

TÉCNICA 2 : COMPOSTAJE

Esta alternativa consiste en el reciclaje de la fracción orgánica biodegradable de los RSU mediando procesos controlados aerobios de transformación biológica, para la obtención de un producto estabilizado, humus o compost, con cierto valor agronómico y ecológico para ser utilizado como mejorador de suelos con diferentes aplicaciones.

Dentro de la fracción orgánica de los RSU potencialmente compostable se encuentran los residuos putrescibles fácilmente biodegradables (restos de comida y cocina), papel y cartón, residuos de jardín (hojas, ramas, pasto, etc.) y madera.

Los objetivos primarios de esta alternativa de tratamiento de la fracción orgánica son:

- Reducción del volumen total de residuos con destino final en el relleno sanitario
- Valorización de parte del flujo de residuos mediante la producción de un material estabilizado con valor agronómico y ecológico.
- Aportar beneficios a la comunidad de la Villa ya sea generando empleo, produciendo en escala local productos alternativos que reducen el costo de importarlos de otras zonas y contribuyendo en un programa social de autoabastecimiento de productos naturales para alimentación de niños, ancianos y gente carenciada.

Para el caso de la Villa la comercialización del compost no constituye uno de los objetivos primarios dada la escasa cantidad a producir estimada, la dificultad de conseguir mercados y dadas las dificultades operativas y económicas para obtener un producto comercializable que cumpla con las estrictas especificaciones de calidad requeridas.

Además de los beneficios que implican el cumplimiento de los objetivos propuestos, las siguientes ventajas justifican aún más su implementación:

- Reducción del 20%, aproximadamente, del volumen total de residuos a disponer en el relleno sanitario, aumentando su vida útil.
- Obtención de un producto, compost, con valor agronómico y ecológico: este valor reside en la composición de la materia orgánica e inorgánica que posee y en las propiedades que de ella se derivan siendo las aplicaciones más importantes las siguientes: abono o fertilizante, enmienda orgánica o húmica, sustrato de cultivos.
- Diseño sencillo: es una práctica que no requiere diseño complejo para obtener buenos resultados.
- Posibilidad de autoabastecimiento parcial de los comedores comunitarios: el hecho de contar con una huerta comunitaria (o escolar) y un compost para mejorar su productividad, constituye un beneficio significativo para la comunidad dado que actualmente las partidas para los comedores no son suficientes y que toda la Villa debe importar hortalizas desde otras ciudades.

- Disponibilidad de terrenos: la compostera requiere muy poca superficie pudiéndose implementar en cualquier predio del casco urbano, incluso dentro de los terrenos de la escuela o del comedor PRANI.

1. SELECCIÓN DEL SITIO

Las pautas o criterios que se consideran relevantes para la selección y características del sitio de emplazamiento de la planta de recuperación de residuos orgánicos son:

- Disponer de un sitio techado y/o protegido del clima extremo (viento, precipitación y bajas temperaturas).
- Disponer de una superficie más o menos plana.
- Descartar terrenos anegables e inundables.
- No generar molestias por malos olores o por circulación de vehículos.
- Facilitar la operación del proceso (en lo posible cercanía entre los procesos de clasificación y compostaje, dimensiones adecuadas).
- Evitar o disminuir costos de adquisición (propiedad del fisco o de bajo precio si es privado).
- Disponibilidad de servicios (agua y electricidad).

Para el caso de la Villa de Antofagasta se plantean tres posibilidades de localización de la planta:

a) *Utilizar el sitio destinado a la Planta de Recuperación de Materiales (PRM):*

Consiste en centralizar todo el proceso, desde la clasificación hasta la maduración final del compost, en el predio y galpón o tinglado destinados a la planta de recuperación conjunta de materiales a construir próximo al futuro relleno sanitario. En este caso, las especificaciones del sitio para esta alternativa se describen en *Técnica 3: Recuperación de Materiales*.

b) *Utilizar un terreno o construcción preexistente:*

Esta opción, aplicable a más corto plazo, puede adoptarse en el caso de no realizarse la opción anterior o en una primera etapa hasta la ejecución de la Planta de Recuperación Conjunta.

En este caso, el Municipio debería realizar un relevamiento de posibles construcciones o terrenos existentes que cumplan con las pautas o requerimientos antes mencionados. Además, se deberán tener en cuenta las siguientes consideraciones específicas:

- El predio puede localizarse en el casco urbano de la Villa o en sus cercanías.
- Se recomienda la localización cercana a posibles fuentes de abastecimiento de agua, como el río Las Pitás.

- El predio deberá estar debidamente cercado para evitar el ingreso de animales y personas ajenas a la operación del mismo. Se utilizarán materiales tradicionales para la zona como madera, cañas, pared de adobe, alambre tejido si es posible, etc.
- El predio deberá tener un cerco verde perimetral con especies arbóreas o arbustivas características de la zona para tapar la visual y para protección de los vientos.
- El tamaño de las instalaciones a utilizar (existentes o a construir) deberá contemplar: un playón de descarga, el sitio de clasificación, un sitio de almacenamiento transitorio de las fracciones clasificadas, el sitio de compostaje y el sitio de maduración.
- De contar con una construcción existente, ésta deberá tener mínimamente paredes laterales, ventilación y techo, sin necesidad de especificaciones ni pretensiones en cuanto a los materiales.

c) *Combinación de las dos anteriores:*

Es posible que algunos procesos se realicen en la Planta de Recuperación y otros en un terreno o construcción disponible en el ejido urbano. Por ejemplo, la clasificación, separación y triturado podrían realizarse en la Planta ya que requieren compartir la infraestructura, mientras que el compostaje y maduración podría realizarse en otro sitio para no ocupar grandes superficies en la Planta.

Para todos los casos, en el ítem 5. *Requerimiento de superficies* se especifican los requerimientos de superficie para cada proceso de la alternativa de compostaje que se deberán tener en cuenta en el diseño del sitio de emplazamiento seleccionado.

2. DESCRIPCIÓN DE ETAPAS Y PROCESOS

Se describen las etapas que contempla esta alternativa, los procesos involucrados así como las variantes operativamente factibles, detallándose las especificaciones técnicas y criterios o recomendaciones a tener en cuenta para su diseño final e implementación.

En el Diagrama de Flujo N°3 al final del ítem se representan esquemáticamente las etapas y procesos propuestos para esta alternativa.

2.1. Clasificación y Separación

Consiste en la segregación manual de la fracción potencialmente compostable separándola del resto de las fracciones recuperables y rechazos siguiendo la misma metodología empleada en los muestreos, ya descrita en detalle en el Informe N°1 y en el Capítulo 5.1.1. *Metodología del muestreo* del presente informe.

La combinación posible de variantes a implementar incluye dos aspectos a considerar:

- a) Momento del ciclo de gestión en que se lleve a cabo la separación (en las fuentes o centralizado al final del ciclo o combinación de ellas).
- b) Categorías de residuos comprendidas y recomendables para la fracción potencialmente compostable.

En cuanto al primer aspecto y para este caso, se plantea como recomendables una alternativa principal (a1) y variantes complementarias de la primera (a2, a3 y a4):

- a1) *Clasificación y separación en la Planta de Recuperación Conjunta*: contempla la clasificación y separación de las distintas fracciones recuperables de la totalidad de los residuos provenientes del servicio integral de recolección municipal centralizada en una planta de recuperación, preferentemente, en el mismo sitio del relleno sanitario o próximo a él.
- a2) *Separación en los grandes generadores*: se refiere a la separación en origen en los comedores comunitarios (escolar y PRANI) u otras fuentes de gran producción de desechos orgánicos. De hecho, según las entrevistas realizadas, actualmente se lleva a cabo por lo que sería sencillo de implementar teniendo en cuenta ciertas recomendaciones.
- a3) *Separación voluntaria en los hogares*: contempla la posibilidad de que los hogares que quieran participar voluntariamente en la clasificación y separación de la fracción orgánica puedan hacerlo facilitando la tarea posterior en la Planta de Recuperación.
- a4) *Separación voluntaria en comercios y medianos generadores*: es el mismo caso que el anterior pero considerando verdulerías, hosterías, comedores, pensiones, etc., entre las fuentes de generación.

Las 3 últimas variantes requieren por parte de la municipalidad la provisión de contenedores adecuados en la fuente o en la vía pública y el compromiso de una recolección parcialmente diferenciada (ver ítem 8.3. *Recolección*).

Se descarta la clasificación y separación en los hogares como alternativa única o primaria. Esta opción no se estima conveniente de implementar dados los hábitos y las necesidades individuales de la población que acostumbran reciclar en sus hogares estos residuos para consumo interno, hábito que se considera muy importante de respetar por el arraigo que tiene entre la población. Aún así, se contempla la concientización, capacitación y recomendaciones a la comunidad para evitar riesgos a la salud y para un mejor aprovechamiento de un compost casero.

En cuanto a las Categorías de residuos (b) destinadas a compostaje se considerarán:

- b1) *Residuos de comida y cocina*: residuos de la manipulación, preparación, cocción y consumo de alimentos provenientes de hogares, comedores, hospedajes, comercios, etc. excepto los que se reciclen en los propios hogares.

Dentro de esta categoría se deben evitar: huesos medianos y grandes, grasa, aceites,

- b2) *Restos vegetales*: hojas, restos de huertas y jardines.
- b3) *Excretas de animales*: estiércol de animales de granja (gallinas, ovejas, llamas, vicuñas) y domésticos. Su presencia es muy común entre los residuos domiciliarios de la Villa (según los muestreos realizados) puesto que muchos hogares poseen animales de cría. Su presencia entre los residuos es muy beneficiosa porque equilibra las relaciones de nutrientes para una mejor descomposición de los residuos siendo necesario muchas veces adicionarlo. No obstante, también acarrea un significativo riesgo sanitario por la

transmisión de microorganismos patógenos. Se recomienda que cuando se tenga conocimiento de que los animales padecen alguna enfermedad, separar sus heces del resto de los residuos orgánicos.

- b4) *Papel y cartón*: en principio se pueden compostar periódicos, papel de oficina, papel de fax, papel mezclado, revistas, cajas de cartón, envoltorios, etc. siempre y cuando no estén plastificados ni contengan mucha tinta. Otra limitante es que requiere una reducción del tamaño por trituración manual o con un molino triturador. Se considera que serán destinados a compostaje un 20% de lo generado de esta fracción porque se dará prioridad a su recuperación y aprovechamiento con fines educativos mientras que otra fracción irá al relleno sanitario como rechazo por su imposibilidad de recuperación.
- b5) *Cenizas*: siempre y cuando provenga de la combustión de madera para evitar la presencia de contaminantes que inhiben los procesos biológicos (metales pesados).
- b6) *Tierra*: provenientes del barrido en los hogares y vía pública.

Aunque estas dos últimas categorías (b5 y b6) corresponden a la fracción inorgánica de los RSU y no constituyen materia compostable, sí son un muy buen complemento de mezcla, ya sea al inicio o al final del proceso, especialmente las cenizas puesto que aportan minerales que favorecen tanto el proceso de compostaje como la calidad fertilizante del producto final.

En este caso, aunque también es de origen orgánico, se excluye la madera de la fracción a compostar puesto que no es recomendable utilizarlo para la elaboración manual de compost a menos que se encuentre en estado de viruta fina o casi polvo para lo cual se requiere un equipamiento específico y costoso (trituradora o molienda fina) que no justifica su uso posterior. En el capítulo *Técnica 3: Recuperación de Materiales* se describen otras posibilidades de aprovechamiento de la madera.

Pasos a seguir en la etapa de clasificación y separación:

- Descarga de la totalidad de residuos recolectados en el playón de descarga.
- Se colocan por montículos en la mesa de clasificación cubierta con lona resistente y lavable.
- Se separan manualmente los materiales compostables sin diferenciar entre sí (fracciones b1, b2 y b3 y papeles o cartones pequeños) en contenedores o directamente en carretillas.
- Si de la clasificación queda una fracción remanente de tierra y cenizas colocar en un contenedor diferenciado del anterior.
- Ambas fracciones son retiradas en carretillas y depositadas en los boxes o compartimentos correspondientes destinados a su acopio transitorio.
- Las fracciones compostables preclasificadas en las fuentes con recolección diferencial se descargan directamente en los boxes o compartimentos destinados a su almacenamiento transitorio.

2.2. Acondicionamiento

Comprende los procesos de pretratamiento necesarios para acondicionar los residuos para el proceso de compostaje propiamente dicho.

- a) Cribado o tamizado grueso: consiste en el tamizado manual de los residuos a través de una malla gruesa (5 cm) de manera de retener las partículas grandes que requieren trituración y material mal clasificado que deberá ser descartado como rechazo.
- b) Molienda o Trituración: consiste en la reducción del tamaño de los residuos compostables ya clasificados que quedaron retenidos en el tamiz mediante un molino triturador de manera de obtener un tamaño de partícula más o menos uniforme favoreciendo la velocidad de reacción del proceso de fermentación y asegurando una aireación adecuada en toda la masa de residuos. El tamaño de partícula óptimo para compostaje oscila entre **2 y 5 cm**.
- c) Homogeneización: consiste en la mezcla manual (con pala ancha y rastrillo) de todos los residuos a compostar en el recinto de compostaje aerobio, excepto la tierra y cenizas.
- d) Ajuste de propiedades: consiste en el control y ajuste de los principales parámetros o factores ambientales que controlan los procesos de conversión biológica durante el proceso de digestión aeróbica (compostaje propiamente dicho). Las variables más importantes son: humedad, temperatura, relación carbono/nitrógeno, pH cuyas especificaciones se detallan más adelante en el ítem 2.6.1. *Factores de control de proceso*.

2.3. Compostaje

Es la etapa de transformación biológica aeróbica de los residuos orgánicos. De acuerdo a los procesos específicos que se suceden comprende dos fases:

- **Descomposición o Digestión:**

Constituye la fase activa en la cual los residuos compostables, clasificados y acondicionados, son depositados en la compostera propiamente dicha para su digestión microbiológica en un proceso de fermentación aeróbica. En este proceso se consume mucho oxígeno y se libera energía en forma de calor por lo que la temperatura del compost asciende en forma característica hasta 50 a 70°C. En general, tiene una duración de 3 a 6 meses.

- **Maduración o Estabilización:**

Es la fase en la cual el compost digerido alcanza la maduración o estabilización necesaria para obtener un producto de calidad que no genere olores. En esta fase la temperatura desciende con respecto a la anterior y se mantiene constante. Su duración depende del desarrollo de la etapa anterior pero, en general, entre las dos fases se requiere en total menos de 9 meses.

Durante el desarrollo de estas dos fases se produce una disminución tanto de masa como de volumen de los residuos por compactación y por descomposición del sustrato. Al final del proceso de compostaje el volumen inicial se habrá reducido en un 40 a 60%.

2.3.1. Descomposición o Digestión

Aunque existe gran diversidad de alternativas para llevar a cabo este proceso, dadas las características locales, en especial de clima, recursos y cantidad de residuos generados, se propone para la Villa la aplicación de un diseño de compostera con las siguientes características:

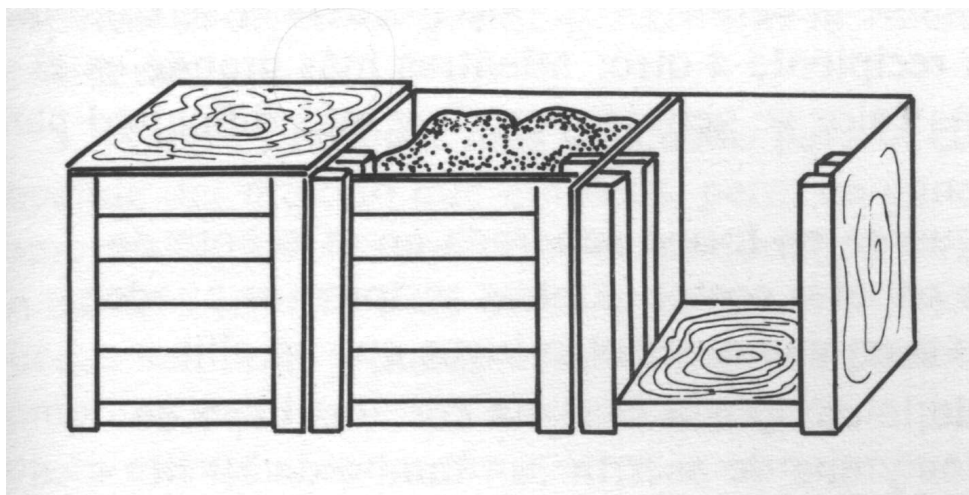
- Sistema aeróbico lento: es decir, con aireación natural solamente favorecida con volteos o mezcla periódica y con la incorporación de lombrices.
- Sistema manual: es decir, sin mecanización ni equipamiento específico para el manejo de los residuos (carga y descarga, volteo o mezcla, etc.).
- Preferentemente, que no se encuentre a la intemperie sino en el interior de un galpón, tinglado o invernadero.
- Contenida en un recinto con paredes de manera de optimizar superficies requeridas y favorecer el aislamiento para un mejor control de las variables de proceso, principalmente la temperatura.
- De fácil construcción, con materiales disponibles en la zona y que favorezcan el aislamiento con respecto a las bajas temperaturas (madera curada, adobe, etc.).
- De fácil operación, en especial el volteo o mezcla.
- Una variante de proceso opcional es la incorporación de lombrices (lombricultivo) en ambas fases del compostaje con las siguientes ventajas:
 - ✓ Producen un efecto de volteo o mezcla adicional con lo cual favorecen la aireación de la masa de residuos
 - ✓ Aceleran el tiempo de descomposición y maduración, y por ende, reducen los requerimientos de superficie.
 - ✓ Producen un enriquecimiento del producto con sus excretas.
 - ✓ Sin costo si se utilizan las especies de lombrices adaptadas al lugar.

De acuerdo a las premisas anteriores la compostera propuesta consiste en boxes o recintos de 2m de ancho x 2m de largo x 1,5m de alto cada uno dispuestos uno al lado del otro (compartiendo un lateral) en hileras (1 o más en serie según la cantidad total de recintos necesarios). Se pueden construir de madera curada, ladrillo, adobe, piedra del lugar o cemento. La parte frontal debe ser desmontable y en el resto de los lados debe haber orificios para la ventilación (ver Esquema N° 8.1). La parte superior se tapará al final de cada operación con cartones corrugados, madera, plástico (en lo posible negro). Pueden estar apoyados directamente sobre el suelo que siempre será plano y sin irregularidades.

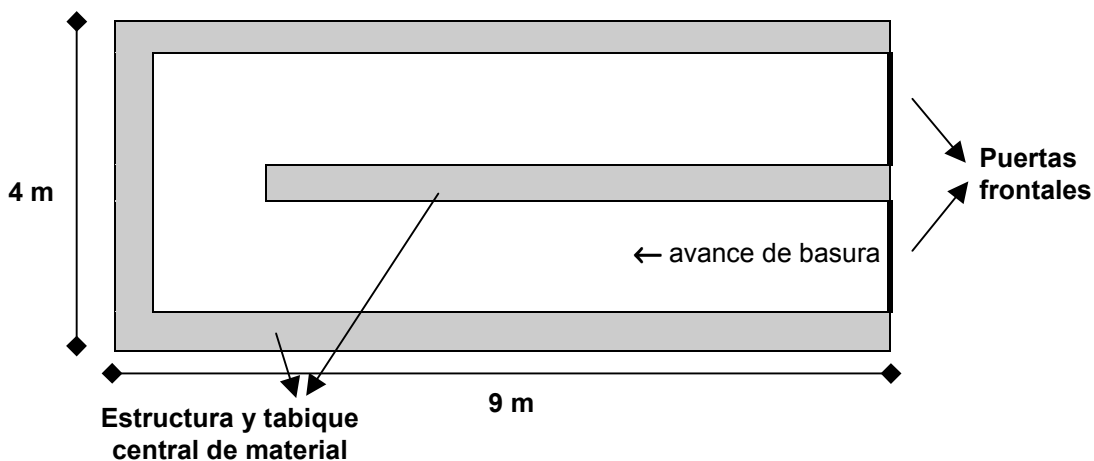
2.3.2. Maduración o Estabilización

El recinto de maduración propuesto consiste en un túnel recto o en herradura (ver Esquema N° 8.2) de no más de 1,5 m de altura, 2 m de ancho y aproximadamente 17 m de longitud total (si es en herradura será la mitad de largo), construido, al igual que la compostera, de madera curada, ladrillo, adobe, piedra del lugar o cemento. Las paredes laterales también deben tener orificios para la ventilación. Posee en ambos extremos tapas frontales desmontables o compuertas (de madera, chapa u otro) para acceder a retirar el compost maduro y para limpieza, si es necesario. Si se ubica en el exterior, debe llevar un recubrimiento para protección de fuertes vientos, bajas temperaturas, lluvias y vectores, el cual puede ser de madera, cartones, plástico, chapa, etc.

ESQUEMA N°8.1.: COMPOSTERA



ESQUEMA N°8.2: RECINTO DE MADURACIÓN (Vista en planta)



Pasos a seguir en la etapa de compostaje:*a) Digestión:*

- Llenado de los recintos:
 - En el primer recinto de compostaje se distribuye una capa de aserrín, restos vegetales o paja y se inoculan las lombrices recolectadas del lugar.
 - Sobre ella se descargan, mediante carretilla y pala, los residuos a compostar ya acondicionados provenientes del recinto de almacenamiento transitorio o directamente del sitio de clasificación.
 - Se distribuyen en forma pareja en toda la superficie mediante pala y rastrillo tratando de no apisonarlos de manera de evitar su compactación.
 - Al final de la operación diaria se humedecen los residuos mediante riego con manguera de la superficie en forma de fina lluvia. Se debe evitar el riego excesivo de manera de no compactar los residuos, producir condiciones anaeróbicas y evitar la formación de lixiviados.
 - Por último, se cubre la superficie con una fina capa de cenizas y tierra (no más de 3 cm de espesor).
 - En el caso de que no sea posible separar la fracción de tierra y cenizas del resto de la fracción compostable, se puede cubrir la superficie con hojas u otro material vegetal que pueda ser incorporado al compost o con cartones enteros o plástico a fin de conservar la temperatura y evitar olores.
 - Por último, se coloca la tapa frontal.
 - Se llena el primer recinto con las sucesivas recolecciones hasta completar su capacidad (aproximadamente cubrirá el volumen de 3 recolecciones sucesivas si la frecuencia es cada 3 días).
 - Cuando se colmó el primer recinto se comienza a llenar el tercero, es decir, se deja libre el recinto lindante al primero para realizar el volteo, repitiendo las mismas operaciones detalladas para el llenado del primer recinto.
 - Se sigue sucesivamente el llenado de todos los recintos en forma alterna (dejando uno libre entre medio) hasta su completamiento total.
- Aireación por volteo:
 - Una vez por semana (cada 2 recolecciones) y máximo cada 10 días (cada 3 recolecciones) se debe realizar el volteo o mezcla de los residuos que se están compostando, operación fundamental para favorecer la aireación en toda la masa de residuos y, por lo tanto, acelerar el proceso de digestión.
 - El volteo se realiza pasando con pala toda la materia en descomposición de los recintos que se están llenando al recinto vacío que se encuentra al lado, trabajando de a pares.

- Se debe procurar que la parte superior y de los laterales de la masa de residuos del primer recinto pasen al centro del segundo de manera de asegurar una descomposición uniforme.
- Esta operación se repite en cada par de recintos hasta que se cumplan como mínimo 3 meses de digestión o hasta que la temperatura se mantenga baja y constante.
- Si al realizar el volteo se nota que la temperatura vuelve a ascender, esto indica que la digestión no ha concluido y se debe seguir repitiendo la operación.

a) Maduración:

- Se coloca la tapa frontal de uno de los extremos del túnel de maduración.
- Cuando los residuos del primer recinto de compostaje hayan completado la digestión, se transporta el compost hasta el recinto de maduración y se descarga sobre el extremo en el cual se ha colocado la tapa frontal.
- Sucesivamente, se va volcando el compost digerido de cada recinto de compostaje desde ese mismo extremo y avanzando en un frente hacia el interior del túnel, de modo que el compost nuevo (no estabilizado) queda cada vez más alejado del extremo desde donde se comenzó a llenar (ver Esquema N°8.2).
- Una vez cumplido el tiempo de maduración (mínimo 3 meses) de la primer fracción depositada (que se encuentra sobre el extremo donde se inició la operación) se quita la tapa frontal de ese extremo y se va retirando el compost ya estabilizado según las necesidades.

2.4. Acondicionamiento final

Las operaciones en esta etapa serán opcionales dependiendo del objetivo de aplicación del producto obtenido. Pueden incluir:

2.4.1. Tamizado

Consiste en el tamizado manual de los residuos a través de una malla mediana (entre 1,5 a 2 cm) de manera de retener y separar impurezas (trozos de material no compostable mal clasificado), las cuales deberán ser descartadas como rechazo, y las partículas grandes de material compostable no digeridas suficientemente (carozos, madera, huesos, etc.). Para esta operación se puede usar un tamiz del tipo de los utilizados en construcción con marco de madera y malla de alambre tejido.

2.4.2. Fraccionamiento y envasado

Si se va a realizar una distribución del material obtenido a particulares (con comercialización o no) o a instituciones (escuela, comedores) para su uso individual, el producto deberá ser fraccionado y envasado en la modalidad que se ajuste a las necesidades. Para esta operación se utilizará la balanza mecánica adquirida en el marco de

este proyecto para la realización de los muestreos. Los envases podrán ser de cualquier material resistente al peso fraccionado: bolsas de plástico recicladas, baldes o tambores plásticos o de metal, cajas de cartón resistente, cajones de madera, etc.

Si su destino es la utilización directa en una huerta comunitaria, forestaciones, parquizaciones o en la recuperación de suelos sólo se requiere su acopio a granel y su transporte al lugar de aplicación.

2.5. Aplicación y distribución

2.5.1. Identificación del producto obtenido y aplicaciones

Para definir los objetivos de uso del producto obtenido es necesario conocer las características del compost y las propiedades que de ellas derivan. En su composición media, un compost obtenido a partir de residuos domiciliarios constituye un material neutro, con elevada conductividad eléctrica, humedad ligeramente inferior al 50% y un contenido en materia orgánica cercano al 50%. El nitrógeno (N) orgánico casi alcanza el 1%, siendo más rico en fosfatos (P_2O_5) y bastante pobre en potasio (K_2O). Los niveles de calcio (Ca) son elevados y hay cantidades perceptibles de magnesio (Mg) y sodio (Na). En cuanto a metales, en general presenta altos contenidos de hierro (Fe) y cinc (Zn) y, en este caso, se estima que la presencia de elementos potencialmente tóxicos, como los metales pesados, serán despreciables.

De todas maneras, las características del compost son variables dependiendo del tipo de residuos compostados y el tratamiento a que hayan sido sometidos. Por este motivo, se recomienda la realización de ensayos de caracterización del compost obtenido por lo menos al finalizar el primer período de producción y, si es posible, repetirlos en forma periódica. Pueden llevarse a cabo a través convenios en laboratorios disponibles en la universidad o instituciones estatales provinciales.

Aunque son muy diversos los posibles usos del compost de residuos sólidos, su valor agronómico es el que define el objetivo de su uso principal. Este valor agrícola, que reside en la composición de la materia orgánica e inorgánica que contienen y en las propiedades que de ellas se derivan, puede resumirse en tres variantes principales de aplicación las que son complementarias entre sí:

- a) *abono o fertilizante*: consiste en poner nutrientes a disposición de los cultivos.
- b) *enmienda orgánica o húmica*: consiste en aumentar el nivel de humus en el suelo
- c) *sustrato de cultivo*: se utiliza como soporte total o parcial de los cultivos

Estas aplicaciones tienen las siguientes ventajas:

- Mejoran la estructura y textura del suelo
- Incrementa la capacidad de retención del agua
- Incrementa la capacidad de intercambio catiónico
- Posee un contenido promedio de hasta un 40% de materia orgánica aprovechable.
- Aporta macro y micronutrientes para el desarrollo vegetal.

- Produce una mineralización paulatina de los suelos.

- *El compost de RSU como abono o fertilizante:*

El compost de residuos sólidos por sí solo no puede considerarse fertilizante orgánico puesto que no alcanza el contenido de nitrógeno ni el de macronutrientes totales (N + P + K) y supera el 35% de humedad, de acuerdo con las especificaciones establecidas para esta categoría. Deben considerarse abonos orgánicos de baja graduación, con un carga importante de nitrógeno de lenta mineralización que pasará a disposición de las plantas a lo largo de varios años sucesivos constituyendo una reserva. La carga de fósforo y potasio no absorbidos por el cultivo se integrará en la dinámica general de reserva, inmovilización, lavado, etc., del suelo.

Además de los 3 macronutrientes principales (N, P y K), la presencia de niveles importantes de micronutrientes es otra fuente de valor fertilizante. Las propiedades quelantes de la materia orgánica favorece la disponibilidad de estos micronutrientes para las plantas.

- *El compost de RSU como enmienda húmica:*

En suelos naturalmente pobres y en los sistemas de cultivo, se produce una progresiva disminución del nivel de humus del suelo por agotamiento. Esta pérdida conlleva diversos problemas, como erosión acelerada, deterioro de las propiedades físicas, fisico-químicas, químicas y biológicas del suelo y una pérdida genérica de fertilidad en sentido amplio.

Para contrarrestar esta pérdida o para aumentar el nivel de humus existente, es necesario la incorporación de humus. El material utilizado tradicionalmente para las enmiendas húmicas, es el estiércol y como materiales alternativos o complementarios pueden utilizarse cualquier tipo de residuo orgánico con valor humígeno, como el compost de RSU. Se estima que el coeficiente de humificación del compost de RSU es de 0,25 (Soltner, 1990).

- *El compost de RSU como sustrato de cultivo*

Aunque los compost de RSU no cumplen con las características recomendables para los sustitutos de la turba, o en general para los sustratos hortícolas, su utilización como ingrediente parcial de mezclas es posible e interesante desde la óptica medioambiental.

Las características que condicionan su uso como sustrato de cultivo dependen, en gran medida, del origen y composición de los residuos, grado de madurez del compost y otros procesos (trituration, tamizado):

- Presencia de componentes potencialmente tóxicos, aunque en este caso es poco probable.
- Presencia de patógenos, humanos, animales y vegetales.
- Pueden inmovilizar el nitrógeno.

- Conductividad eléctrica muy elevada
- Pueden tener muy baja retención de agua, es decir, AFD (agua fácilmente disponible) muy limitante.
- Densidad aparente algo elevada
- Posible presencia de materiales indeseables (impurezas de vidrio, plástico, metal)

Para mejorar la calidad del compost de RSU como sustrato de cultivo es necesario mezclarlo con otros materiales ricos en carbono ya sea durante el proceso de compostado o posteriormente en la mezcla final. Estos materiales de mezcla pueden ser: turba, cortezas, residuos de poda, paja, restos de cosecha, restos vegetales, etc. Es por esto que entre las fracciones compostables a considerar se ha incluido la mezcla con hojas, restos vegetales, papel, etc.

2.5.2. Variantes de uso del compost

El valor fertilizante y húmico de los RSU, resumido en las tres principales propiedades descritas, puede aplicarse a distintos usos posibles:

- Uso agronómico, es decir, la aplicación a cultivos extensivos (pasturas) e intensivos (hortalizas).
- Jardinería, tanto en espacios verdes públicos (plazas y parques) como en los hogares.
- Restauración de suelos degradados por erosión y agotamiento.
- Recuperación de suelos degradados por distintas actividades, como construcción de infraestructuras viales, hidráulicas, etc., extracciones de áridos, minería, canteras, etc.
- Aplicación a superficies forestales no naturales, planes de reforestación de superficies quemadas o de tierras de cultivo abandonadas, campos de pasturas y praderas.

Las dos alternativas de uso que se consideran más adecuadas y beneficiosas para la comunidad antofagasteña son:

▪ *Aplicación en una huerta comunitaria:*

Es la alternativa que ha tenido mayor aceptación, en base a las encuestas y entrevistas con distintos actores sociales. Podría implementarse en la escuela o en cualquier predio que disponga la municipalidad, sin dejar de lado el incentivo a la población y su capacitación para una correcta realización de huertas domiciliarias.

Su demanda para este uso está ampliamente justificada en la necesidad de contar con un mejorador de suelos y sustrato de cultivos dada la pobre aptitud de los suelos, el hábito fuertemente arraigado de realizar huertas en los hogares y, principalmente, en el beneficio económico que significaría el autoabastecerse de productos frescos locales en vez de importarlos de otras ciudades como lo es actualmente.

Sin embargo, este uso tiene una fuerte limitante puesto que implica riesgos sanitarios para la población por transmisión de organismos patógenos a través de la ingesta directa de alimentos contaminados a través del compost. Para su prevención, es

necesario un control periódico de la calidad microbiológica del compost producido. La bibliografía es muy abundante en cuanto a los organismos patógenos de mayor repercusión en salud pública que pueden encontrarse en el compost, como controlarlos y dosis de aplicación según las especies vegetales cultivadas.

Para la realización de la huerta se sugiere solicitar asesoramiento a personal del plan ProHuerta (INTA) o similares en Extensión Rural del Ministerio de la Producción de la Provincia de Catamarca, para el desarrollo de prácticas adaptadas a las limitaciones climáticas locales y a su fuerte estacionalidad que condiciona el desarrollo de algunas especies poco adaptadas y para prevenir el riesgo sanitario mencionado.

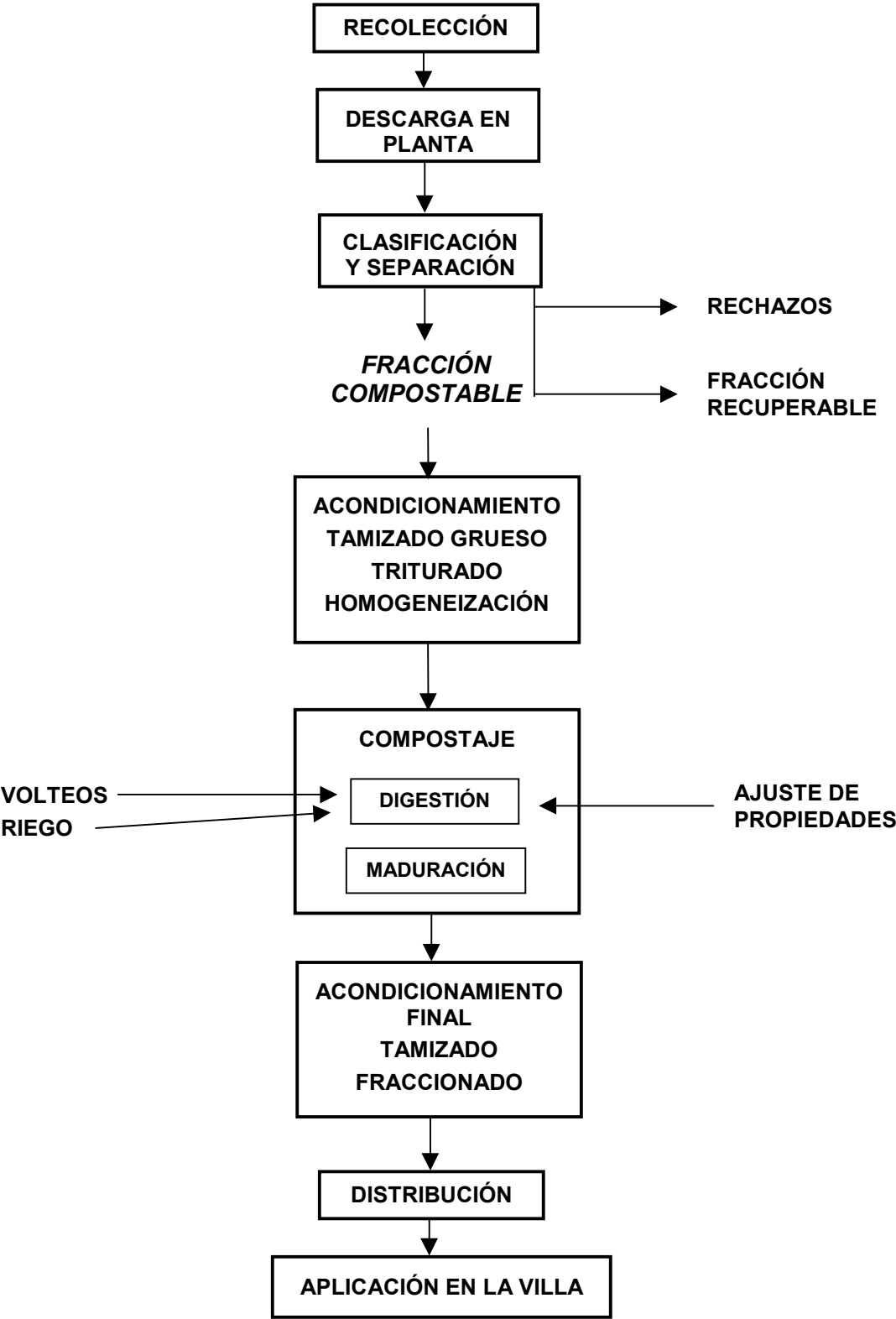
▪ *Aplicación en vivero municipal:*

Los objetivos de la realización de un vivero municipal con producción de especies arbóreas de crecimiento rápido y adaptadas al lugar, pueden ser:

- Ejecución de un plan de forestación de la Villa con fines paisajísticos y de protección contra el clima, incluyendo las vías públicas, plaza, predios deportivos y recreativos, etc.
- Conformación de barreras visuales y contra el viento para los predios destinados a la gestión de los residuos (relleno sanitario, planta de recuperación, etc.) o de otras actividades con impacto visual.
- Explotación de la madera como fuente de combustión, puesto que gran parte de la población lo utiliza para calefacción y cocina.

Esta alternativa tiene la ventaja de que no implica riesgo sanitario por presencia de organismos patógenos y no requiere una exigente calidad del compost producido lo que significa menos inconvenientes y costos derivados de la necesidad de controles periódicos.

DIAGRAMA DE FLUJO N°3: Etapas y Procesos del Compostaje



2.6. Control de Proceso

2.6.1. Factores de control de proceso

Se refiere a aquellas variables fundamentales que definen el correcto desarrollo de los procesos biológicos en la producción del compost y que requieren un seguimiento o monitoreo periódico. Para su medición sistemática y a los fines de poder comparar con datos de referencia, se pueden adoptar técnicas estandarizadas publicadas como las que se presentan en el Manual *SEDUE – MÉXICO: Especificaciones técnicas para la elaboración de proyectos ejecutivos de manejo y disposición final de residuos sólidos municipales* citado en la Bibliografía.

- a) Humedad: el rango óptimo varía entre **40 y 60%**. Dadas las condiciones climáticas del lugar se estima que los residuos de la Villa poseen un bajo contenido de humedad por lo que es necesario el ajuste de esta variable. Se lleva a cabo mediante el regado manual con manguera de los residuos a medida que se realiza la homogeneización. No requiere agua de calidad para consumo.

La técnica de medición del contenido de humedad es muy sencilla y se basa en la diferencia de peso entre una muestra húmeda y una muestra secada a estufa (en este caso se puede realizar en un horno de barro).

- b) Temperatura: varía desde **15-20°C** al inicio del proceso de digestión hasta **55-70°C** en el período de mayor actividad biológica durante el compostaje. La variación de la temperatura a lo largo del proceso (perfil de temperatura) es el indicador más importante para controlar el buen desarrollo del mismo, el control de vectores y el estado de maduración del compost. En este sentido, las temperaturas inferiores al óptimo son más perjudiciales que las superiores sobre los procesos biológicos involucrados porque no permiten el desarrollo adecuado de los microorganismos descomponedores.

Dadas las bajas temperaturas características en la zona, aún en verano, es necesario prever mecanismos de aislamiento de la compostera a fin de evitar que las temperaturas desciendan por debajo del óptimo. Por ejemplo: utilizar material aislante (cartón corrugado, madera, etc.) en las paredes externas de la compostera, cubrir la superficie con plástico negro de alta densidad, etc. La corrección de la temperatura se logra con una óptima aireación de los residuos en digestión, es decir, respetando la frecuencia establecida para la realización de los volteos.

Su medición es también muy sencilla y se realiza mediante un geotermómetro.

- c) PH: el rango de pH puede variar entre 4,5 y 9 siendo el óptimo entre **6,5 y 7,5**. Al igual que la temperatura, define la presencia o ausencia y la secuencia de aparición de los microorganismos descomponedores siendo un indicador del desarrollo de las operaciones. El ajuste se puede realizar con el agregado de cal en forma de carbonato de cal, cenizas o cal viva.

- d) Contenido de nutrientes: se mide mediante la relación C/N, es decir, la relación que existe entre el contenido de carbono y nitrógeno. El óptimo es una **relación C/N menor de 30**. Depende de la proporción de material putrescible (restos de comida), restos vegetales y estiércol que tenga el material a compostar. La medición de esta variable, aunque es simple y poco costosa, requiere un análisis de laboratorio por lo que es opcional dependiendo de las posibilidades de realizarlo en forma más o menos periódica. Se podría llevar a cabo mediante convenios con laboratorios de la Universidad de Catamarca o de organismos oficiales provinciales.

2.6.2. Limitantes y condicionantes

Se refiere tanto a los factores que dificultan o interfieren negativamente el buen desarrollo del proceso de compostaje así como los factores que condicionan el uso del producto obtenido existiendo estrecha relación entre ambos:

- a) Condiciones climáticas desfavorables: las variables climáticas extremas típicas de la zona, como escasa humedad ambiente, precipitaciones torrenciales, fuertes vientos, bajas temperaturas, amplitud térmica diaria y estacional, son fuertes limitantes para el buen desarrollo de los procesos biológicos de producción de compost. En un sistema mecanizado estas variables son fácilmente controlables con técnicas sofisticadas y costosas. En este caso en que se implementará un sistema sencillo y manual, para poder obtener resultados favorables, es imprescindible controlar cuidadosamente estas variables mediante alternativas que eviten la exposición a esas condiciones climáticas desfavorables (como no realizar ninguna operación a la intemperie) y técnicas sencillas de control de la temperatura y humedad que reduzcan la evaporación y mantengan una temperatura óptima para los procesos de degradación biológica (recintos contenidos y tapados con material aislante, volteos periódicos, etc.).
- b) Presencia de olores: en situación normal de operación no deberían existir malos olores. La presencia de olores es indicador de que el proceso de digestión no se está desarrollando en forma adecuada, principalmente debido a bajo contenido de oxígeno desarrollándose el proceso en condiciones de fermentación anaeróbica. Esto puede deberse a:
- Deficiente aireación por excesivo riego de los residuos o insuficiente frecuencia de volteos o que no se realiza en forma homogénea en toda la masa de residuos.
 - Muy bajas temperaturas externas que impiden el desarrollo correcto de la digestión.
- Su control se logra indirectamente mediante el correcto control de las variables antes mencionadas, principalmente temperatura y humedad, y respetando estrictamente la frecuencia de volteos.
- c) Posible presencia de microorganismos patógenos: como ya se mencionó, en este caso es el principal condicionante para la aplicación de compost en cultivos de ingesta directa. Su control es estrictamente biológico y se lleva a cabo naturalmente a través del buen

desarrollo del proceso de digestión, estando directamente relacionado con el control de la temperatura durante el proceso de digestión de los residuos ya que se requiere que en este período la temperatura alcance por lo menos los 60°C durante algunos días para asegurarse la destrucción de los organismos y huevos más resistentes. Nunca se debe aplicar ningún biocida para su control.

- d) Posible presencia de sustancias tóxicas (metales): ya se mencionó anteriormente que esta limitante no es significativa en el caso de la Villa puesto que la posibilidad de que la fracción compostable contenga sustancias tóxicas es despreciable. Sin embargo, se recomienda poner esfuerzos en no mezclar esta fracción con residuos peligrosos (medicamentos, pinturas, pilas, baterías, residuos industriales, etc.).
- e) Variabilidad en la composición del compost obtenido: esto es inevitable en la medida en que no se extremen las medidas de control de las variables de proceso lo cual requiere más tiempo y costos. En este caso, esta limitante no es significativa puesto que la comercialización no es el objetivo de la producción del compost.
- f) Tiempo prolongado para obtener el producto maduro: tampoco es significativo puesto que la disponibilidad de espacio no es limitante y no hay necesidad de satisfacer un mercado a corto plazo.

3. CRITERIOS DE DIMENSIONAMIENTO

En el Capítulo 5. *Diagnóstico de la gestión actual de los RSU* se presentaron los resultados cuanti y cualitativos acerca de la generación del total de los residuos. En el presente capítulo se indican específicamente las categorías de residuos que serán consideradas dentro de la fracción compostable y la síntesis de los datos de generación de cada una de ellas utilizados como criterios de dimensionamiento para el diseño del proyecto.

3.1. Identificación de la fracción compostable:

De la fracción potencialmente compostable se considerarán las categorías y cantidades totales que a continuación se especifican, las cuales representan el Factor de Recuperación. Los tipos de residuos que incluye cada categoría se detallan en el ítem 1.3.1. *Clasificación y Separación*.

- *Residuos de comida y cocina*: **100%** del total generado y recolectado (se excluye lo que se recicla en los hogares).
- *Papel y cartón*: **20%** del total generado, puesto que parte será recuperado con fines educativos y culturales y parte no servirá para compostar por sus características (plastificados y con mucha tinta).

- *Barrido y escombros*: **70%** del total generado correspondiente a la gran cantidad de hojas recolectadas en el período otoñal excluyendo, obviamente, a la fracción de escombros.
- *Tierra y cenizas*: **100%** del total generado y recolectado.

3.2. Síntesis de los datos de producción

TABLA N° 8.7: Producción de Residuos Compostables

CATEGORÍA	GENERACIÓN PROMEDIO					
	Generación per cápita		Generación Diaria		Generación anual	
	L/hab/día	kg/hab/día	m ³ /día	kg/día	m ³ /año	tn/año
Residuos de comida y cocina	0,17	0,16	0,13	118	48	43
Papel y cartón (1)	0,09	0,005	0,06	3,5	23	1,3
Barrido (2)	0,73	0,27	0,55	203	199	74
Tierra y Cenizas	0,32	0,39	0,24	290	87	106
TOTAL FRACCIÓN COMPOSTABLE	1,31	0,83	0,98	614	357	224

(1) : Factor de recuperación = 20% de la generación total calculada

(2) : Factor de recuperación = 70% de la generación total calculada

Aunque los valores utilizados fueron los promedios obtenidos de los muestreos realizados, éstos son mayores que el promedio anual ya que los mismos incluyeron los principales picos extraordinarios de generación (Feria de la Puna y otoño) por lo que resultan conservadores para el cálculo de los parámetros de diseño.

3.3. Proyecciones en la producción de residuos compostables y de Compost

En la proyección de los datos de producción de la fracción compostable se tuvieron en cuenta los siguientes criterios:

- ✓ Período de diseño: 10 años
- ✓ Los datos del Año 0 corresponden a los datos iniciales calculados a partir de los muestreos y resumidos en la TABLA N° 5.4
- ✓ Los datos desde el Año 1 (2001) al Año 10 (2010) corresponden a las proyecciones estimadas a partir de los siguientes factores:
 - Proyección de la población (según la metodología descripta en el Capítulo 4.1. *Población y Demografía*)
 - Aplicación de un factor de 1% de incremento en la generación de residuos por persona por año (Jaramillo, J., 1991) para las fracciones de residuos de comida y

cocina, papel y cartón y barrido. Este factor deberá ser ajustado con los datos reales de generación a registrar año a año.

- No fue aplicado el factor anterior a la categoría de tierra y cenizas puesto que la misma, en general, no se incluye dentro de los residuos domiciliarios, por lo tanto, no está considerada dentro de ese factor estandarizado. Además, se asume que se mantendrá sin grandes variaciones puesto que es de esperar un aumento en la calidad de vida de la población disminuyendo la existencia de pisos de tierra y la leña como combustible (principales fuentes de esta categoría).

En la TABLA N° 8.8 se presentan los datos proyectados de producción en volumen de residuos a compostar, por categorías y totales, año a año por el período de diseño del proyecto y en la TABLA N° 8.9 se presentan los datos proyectados de producción de compost en volumen y en peso durante el mismo período.

4. CONSTRUCCIONES Y ANEXOS

Los materiales y el método constructivo a adoptar para cualquiera de las construcciones necesarias serán los tradicionales para la zona de manera de economizar recursos, adecuarse a la disponibilidad de mano de obra local y respetar la identidad e integración al patrimonio cultural local.

Las construcciones y dependencias que serán compartidas con la alternativa de recuperación de inorgánicos se detallan en la *Técnica 3: Recuperación de Materiales*. Éstas son:

- Tinglado o galpón incluyendo:
 - Playón de descarga
 - Sitio de clasificación
 - Depósito para equipos y herramientas
 - Dependencias sanitarias y vestuarios
 - Administración
- Caminos de acceso y de circulación interna
- Cerco perimetral de seguridad
- Cerco perimetral vegetal

En caso de llevarse a cabo solamente la recuperación de orgánicos para la elaboración de compost, se tendrán en cuenta los requerimientos de superficies y dimensiones que se especifican para la alternativa de compostaje.

Específicamente para la Planta de Compostaje se requerirán:

- Compostera: (ver descripción en el ítem 2.3.1. *Descomposición o Digestión* y Esquema N° 8.1.). Dimensiones:

8 recintos de 2 m de ancho x 2 m de largo x 1,5 m de alto (6 m^3 c/u)

54 m^2 de paredes laterales de madera, adobe, ladrillo u hormigón.

24 m^2 de tapas o puertas frontales de madera o chapa

Capacidad total: **48 m^3** . Suficiente para una producción de compost digerido acumulado en 3 meses y considerando el 50% de reducción del volumen (aproximadamente **44 m^3**), luego pasa a la maduración.

Con un total de 10 recintos de compostaje (**60 m^3** de capacidad) se estarían cubriendo las necesidades hasta el fin del período de diseño (año 2010) puesto que para ese año se estima una producción de **52 m^3** de compost digerido acumulado en 3 meses (aplicando el 50% de reducción del volumen) (ver *Tabla N°8.9: Proyecciones en la producción de compost*).

Superficie ocupada: **32 a 40 m^2**

- Túnel de maduración (ver descripción en el ítem 2.3.2. *Maduración o Estabilización* y Esquema N° 8.2.). Dimensiones:

4m de ancho x 9 m de largo x 1,5 m de alto

43,5 m² de paredes laterales de madera, adobe, ladrillo u hormigón

6 m² de tapas o puertas frontales de madera o chapa

Capacidad total: **54** suficiente para almacenar el compost estabilizado durante casi 4 meses (**58 m³**)

Superficie ocupada: **36 m²**

▪ Boxes de almacenamiento transitorio

Se requerirán para almacenar transitoriamente las fracciones de tierra, hojas o cartones necesarios durante el proceso de compostaje o para almacenar el compost producido hasta su distribución o aplicación.

Dimensiones: 3 boxes de 1,5 m de ancho x 1,5 m de largo x 1,5 m de alto

4,5 m³ de capacidad c/u

Superficie ocupada: **6,75 m²**

▪ Horno de barro:

Construido con los materiales y las características de los hornos tradicionales del lugar. Será utilizado para la realización de ensayos de contenido de humedad del compost digerido y en maduración. Puede situarse fuera del tinglado en un semicubierto.

5. REQUERIMIENTO DE SUPERFICIES

Como ya se mencionó en el ítem anterior, se especificarán solamente las superficies cubiertas (dentro del galpón o tinglado) requeridas para la Planta de Compostaje:

– *Playón de descarga:* **36 m²** (6 x 6 m) para el vuelco de aproximadamente 8,5 m³ de residuos correspondientes a una recolección (generación de 3 días consecutivos).

– *Sitio de clasificación:* **35 m²** con capacidad para el trabajo cómodo de los clasificadores en una mesa o plataforma de clasificación de 3 m de largo x 1 m de ancho y superficie libre para áreas adicionales y circulación.

– *Sitio de compostaje:*

Sitio de acondicionamiento de fracción compostable (tamizado y molienda): **10 m²**

Recintos de compostaje: **32 a 40 m²**

Túnel de maduración: **36 m²**

Boxes de acopio o almacenamiento transitorio: **7 m²**

Superficie ocupada total: **93 m²**

Superficie total mínima requerida para compostaje (ocupada total + superficie libre para circulación y áreas adicionales) **150 m²** .

- *Dependencias sanitarias y vestuario:* **6 m²**

- *Depósito para equipos y herramientas:* **40 m²**

- *Administración:* **4 m²**

Por lo tanto, la superficie cubierta total mínima requerida para la Planta de Compostaje es de 200 m²

6. REQUERIMIENTO DE EQUIPAMIENTO E INSUMOS

6.1. Equipamiento y materiales

Se listan a continuación los equipos, herramientas y materiales necesarios para la operación de la Planta de Compostaje. Cabe aclarar que muchos de los elementos mencionados serán compartidos con las operaciones del relleno sanitario y la recuperación de inorgánicos.

- 1 acoplado rural
- 1 molino triturador (tipo rural)
- 4 Carretillas
- 4 palas anchas
- 4 rastrillos y trinchantes
- 1 zaranda manual de tamiz grueso (5 cm)
- 1 tamiz manual mediano (1,5 a 2 cm)
- 1 balanza mecánica de plataforma
- 1 geotermómetro
- 4 contenedores de clasificación y/o almacenamiento transitorio
- mangueras
- cartón corrugado o plástico negro resistente para tapar recintos de compostaje
- Envases para distribución del compost (opcional)
- Lona tipo tejido recubierto de 3 x 1 m (para cubrir la mesa de clasificación)
- Vestimenta y elementos de higiene y seguridad de los operarios: guantes anticortes, barbijos descartables, antiparras, gorros, camisa y pantalón de trabajo, delantal plástico, botas.
- Botiquín de primeros auxilios
- Elementos de limpieza general: detergente, cepillos, escobas, trapos, escurridor, etc.
- 1 generador de electricidad

6.2. Infraestructura Servicios Básicos

En general, se ha previsto atender los requerimientos de servicios con equipos o instalaciones autónomas, de manera de minimizar costos de tendido de redes. Sin embargo, es necesario un análisis de costos detallado para evaluar las distintas alternativas, dependiendo, entre otras cosas, del sitio seleccionado para la localización de la planta de compostaje.

Se necesitarán los siguientes servicios:

- Red de agua: se requiere para el rociado de los residuos durante el proceso de compostaje y para la limpieza e higiene del lugar y equipamiento. No necesariamente debe ser potable, excepto la de consumo e higiene de los operarios.
- Eliminación de excretas: mediante sistema individual de cámara séptica y pozo absorbente.
- Energía eléctrica: para el funcionamiento de equipos electromecánicos e iluminación externa e interna. Se recomienda un grupo electrógeno de baja potencia.
- Combustible: para el funcionamiento de la molienda o trituradora en el caso de que no sea eléctrica.

No es posible estimar en esta etapa del proyecto los consumos de cada servicio puesto que dependerá principalmente de los equipos, sus especificaciones técnicas y la carga de operación de los mismos.

7. REQUERIMIENTO DE MANO DE OBRA

El personal estará afectado a las siguientes tareas:

- Carga / descarga / transporte de residuos y compost
- Clasificación y separación
- Tamizado de residuos
- Molienda de residuos y/o trituración manual
- Llenado de recintos de compostaje
- Humectación de residuos
- Volteos o aireación de residuos en digestión
- Llenado de túnel de maduración
- Distribución de compost maduro
- Control y registro de variables de proceso (temperatura, humedad)
- Supervisión de las operaciones
- Limpieza de instalaciones, equipos y elementos de trabajo

Para la realización de estas tareas durante la operación se considera necesario la participación de **4 personas** en total (1 supervisor y 3 operarios). Sin embargo esto es variable puesto que tanto las tareas como el personal serán compartidos con las otras alternativas de gestión.

Además, cabe aclarar que la afectación del personal no será continua (diaria) sino alternada aunque de tiempo completo ya que habrá concentración de tareas el día de recolección y los próximos a él, siendo recomendable realizar las operaciones de compostaje en el menor tiempo posible a fin de evitar olores y riesgo sanitario.

En principio la mayor carga de trabajo será cada 3 días (coincidiendo con la frecuencia de recolección) con un refuerzo cada 10 días para la realización de los volteos. Irá incrementándose hasta el 3º o 4º mes a partir del cual se alcanzará la operación normal

(momento en que se incorpora la etapa de maduración del compost y los volteos llegan a su máximo de recintos) y los requerimientos de personal se estabilizarán en el máximo.

Durante la elaboración del proyecto ejecutivo se deberá realizar una exhaustiva planificación del cronograma de actividades, asignación de tareas y responsabilidades al personal y la afectación de horas/hombres para una coordinación más eficiente.

En este caso, puesto que uno de los objetivos primarios del proyecto es la generación de empleo, lo ideal será planificar actividades simultáneas y ocupar más personal en vez de alternar las tareas con menor requerimiento total de personal.