los residuos sólidos urbanos, de manejo especial, peligrosos y minero-metalúrgicos; a través de acciones de prevención y minimización de la generación, separación de residuos en la fuente, reutilización y reciclado, la valoración material y energética, hacia la disposición final restringida y apropiada de los residuos como última opción. (SEMARNAT, 2012)

Manejo integral de residuos. Las actividades de reducción en la fuente, separación, reutilización, reciclaje, co-procesamiento, tratamiento biológico, químico, físico o térmico, acopio, almacenamiento, transporte y disposición final de residuos, individualmente realizadas o combinadas de manera apropiada, para adaptarse a las condiciones y necesidades de cada lugar, cumpliendo objetivos de valorización, eficiencia sanitaria, ambiental, tecnológica, económica y social. (SEMARNAT, 2010)

Normas Oficiales Mexicanas. Las Normas Oficiales Mexicanas son las regulaciones técnicas de observancia obligatoria expedidas por las dependencias competentes, conforme a las finalidades establecidas en el artículo 40 de Ley Federal sobre Metrología y Normalización, que establecen las reglas, especificaciones, atributos, directrices, características o prescripciones aplicables a un producto, proceso, instalación, sistemas, actividad, servicio o método de producción u operación, así como aquellas relativas a terminología, simbología, embalaje, mercado o etiquetado y las que se refieran a su cumplimiento o aplicación. (Secretaría de Economía, 2012)

Normas Técnicas Estatales. Normas que ha publicado el Gobierno del Estado de México, con el propósito de fomentar la preservación y protección del medio ambiente, las cuales rigen diversas actividades humanas, al aplicarse a diferentes procesos productivos, comerciales y de servicio. (Procuraduría de Protección al Ambiente del Estado de México, 2013)

Población Económicamente Activa. Son las personas de 12 o más años que en la semana de referencia realizaron algún tipo de actividad económica (población ocupada) o bien buscaron incorporarse a algún empleo (población desocupada). (INEGI, 2013)

Plan de Manejo: Los Planes de Manejo son Instrumentos que tienen como objetivo minimizar la generación y maximizar la valorización de residuos sólidos urbanos, residuos

de manejo especial y residuos peligrosos específicos, bajo criterios de eficiencia ambiental, tecnológica, económica y social, con fundamento en el Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de Residuos. (SEMARNAT, 2012)

Programas de Gestión Municipales: Programas de Gestión, contienen el diagnóstico básico, donde se identifica la generación, manejo e infraestructura existente, así como las necesidades y la problemática alrededor de todo el sistema de manejo integral de residuos; establecen la política, los objetivos y metas locales para la prevención de la generación y el mejoramiento de la gestión, así como las acciones y proyectos necesarios, y los medios de financiamiento. (SEMARNAT, 2012)

Reciclaje. Proceso mediante el cual ciertos materiales de la basura se separan, escogen, clasifican, empaican, almacenan y comercializan para reincorporarlos como materia prima al ciclo productivo. (SEMARNAT, 2010)

Recolección. Acción de tomar los residuos sólidos de sus sitios de almacenamiento, para depositarlos en el equipo destinado o conducirlos a las estaciones de transferencia, instalaciones de tratamiento o sitios de disposición final. (SEMARNAT, 2010)

Recuperación. Actividad relacionada con la obtención de materiales secundarios, bien sea por separación, desempaque, recogida o cualquier otra forma de retirar de los residuos sólidos alguno de sus componentes para su reciclaje o reutilización. (SEMARNAT, 2010)

Relleno sanitario. Instalación de ingeniería para la disposición de los residuos sólidos urbanos, diseñada y operada para minimizar los impactos a la salud pública y al ambiente. (SEMARNAT, 2010)

Residuo. Cualquier material orgánico o inorgánico generado en los procesos de extracción, beneficio, transformación, producción, consumo, utilización o tratamiento, cuya calidad no permite incluirlo nuevamente en el proceso que lo generó. (SEMARNAT, 2010)

Residuos de Manejo Especial. Los Residuos de Manejo Especial (RME), son los generados en los procesos productivos, que no reúnen las características para ser considerados como peligrosos ni como RSU, o que son producidos por grandes generadores (producen mas de 10 toneladas al año) de RSU. Su manejo y control es competencia de las autoridades estatales. (SEMARNAT, 2012)

Residuos Sólidos Urbanos. Los Residuos Sólidos Urbanos (RSU), que son los generados en las casas, como resultado de la eliminación de los materiales que se utilizan en las actividades domésticas; son también los que provienen de establecimientos o la vía

pública, o los que resultan de la limpieza de las vías o lugares públicos y que tienen características como los domiciliarios. Su manejo y control es competencia de las autoridades municipales y delegacionales. (SEMARNAT, 2012)

Tasa de Retorno. Mínimo rendimiento aceptable de la inversión. (Jiménez William, 2012)

Tratamiento. Proceso de transformación física, química o biológica de los desechos sólidos que procura obtener beneficios sanitarios o económicos, reduciendo o eliminando efectos nocivos de los residuos sólidos al hombre y al medio ambiente. (SEMARNAT, 2010)

Valorización. Es la acción de recuperar el valor remanente de los residuos, empleándolos como materia prima en actividades productivas. La valorización es una estrategia de desarrollo sustentable. (GIRSUME, 2009)

Valor Presente Neto. El Valor Presente Neto (VPN) es el método más conocido a la hora de evaluar proyectos de inversión a largo plazo. El Valor Presente Neto permite determinar si una inversión cumple con el objetivo básico financiero: maximizar la inversión. El Valor Presente Neto permite determinar si dicha inversión puede incrementar o reducir el valor. Ese cambio en el valor estimado puede ser positivo, negativo o continuar igual. Si es positivo significará que el valor de la firma tendrá un incremento equivalente al monto del Valor Presente Neto. Si es negativo quiere decir que la firma reducirá su riqueza en el valor que arroje el VPN. Si el resultado del VPN es cero, la empresa no modificará el monto de su valor. (Didier José, 2006)

Referencias bibliográficas

Álvarez Medina Lucy Adriana. (2006). Desarrollo de Políticas e Instrumentos para la Gestión Ambiental de Recursos Peligrosos en la Cuenca Alta del Río Lerma. Fase I. Levantamiento del Inventario de micro, pequeños y grandes generadores. Universidad Autónoma del Estado de México, Facultad de Química. Tesis de Licenciatura.

Arvizu Fernández José Luis. (2010). La basura como recurso energético, Situación actual y prospectiva en México. Boletín IIE. México. Consultado el 15 de Noviembre de 2012 en <http://www.iie.org.mx/boletin012011/inves.pdf>

Castells Xavier Elías. (2012). Tratamiento y valorización energética de residuos. Ediciones Díaz de Santos, Madrid. pp. 72-80, 120-125, 200-235.

CONAPO. 2012. Indicadores de la Población 1990-2010. México en Cifras. México. (Consultado el 20 de Septiembre de 2012 en <http://www.conapo.gob.mx/es>)

Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. (2012). H. Secretaría de Servicios Parlamentarios. México. (Consultado el 15 de Agosto de 2012 en www.diputados.gob.mx)

Didier Vaquiaro José. (2006). El Valor Presente Neto. PyMES Futuro. Colombia. (Consultado el 24 de Enero de 2013 en <http://www.pymesfuturo.com/vpneto.htm>)

GEA Consultores. (2012). Educación Ambiental: principios y objetivos. Uruguay. (Consultado el 30 de Junio de 2012 en <http://www.geaconsultores.com/index.php>)

GIRSUyME. (2009). Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial. Documentos Técnicos y Normativos del Estado de México. Gobierno del Estado de México, SEMARNAT. México.

Gobierno del Estado de México. (2000). Secretaría de Ecología. Estudio de Generación y Caracterización de Residuos Sólidos Municipales. México. pp. 8, 15, 18, 19, 50-59, 60, 62.

Gobierno del Estado de México. (2006). Norma Técnica Estatal Ambiental NTEA-006-SMA-RS-2006. Gaceta de Gobierno. Publicada en el Periódico Oficial de Gobierno del Estado Libre y Soberano de México de fecha 9 de Octubre de 2006

Gobierno del Estado de México. (2006). Normatividad en Materia de Residuos Sólidos. Secretaría de Medio Ambiente. México. (Consultado el 20 de Agosto de 2012 en www.edomex.gob.mx)

Gobierno del Estado de México. (2008) B. Norma Técnica Estatal Ambiental NTEA-011-SMA-RS-2008. Gaceta de Gobierno. Publicada en el Periódico Oficial del Gobierno del Estado Libre y Soberano de México de fecha 21 de Mayo de 2009.

Gobierno del Estado de México. (2009). Programa para la Prevención y Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial del Estado de México. Secretaria del Medio Ambiente. México. (Consultado el 20 de Agosto de 2012 en <http://www.semarnat.gob.mx>)

Gobierno del Estado de México. (2011) A. Norma Técnica Estatal Ambiental NTEA-010-SMA-RS-2008. Gaceta de Gobierno. Publicada en el Periódico Oficial del Gobierno del Estado Libre y Soberano de México de fecha 21 de Mayo de 2012.

Hernández Jerónimo. (2010). Biofiltros y nuevos materiales para eliminar los olores de las emisiones gaseosas. UAV Revista de Divulgación Científica. (Consultado el 15 de Noviembre de 2012 en <http://www.uab.es/servlet/Satellite>)

Instituto Nacional de Ecología (INE). 2007. Manejo integrado de los residuos sólidos urbanos. México. (Consultado el 30 de Junio de 2012 en <http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/libros/499/introd.html>)

INEGI. (2010). Censo General de Población 2010.

Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía IDEA. (1996). Manual de Incineración de Residuos Sólidos Urbanos. Biblioteca Cinco Días. España. pp. 50-75

Jiménez Lemus William. (2012). Estado de Resultados, pérdidas y ganancias. Gestipolis. México. (Consultado el 24 de Enero de 2013 en <http://www.gestipolis.com/>)

LGEEPA. (1988). Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 28 de Enero de 1988. Última reforma aplicada el 4 de Junio de 2012.

LGPGIR. (2003). Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. Publicado en el Diario Oficial de la Federación de fecha 8 de octubre de 2003. Última reforma aplicada el 30 de Mayo de 2012.

López Jimeno Carlos. (2010). Tratamiento Integral de los Residuos Sólidos Urbanos. Guía de Valorización Energética. (Consultado el 20 de Agosto de 2012 en <http://www.oficemen.com/Uploads/docs/Guia.pdf>)

L. Maldonado. 2006. Reducción y reciclaje de residuos sólidos urbanos en centros de educación superior: Estudio de caso. Artículo de divulgación de ingeniería. México. pp. 59-68.

Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Metepec. (2011). Características demográficas y socioeconómicas, desarrollo urbano y estrategias sectoriales. Metepec, México.

PMPGIRSU, (2006). Programa Municipal para la Prevención y Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos. SEMARNAT. México. pp. 19-25

Ramírez José. (2010). Tratamiento integral de los residuos urbanos: la experiencia del centro de tratamiento integral de Las Lomas en Valdemingómez. Guía de Valorización Energética. Madrid. pp. 90-95.

Rodríguez Salinas Marco Arturo y Escudero Quijano Ivette. (2006). Guía para la elaboración de programas municipales para la prevención y gestión integral de los residuos sólidos urbanos. SEMARNAT y GTZ. pp. 9, 10, 32-44. México.

Romero Salvador Arturo. 2009. Incineración de Residuos Sólidos Urbanos. Dpto. de Ingeniería Química. Facultad de CC. Químicas. Universidad Complutense de Madrid. Madrid. (Consultado el 12 de Junio de 2012 en <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd>)

Rubio Martín Alberto. (2003). Estudio Técnico de una Central Eléctrica de Incineración de RSU. Escuela Técnica Superior de Ingeniería. Madrid. pp. 100-100, 147.

Secretaría de Desarrollo Social, Dirección General de Equipamiento e Infraestructura en Zonas Urbano-Marginadas, Mayo, 2011.

Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología y Departamento del Distrito Federal. (1992). Norma Mexicana NMX-AA-22-1985. México.

Secretaría de Economía, Dirección General de Normas, "Consulta del Catálogo de Normas Mexicanas". Sitio internet: <http://normas.economia.gob.mx/normasmx/index.nmx>. Fecha de consulta: Octubre 26, 2011.

SEMARNAT. (2004). Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Norma Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 20 de Octubre de 2004.

SMAGEM. (2009). Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial. Documentos Técnicos y Normativos del Estado de México. México, pp. 16, 17, 46.

Anexos

Anexo A. Tabulador de sueldos



TABULADOR DE SUELDOS 2012

Categoría	Percepciones Mensuales		Total Integrado	Deducciones		Total Neto
	Sueldo Base	Gratificación		ISR	Total ISSEMYM	
PRESIDENTE	110,195.77	0.00	110,195.77	29,379.63	2,185.17	78,630.97
SINDICO	93,676.46	0.00	93,676.46	24,423.84	2,185.17	67,067.45
SECRETARIO DEL AYTO.	91,446.91	0.00	91,446.91	23,754.97	2,185.17	65,506.77
REGIDOR	82,504.49	0.00	82,504.49	21,072.24	2,185.17	59,247.07
DIRECTOR D	78,445.01	0.00	78,445.01	19,854.40	2,185.17	56,405.43
DIRECTOR C	73,233.91	0.00	73,233.91	18,291.07	2,185.17	52,757.67
DIRECTOR B	67,605.76	0.00	67,605.76	16,602.63	2,185.17	48,817.96
DIRECTOR A	64,184.81	0.00	64,184.81	15,576.34	2,185.17	46,423.29
COORDINADOR	62,331.79	0.00	62,331.79	15,020.44	2,185.17	45,126.18
SUBDIRECTOR F	48,286.79	0.00	48,286.79	10,806.93	2,185.17	35,294.68
SUBDIRECTOR E	42,480.91	0.00	42,480.91	9,065.17	2,185.17	31,230.57
SUBDIRECTOR D	37,546.29	0.00	37,546.29	7,584.78	2,185.17	27,776.33
SUBDIRECTOR C	33,817.46	0.00	33,817.46	6,466.14	2,185.17	25,166.15
SUBDIRECTOR B	30,616.95	0.00	30,616.95	5,643.35	2,185.17	22,788.42
SUBDIRECTOR A	29,373.23	0.00	29,373.23	5,350.83	2,185.17	21,837.23
JEFE DE DEPARTAMENTO D	28,603.14	0.00	28,603.14	5,169.70	2,173.84	21,259.59
JEFE DE DEPARTAMENTO C	26,854.44	0.00	26,854.44	4,758.41	2,040.94	20,055.09
JEFE DE DEPARTAMENTO B	24,892.21	0.00	24,892.21	4,296.89	1,891.81	18,703.51
JEFE DE DEPARTAMENTO A	23,931.68	0.00	23,931.68	4,070.98	1,818.81	18,041.89

Mandos Medios y Superiores

Con efectividad a partir del 1° de enero de 2012.

Las deducción de I.S.R. se calculan sobre el sueldo base y gratificación en todas las categorías, en términos de la Ley del Impuesto sobre la Renta, correspondiente al año Fiscal.

Adicionalmente se deberá considerar la deducción del 1.4% por concepto del Sistema de Capitalización Individual, a Servidores Públicos que ingresaron a partir del 1° de julio de 2002. (Artículo 32, Fracc. II y Séptimo Transitorio de la Ley del ISSEMYM).



TABULADOR DE SUELDOS 2012

Categoría	Percepciones Mensuales		Total Integrado	Deducciones		Total Neto
	Sueldo Base	Gratificación		ISR	Total ISSEMYM	
ENCARGADO DE AREA F	22,443.51	0.00	22,443.51	3,720.96	1,705.71	17,016.85
ENCARGADO DE AREA E	20,475.36	0.00	20,475.36	3,264.43	1,556.13	15,654.80
ENCARGADO DE AREA D	18,742.26	0.00	18,742.26	2,894.24	1,424.41	14,423.61
ENCARGADO DE AREA C	17,272.17	0.00	17,272.17	2,580.23	1,312.68	13,379.26
ENCARGADO DE AREA B	16,687.10	0.00	16,687.10	2,465.28	1,268.22	12,953.60
ENCARGADO DE AREA A	15,804.55	0.00	15,804.55	2,266.74	1,201.15	12,336.66
TECNICO ESPECIALIZADO F	14,953.29	0.00	14,953.29	2,084.91	1,136.45	11,731.93
TECNICO ESPECIALIZADO E	14,200.99	0.00	14,200.99	1,924.22	1,079.28	11,197.49
TECNICO ESPECIALIZADO D	13,476.19	0.00	13,476.19	1,789.40	1,024.19	10,662.60
TECNICO ESPECIALIZADO C	12,966.34	0.00	12,966.34	1,660.50	985.44	10,320.40
TECNICO ESPECIALIZADO B	12,324.02	0.00	12,324.02	1,529.30	936.63	9,864.09
TECNICO ESPECIALIZADO A	11,756.68	0.00	11,756.68	1,402.12	895.61	9,461.05
TECNICO ANALISTA D	11,336.80	0.00	11,336.80	1,312.43	861.60	9,162.77
TECNICO ANALISTA C	10,819.44	0.00	10,819.44	1,201.92	822.28	8,795.24
TECNICO ANALISTA B B	10,412.06	0.00	10,412.06	1,114.91	791.32	8,505.84
TECNICO ANALISTA B	10,127.13	0.00	10,127.13	1,069.84	769.66	8,297.53
TECNICO ESPECIALIZADO 02	10,017.60	0.00	10,017.60	1,040.31	761.34	8,215.95
TECNICO ANALISTA A	9,788.67	0.00	9,788.67	999.29	743.94	8,045.44
TECNICO OPERATIVO F	9,330.85	0.00	9,330.85	917.26	709.14	7,704.45
TECNICO ESPECIALIZADO 01	9,190.40	0.00	9,190.40	892.08	698.47	7,599.85
TECNICO OPERATIVO E B	9,018.70	0.00	9,018.70	861.31	685.42	7,471.97
TECNICO OPERATIVO E	8,857.41	0.00	8,857.41	832.41	673.16	7,351.84
TECNICO OPERATIVO D	8,423.00	0.00	8,423.00	758.01	640.15	7,024.84
TECNICO ANALISTA 04	8,308.55	0.00	8,308.55	739.70	631.45	6,937.40
TECNICO OPERATIVO C	8,136.60	0.00	8,136.60	712.19	616.38	6,808.03
TECNICO OPERATIVO B	7,802.44	0.00	7,802.44	658.72	592.99	6,550.73
TECNICO ANALISTA 02	7,591.13	0.00	7,591.13	624.91	576.93	6,389.29
TECNICO ANALISTA 01	7,057.33	0.00	7,057.33	303.43	536.36	6,217.54
AUXILIAR TECNICO 04	6,698.34	0.00	6,698.34	264.38	509.07	5,924.89
AUXILIAR TECNICO 03	6,276.94	0.00	6,276.94	218.53	477.05	5,581.36
APOYO OPERATIVO C	6,139.06	0.00	6,139.06	162.44	466.57	5,510.06
AUXILIAR TECNICO 02	5,858.12	0.00	5,858.12	131.67	445.22	5,281.03
AUXILIAR TECNICO 01	5,488.73	0.00	5,488.73	91.69	417.14	4,979.91
APOYO OPERATIVO	5,254.62	0.00	5,254.62	35.57	399.35	4,819.30
AYUDANTE GENERAL	3,767.07	0.00	3,767.07	-163.60	296.30	3,644.37

Con efectividad a partir del 1° de enero de 2012.

Las deducción de I.S.R. se calculan sobre el sueldo base y gratificación en todas las categorías, en términos de la Ley del Impuesto sobre la Renta, correspondiente al año Fiscal.

Adicionalmente se deberá considerar la deducción del 1.4% por concepto del Sistema de Capitalización Individual, a Servidores Públicos que ingresaron a partir del 1° de julio de 2002. (Artículo 32, Fracc. II y Séptimo Transitorio de la Ley del ISSEMYM).

Anexo B. Rutas de Limpia

Tabla .Rutas de Limpia y Recolección de Residuos Sólidos en Metepec.

Ruta	Barrio/Fracc. /Unidad Hab.	Separación de origen	Lun	Mar	Mie	Jue	Vie	Sab	Dom
1	Fraccionamiento Casa Blanca	NO	■		■		■		
2	Manuel Doblado, Ensueño A y B y Pinos	NO		■		■		■	
3	San Jeronimo Chicahualco	SI		■		■		■	
4	Pilares	NO	■		■		■		■
5	Real de San José, Arboledas, Real San Jeronimo, Rinconada los Cedros y Arcos Concordia	SI	■		■		■		
6	El Virrey, Viandas I, II, III y IV, Puertas del Sol, Villas Campestre. Industria 14 e Industria 16	SI		■		■		■	
7	Col. Francisco I. Madero	NO							
8	La Asunción	SI	■		■		■		
9	Col. Bellavista	NO		■		■		■	
10	La Virgen	SI	■		■		■		
11	San José la Pila	NO		■		■		■	
12	San Salvador Tizatlalli	NO		■		■		■	
13	Rancho San Lucas	NO	■		■		■		
14	Izcalli I y Fracc las Arboledas	NO	■		■		■		
15	Izcalli II	NO		■		■		■	
16	Izcalli V y VI	NO	■		■		■		
17	Fracc. Las Marinas	NO	■		■		■		
18	Izcalli III y IV	NO		■		■		■	
19	La Providencia	SI	■		■		■		
20	Leona Vicario	SI		■		■		■	
21	La Hortaliza e Infonavit San Gabriel	NO	■		■		■		
22	Infonavit San Gabriel	NO		■		■		■	
23	Fracc. Club de Golf San Carlos	SI	■		■		■		
24	Fracc. Los Cedros	NO		■		■		■	
25	San Francisco Acoxusco, Col. Hípico	NO		■		■		■	
26	Fracc. Las Haciendas, Col. Hípico	NO	■		■		■		
27	Col. Xinantecatl	NO	■		■		■		
28	Parte de Col. Juan Fernández Albarrán y Fracc. Real de San Javier	NO		■		■		■	
29	Col. Municipal y Col. Jesús Jiménez Gallardo	NO		■		■		■	■
30	Parte de Col. Juan Fernández Albarrán, Fracc. Las Altezas y Col. Jesús Jiménez Gallardo	NO	■		■		■		■
31	U.H. Juan Fernández Albarrán, y Col. Las Jaras	NO	■		■		■		
32	Col. Jesús Jiménez G. y M. L. Jiménez Cantú	NO		■		■		■	■

33	C.H. Issemym 'Isidro Fabela', Jorge Jiménez Cantú y las Margaritas	NO							
34	Col. La Michoacana, San Jorge PN	NO							
35	Santa Magdalena Ocotitlan	SI							
36	Santa Magdalena Ocotitlan	SI							
37	San Bartolomé Tlatelulco PA	NO							
38	San Bartolomé Tlatelulco PA	NO							
39	U. H. Infonavit San Francisco	SI							
40	U. H. Infonavit San Francisco	NO							
41	U. H. Infonavit San Francisco, Issemym la Providencia	NO							
42	U. H. Infonavit San Francisco	NO							
43	U.H. Andres Molina Enríquez	NO							
44	Cabecera M. Barrio Santa C.	SI							
45	Cabecera M. Barrio Espíritu Santo	SI							
46	Cabecera M. Barrio Espíritu Santo	SI							
47	Cabecera M. Barrio Coaxustenco	SI							
48	Cabecera M. Barrio Coaxustenco	SI							
49	Cabecera M. Barrio Santa C.	SI							
50	Cabecera M. Barrio Santa C.	SI							
51	Cabecera M. Barrio San Miguel	SI							
52	San Lorenzo Coacalco	NO							
53	San Miquel Totocuitlapilco	NO							
54	San Miquel Totocuitlapilco	NO							
55	Llano Grande	NO							
56	Llano Grande	NO							
57	Col. Agrícola Lázaro Cárdenas	NO							
58	Col. Nueva San Luis	NO							
59	San Gaspar Tlalhuelilpan I	NO							
60	San Gaspar Tlalhuelilpan II	NO							
61	San Sebastián	NO							
62	San Lucas Tunco	NO							
63	Cabecera M. Barrio de Santiaguito	SI							
64	Vialidad Tecnológico	NO							
65	Vialidad Tecnológico	NO							
66	Vialidad Baja Velocidad, Tollocan II, Los Arcos I y II	NO							

Anexo C. Punto verde



PUNTO VERDE
YO RECICLO ELECTRÓNICOS
¿TU NO?

Promueve la red de **Punto Verde Voluntario**, que son personas interesadas por el cuidado y protección del medio ambiente. A la cual, le interesa difundir y participar en acciones que le permitan contribuir a aumentar la calidad de vida de su comunidad y el cuidado de su entorno. Promueve el uso de los artículos ecológicos marca Punto Verde® producidos con materias primas obtenidas a partir del correcto reciclaje de los residuos electrónicos tales como son pisos, adoquines, ovalines, bisutería, botes de basura, entre los más importantes. Con esto se busca cerrar el ciclo de vida de los diversos productos, en donde los residuos de una cadena se convierten en el inicio de otra.

Programa **SÚMATE** está enfocado a obtener tu **apoyo** a nuestra propuesta y logremos juntos esas **acciones** congruentes por nuestro **planeta**. Porque si nos esperamos a que en primera instancia se redacten las leyes, después sean aprobadas y por último y lo más difícil que se implementen y se cumplan podría ser demasiado tarde. **Ayúdanos** para que juntos vivamos una **RESPONSABILIDAD COMPARTIDA** entre ciudadanos, empresas, fabricantes, instituciones y gobiernos en el correcto reciclado de los residuos electrónicos.



E-MRE
MANEJO RESPONSABLE DE
RESIDUOS ELECTRÓNICOS

El distintivo **E-MRE “Manejo Responsable de Residuos Electrónicos”** es otorgado por REMSA para aquellas instituciones, corporativos y empresas que se comprometen y se responsabilizan por el correcto reciclado de sus residuos electrónicos.

Como parte de su responsabilidad social y ambiental actúan como el interlocutor mediante el **Programa Denuncia®** aprovechando la vinculación que tienen con diversas autoridades ambientales para hacerles llegar, darle seguimiento y solución a denuncias de acciones o situaciones ligadas al mal manejo de los residuos electrónicos por parte de “recicladores” informales que perjudican a nuestro medio ambiente con prácticas ilegales como lo son: la quema del cable, arrojando el vidrio de los monitores en ríos y mares o terrenos baldíos donde esos componentes al no ser comerciales y al contrario acarrea un costo se convierten en una amenaza social y ecológica.



7

PROGRAMA NACIONAL DE EDUCACIÓN, ACOPIO Y RECICLADO DE RESIDUOS ELECTRÓNICOS

REMSA confía plenamente en que la **educación** representa una alternativa ante la problemática **ambiental** porque si no se informa oportunamente a la población acerca del peligro que significa continuar deteriorando el ambiente y si no actuamos de forma inmediata, en poco tiempo, estaremos enfrentando situaciones que pongan en riesgo la preservación de múltiples formas de vida, entre ellas, la humana.

ESCUADRON VERDE

Por lo anterior **REMSA promueve** su Programa de Educación Ambiental "**Escuadrón Verde®**" que opera a través de la Red Nacional de Puntos Verdes Voluntarios. Que más allá de ser un programa teórico, es una nueva modalidad que:

Concientiza a los niños y jóvenes acerca de lo que se debe hacer con los equipos electrónicos (computadoras, celulares, consolas de videojuegos, etc.) que ya no sirven o que ya no utilizan. Su lema es "**¡No los Guardes, ni los Tires, Mejor Recíclalos!®**" lo cual contribuye a mejorar su convivencia con su medio ambiente, con su entorno, en busca de un cambio de actitud aterrizada en acciones prácticas.

Lleva el **Reciclón®** y **Punto Verde®** a las principales ciudades de los **32 Estados de la República**. Ambos programas se realizan en coordinación con gobiernos, así como organizaciones no gubernamentales.

El **Reciclón®** es un sistema de sensibilización para la captación de residuos electrónicos sin costo para el usuario. Se realiza generalmente en espacios públicos de distintas ciudades. Mientras que el **Punto Verde®** es un centro de acopio permanente que se establece en conjunto con el gobierno después de realizar el **Reciclón®**. En estos centros se reciben equipo de empresas, gobierno y público en general, los resguardan adecuadamente, llevan control del mismo y finalmente hacen entrega del equipo electrónico a REMSA para que sea reciclado.

RECICLÓN



**¡NO me tires
RECICLAME!**

6



REMSA

Recicla Electrónicos México®

2005 y 2010

GANADORES DEL
CONCURSO
NACIONAL DE
RECICLAJE



2010

GANADORES DEL
PREMIO ESTATAL
DE ECOLOGÍA



REMSA COMO
UNO DE LOS 20
PROYECTOS
SUSTENTABLES
DEL 2010



PREMIO A LA
INNOVACION
Y LIDERAZGO EN
SUSTENTABILIDAD
2010



www.reciclaelectronicos.com

POR UN SOLO MÉXICO

¡Encuentra nuestros centros
de acopio punto verde a lo
largo de todo México!



01 800 7 07 36 72 | 01 (442) 195 81 81
recicla@reciclaelectronicos.com

@REMSAMX



Punto Verde
Voluntario

www.jaestudio.net

Anexo D. Ideas para reciclaje y reutilización



Como hacer una maceta colgante con un bote PET de soda de 2 litros

Materiales:

- Un bote de 2 litros de soda.
- Tijeras, cuchillo o navaja.
- Cordón, soga o agujetas.
- Marcador de Pizarrón.

Hacer 4 hoyos alrededor del cuello del bote.

Y otro en el fondo del bote.

Dibujar este patrón de los dos lados con tu marcador y cortarlo.

11,4cm

Ata la soga o cordón por los hoyos, llenar con tierra y sustrato. ¡Listo! Planta semillas, o transplanta.

por Tony Ruiz.
Para la Biología, una guía para más verde.

Para más información, visita La Biología en Facebook








 +
  +
  +
  +
  +
 

botella 4 tapitas pegamento tijera decora cartón

1. Pega las partes y déjalas secar
 pide a un adulto que abra el hueco para las moneditas
 corta las orejas del cartón
 usa las tapas como patas
2. pinta tu chanchito ¡decoralo como más te guste! :D

