



Curso
**Gestión de Residuos
para Funcionarios
Municipales**

MÓDULO 4:
**ALTERNATIVAS DE FINANCIAMIENTO
NACIONALES Y REGIONALES**

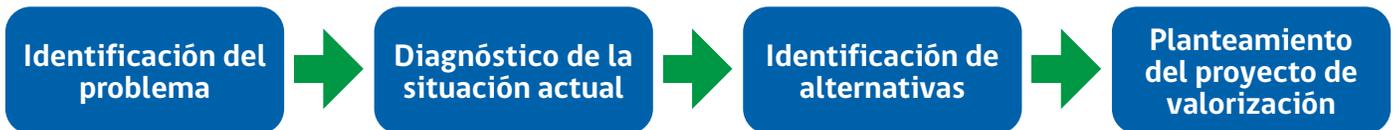
UNIDAD 2:
**METODOLOGÍAS DE FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN
DE PROYECTOS SOBRE RESIDUOS Y FONDOS**



1. INTRODUCCIÓN

En esta temática, se presentan los principales elementos de la metodología para la formulación y evaluación de proyectos de valorización del Ministerio de Desarrollo Social. Las secciones son complementadas con ejemplos correspondientes a un caso ficticio y simplificado. Éstos se van desarrollando de forma secuencial, por lo que se recomienda revisarlos ordenadamente de acuerdo a la misma estructura que la metodología propone.

Las secciones son las siguientes:



2. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA Y DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL.

2.1. Identificación del problema.

Previo al desarrollo del proyecto, debe identificarse el problema que da origen a éste, formulándose como un estado negativo que afecta a una determinada población, y no como la falta de una solución. El foco debe estar puesto sobre el problema principal, estableciendo las causas que lo originan y los efectos que produce. Alternativamente, la idea de proyecto puede plantearse a partir de una oportunidad identificada de mejor aprovechamiento de recursos o atención de una demanda insatisfecha.

El formulador del proyecto debe preguntarse: ¿Qué problema se desea resolver? , o bien, ¿Qué oportunidad se desea aprovechar?.

Es fundamental no confundir el problema con la “falta” de una solución, por ejemplo

Se confunde esta “falta” de solución

Insuficiente oferta de servicios de capacitación para el empleo de jóvenes del sector rural.

Hace falta una ciclovía en la Avenida Libertador Bernardo O´Higgins.

Faltan puntos limpios para los vecinos de la Unidad Vecinal 10

Se confunde esta “falta” de solución

Altos niveles de desempleo y subempleo en la población juvenil del sector rural.

Hay una alta tasa de ciclistas accidentados en la Avenida Libertador Bernardo O´Higgins.

Existe población carente de lugares donde puedan dejar los residuos que separaron en sus casas.

Particularmente, el planteamiento de proyectos de valorización de residuos puede referirse a dos elementos principales:

- ▶ Problema de altos costos de disposición vigentes en rellenos sanitarios y las externalidades negativas que éstos generan en la salud de las personas y el medio ambiente (proliferación de vectores, emisión de gases de efecto invernadero, contaminación por lixiviados generados, entre otros).
- ▶ Oportunidad de utilización de materias primas con valor económico (este valor se pierde al eliminar los residuos en rellenos y se vuelve solo un costo).

Uno de los métodos más aplicados en proyectos y programas para realizar este análisis, es el “Árbol de Problemas”. ¿En qué consiste el método?

El método consiste en visualizar la situación completa. Como se observa en la Figura 1, se comienza localizando el problema central en el tronco del árbol, las causas van en las raíces y en las hojas los distintos efectos que genera el problema. La lógica es que cada problema es consecuencia de los que aparecen debajo de él y, a su vez, es causante de los que están encima, reflejando la interrelación entre causas y efectos.

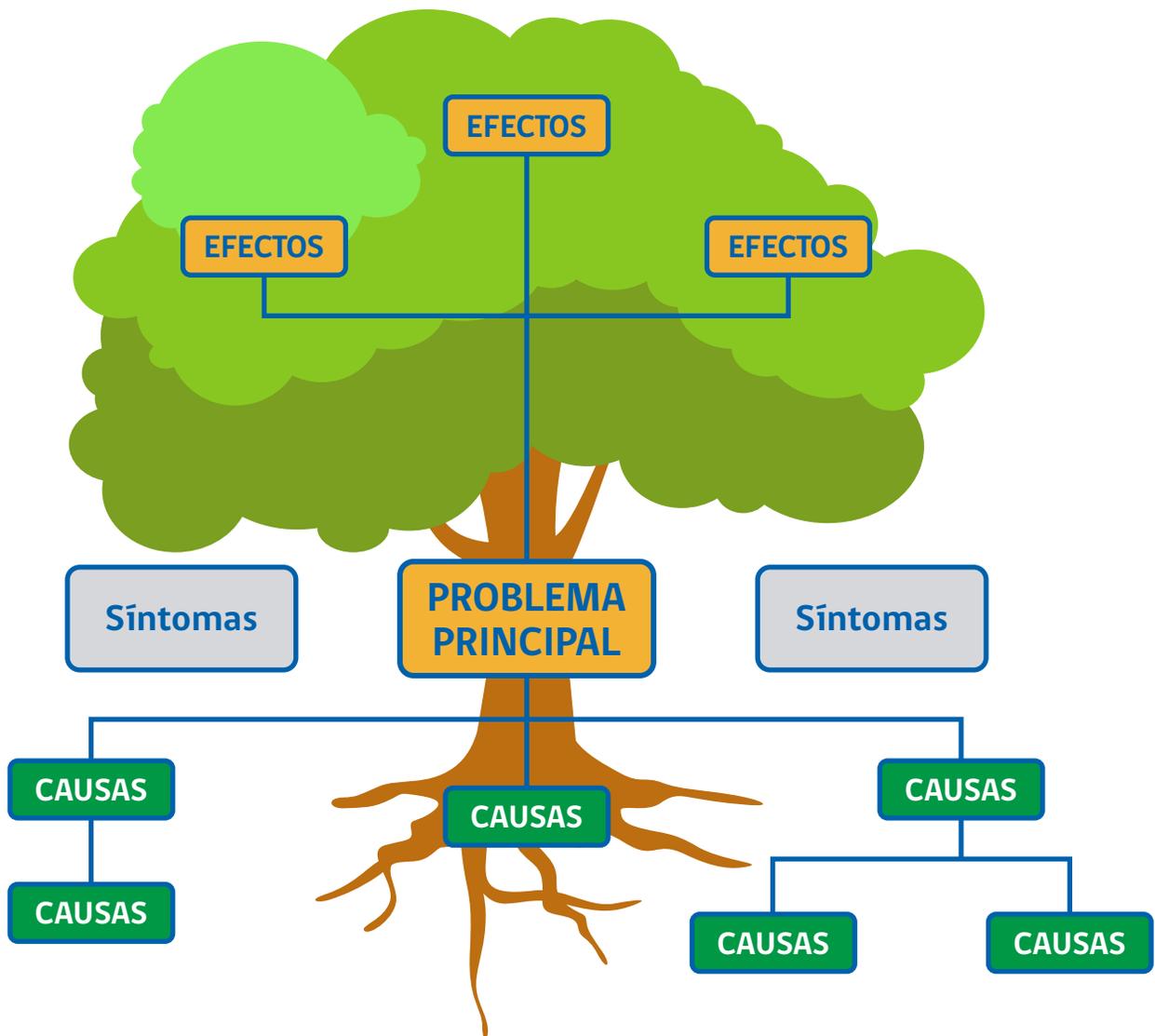


Figura 1: árbol de problemas
Fuente: (Proyecto Educativo Richard Cárdenas)

2.2. Diagnóstico de la situación actual.

El diagnóstico debe reunir la mayor cantidad de información disponible, analizando todas las variables que permitan identificar, describir, explicar y dimensionar el problema u oportunidad detectada, caracterizando así la situación actual a la que se quiere dar solución.

Una vez recopilada la información, se debe analizar en forma crítica, con el propósito de calificar el uso que se le dará durante el desarrollo de la idea de proyecto y determinar con precisión aquellos antecedentes que se requiere actualizar, complementar y generar. Dentro del conjunto relevante de antecedentes del diagnóstico, es esencial el análisis de los ámbitos que se describen a continuación.

2.2.1. Identificación del área de estudio y área de influencia.

La identificación del área de estudio debe presentar todos los antecedentes relevantes que permitan una correcta descripción del área de estudio, entendida como aquella zona geográfica que da contexto al problema; y el área de influencia como aquella que determina el límite en el cual el proyecto podría constituir una solución real al problema detectado.

- ▶ Tipo de zona (urbana/rural).
- ▶ Extensión de la superficie.
- ▶ Aspectos físicos de la zona de estudio: ubicación geográfica, clima (temperatura, precipitaciones, humedad), geomorfología, topografía.
- ▶ Principales actividades económicas.
- ▶ Análisis de los aspectos socio-económicos: Caracterización socio-económica (clasificación del nivel socio-económico de la población); número y estructura de la población (cuantificación y clasificación de la población objetivo según las características de edad y sexo).
- ▶ Aspectos culturales y sociales.
- ▶ Institucionalidad y administración sectorial y/o local.
- ▶ Sistema de transporte vigente (vialidad y conectividad dentro de la comuna y entre comunas).

En base a lo anterior, el área de estudio podría ser la comuna de Santiago (línea continua) y el área de influencia del proyecto, el sector de Plaza de Armas (línea punteada), tal como se aprecia en la Figura 2:

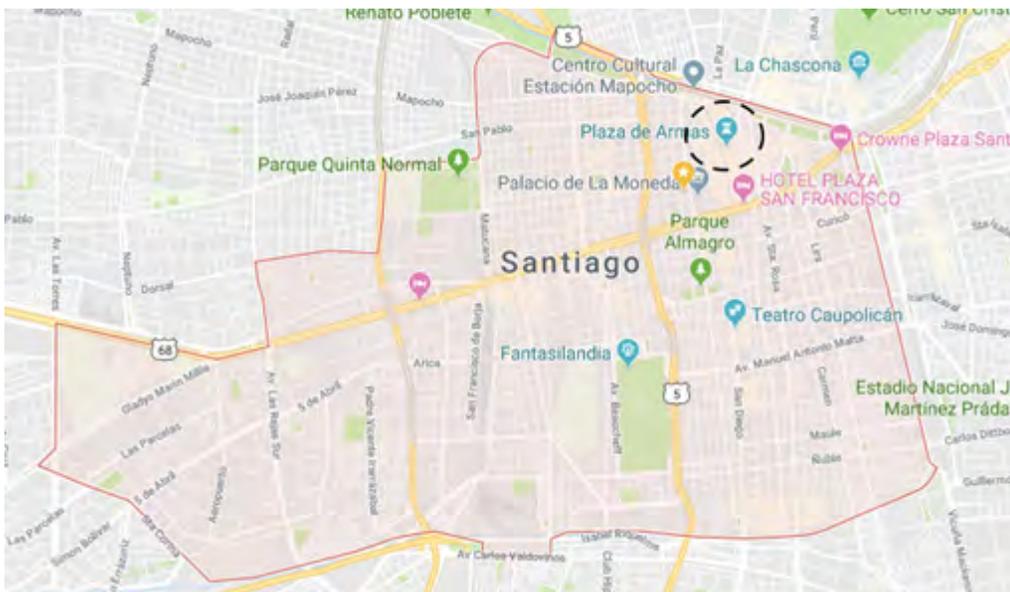


Figura 2: Ejemplo de área de estudio y área de influencia.

2.2.2. Población de referencia e identificación de la población objetivo.

Se debe señalar cuál será la población objetivo a la que apunta el proyecto, que puede corresponder al total de la población potencial o afectada por el problema u oportunidad, o bien a un subgrupo de ésta. En la Figura N°3 se muestra un ejemplo de segmentación de la población.

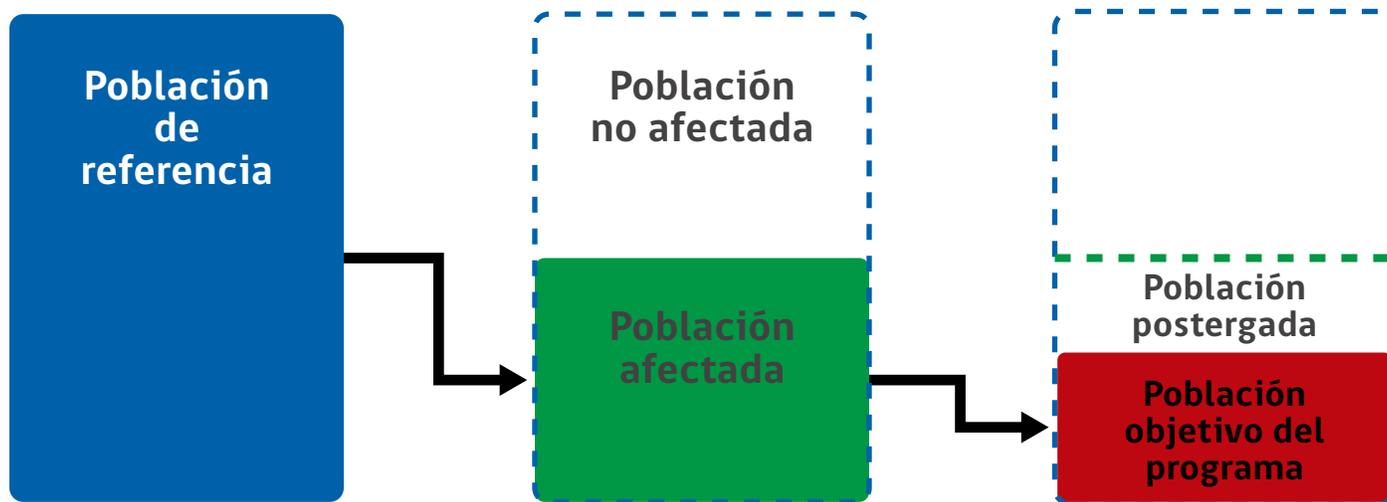


Figura 3: Comparación de población de referencia y población objetivo.

La definición de los conceptos se lista a continuación:

- ▶ Población de referencia: corresponde a la población relevante total del área de influencia. Se determina a partir de información del CENSO más reciente, estadísticas municipales u otros.
- ▶ Población no afectada: población actual o potencial no afectada por el problema.
- ▶ Población afectada: población actual o potencial afectada por el problema. Se puede determinar a partir de encuestas como la CASEN, estudios relacionados al problema bajo análisis, recopilación de información en terreno, etc.
- ▶ Población objetivo: es aquella directamente beneficiada por el proyecto.

A modo de ejemplo, si la oportunidad identificada estuviese relacionada con la venta de botellas plásticas que se generan en una comuna, deberá plantearse como:

- ▶ Población de referencia: total de la población residente en la comuna.
- ▶ Población no afectada: viviendas generadoras de botellas plásticas que son actualmente separadas y vendidas como material reciclado.
- ▶ Población afectada: viviendas generadoras de botellas plásticas que son dispuestas en rellenos sanitarios.
- ▶ Población postergada: viviendas rurales generadoras de botellas plásticas que no serán cubiertas por el proyecto de valorización que se plantee.
- ▶ Población objetivo: viviendas urbanas generadoras de botellas plásticas que serán cubiertas por el proyecto de valorización.

En la figura 4 se presentan algunos ejemplos adicionales de relaciones de población:

Problema	Población de referencia	Población de afectada	Población afectada	Población objetivo
Mala salud dental población femenina	Población femenina total del país	Población femenina con buena salud dental	Población femenina con mala salud dental	Mujeres jefas de hogar, pertenecientes a los dos quintiles de menores ingresos
Insuficiente conectividad terrestre región extremo sur	Población total de la región	Población que habita en capital regional	Población que habita otras ciudades y localidades de la región	Población de la zona sur de la región
Alta tasa de deserción escolar en comuna Los Copihues	Población en edad escolar de la comuna	Niños entre 6 y 18 años, que asisten a la escuela	Niños entre 6 y 18 años, que asisten a la escuela	Niños y niñas entre 6 y 18, que abandonaron la escuela durante el primer semestre del año escolar
Inadecuado sistema de recolección de residuos domiciliarios	Población total Unidad Vecinal		Población total Unidad Vecinal	Población total Unidad Vecinal

Figura 4: Ejemplos de relaciones de población.
Fuente: (MIDESO, 2009)

2.2.3. Demanda actual y proyectada..

Corresponde al requerimiento que realiza la población afectada (bienes o servicios, por unidad de tiempo) para satisfacer una necesidad. El análisis de demanda actual deberá indicar la población potencial beneficiaria del proyecto. Así, deberá realizarse un estudio de demanda que incluya los siguientes análisis:

► **Paso 1: Determinación de la cantidad actual de residuos generados.**

La cantidad actual de residuos generados es estimada fundamentalmente en función del número de viviendas generadoras de residuos residenciales, así como el número y tamaño de establecimientos comerciales e industriales que generan residuos asimilables a domiciliarios y la superficie de parques, jardines y áreas verdes en general. La cantidad y tipo de residuos generados variará considerablemente en función de una serie de variables determinantes:

- a) Tipo de consumo: puede ser de tipo residencial, comercial e industrial.
- b) Nivel socioeconómico: en general se observa que a mayor ingreso, mayor es la tasa de producción de residuos per cápita.
- c) Estacionalidad: la cantidad de residuos generados varía de acuerdo a la estación del año. Así por ejemplo, la generación de residuos en balnearios aumenta considerablemente en los meses de verano.

Para determinar la cantidad de residuos generados en una comuna pueden emplearse antecedentes de depósito en rellenos sanitarios, información de levantamientos en terreno, estudios, etc. Los métodos más sencillos se explican a continuación:

Es importante destacar que el “Decreto 1: Aprueba Reglamento del Registro de Emisiones y Transferencias de Contaminantes, RETC.” (<http://bcn.cl/1uw6j>). De acuerdo al artículo 18, letra g; las municipalidades se encuentran obligadas a reportar sus residuos a través del Sistema de Ventanilla Única.

a) Estimación a partir de registros de toneladas depositadas en relleno sanitario

Se requiere recolectar información histórica de volúmenes o toneladas depositadas en el relleno sanitario actualmente utilizado. Ésta puede encontrarse en registros del operador del relleno sanitario y también del municipio interesado. La producción global de residuos per-cápita se obtiene de acuerdo a lo siguiente:

$$PPC \left(\frac{kg}{\frac{persona}{día}} \right) = \frac{TAD \left(\frac{ton}{año} \right) * 1.000 \left(\frac{kg}{ton} \right)}{P(personas) * 365 \left(\frac{días}{año} \right)}$$

Donde:

PPC es la producción per cápita de residuos¹;

TAD es el total de toneladas anuales dispuestas en el relleno sanitario existente²;

P es la población total atendida por el servicio de recolección y disposición final.

Si se desconoce el verdadero valor de TAD, es posible hacer una estimación de éste a partir de lo siguiente:

$$TAD \left(\frac{ton}{año} \right) = \frac{VAD(m^3)}{D \left(\frac{ton}{m^3} \right)}$$

Donde:

VAD es el volumen anual depositado en el relleno sanitario;

D es la densidad de los residuos ingresados al relleno sanitario.

A continuación se presenta un ejemplo:

¹ Incluye todos los tipos de residuos depositados en relleno. Es decir, no sólo considera los RD y RDA, sino también residuos del aseo público; residuos vegetales, de mantención de áreas verdes y poda de árboles; materiales voluminosos; residuos comerciales.

² Para determinar esta variable correctamente se debe llevar un registro detallado sobre el pesaje de los vehículos de transporte de residuos que ingresan al relleno sanitario.

Ejemplo

Se tienen los datos correspondientes a la disposición en relleno de una comuna, además de la población total de ésta, para los años 2006-2011. Se supone que el 100% de la población es atendida por el servicio de recolección y disposición final.

Se determina la producción de residuos per cápita siguiendo los cálculos que se muestran en el Cuadro N°E1.

Cuadro N°E1 - Determinación de la producción per cápita de residuos

Año	TAD	Población	P	PPC
2006	41.541	97.905	97.905	1,16
2007	48.894	97.553	97.553	1,37
2008	48.881	97.229	97.229	1,38
2009	46.637	96.888	96.888	1,32
2010	43.726	96.551	96.551	1,24
2011	45.758	96.232	96.232	1,30

Fuente: Elaboración propia

El último período de registro, año 2011, representa la situación actual de PPC correspondiente a 1,3 kilogramos de residuos producidos diariamente por persona en la comuna, y se calcula como sigue:

$$PPC_{2011} = \frac{45.758 * 1.000}{96.223 * 365} = 1,3 \left(\frac{kg}{persona \text{ día}} \right)$$

Notar que si éste índice fuese muy distinto a los correspondientes a años anteriores producto de alguna situación especial que se haya materializado en ese período, podrán promediarse PPC de años anteriores para obtener una tasa de producción representativa de la comuna.

Figura 5: Ejemplo para determinar la producción per cápita.

Fuente: (MIDESO, 2013)

b) Estimación a partir del proceso de recolección

Se requiere recolectar información del proceso de recolección para estimar la producción per cápita de residuos de acuerdo a lo siguiente:

$$PPC \left(\frac{kg}{persona \text{ día}} \right) = \frac{\sum_{t=1}^T V_t \left(\frac{viajes}{semana} \right) * C_t \left(\frac{M3}{viaje} \right) * D_t \left(\frac{ton}{m3} \right) * O_t * 1.000 \left(\frac{kg}{ton} \right)}{P(personas) * 7 \left(\frac{días}{semana} \right)}$$

Donde:

PPC RD es la producción per cápita de residuos³;

³ Considera sólo residuos domiciliarios correspondientes a viviendas atendidas por el servicio de recolección (RD y RDA). Por tanto, es necesario incorporar antecedentes adicionales sobre poda de árboles y ferias libres si éstos fuesen relevantes para el proyecto de valorización que se plantea, y sólo en el caso de que la recolección de estos residuos estuviesen concesionados a un agente distinto al que se hace cargo de la recolección domiciliaria.

V: es el número de viajes a la semana que realizan los camiones recolectores tipo t al sitio de disposición final (o instalación intermedia);

C: es la capacidad volumétrica de cada camión recolector t;

O: es el porcentaje promedio semanal de uso efectivo de la capacidad para cada tipo de camión t;

D: es la densidad de compactación del camión recolector tipo t. Algunos valores de referencia para esta variable se señalan en el Tabla 1.

TIPO DE VEHÍCULO	RANGO DENSIDAD (ton/m ³)
Camión con caja compactadora	0,5-0,65
Camión con residuos acomodados y compactados por peso propio	0,3-0,35
Camión con residuos sin acomodar y compactados por peso propio	0,25-0,3

Tabla 1: Valores de referencia para la densidad de compactación.

Fuente: (SIGA, 2011)

► **Paso 2: Proyección de la cantidad de residuos generados.**

El análisis de demanda proyectada requiere estimar lo que se espera sucederá a futuro con la población potencial beneficiaria del proyecto. Para esto debe considerarse tanto el crecimiento esperado de la población, como el crecimiento esperado en el uso de la infraestructura provista. Lo primero debe ser analizado a partir de los datos del Instituto Nacional de Estadísticas (INE), complementadas con información comunal sobre desarrollos urbanos futuros. Lo segundo, requerirá el uso de estudios más específicos que permitan hacer proyecciones fundamentadas sobre: i) Variación del ingreso de la población, ii) Variación en la cobertura de recolección de RSD; iii) Efecto de campañas de educación ambiental o de separación en origen. Se recomienda recoger el primer aspecto mediante la aplicación de tasas de crecimiento en la generación de residuos por estrato socioeconómico de acuerdo a la Tabla 2.

ESTRATO SOCIOECONÓMICO (ES)	GENERACIÓN (Kg/hab/día)	RANGO TASA DE CRECIMIENTO MEDIA ANUAL	TASA DE CRECIMIENTO MEDIA ANUAL SUGERIDA (G)
Nivel Alto (A)	1,38	0-1%	1,38
Nivel Medio (M)	1,05	1-2,5%	1,05
Nivel Bajo (B)	0,88	2,5-4,5%	3,5%

Tabla 2: Valores de referencia para la densidad de compactación.

Fuente: (MIDESO, 2013)

Así, deberá aplicarse la tasa de crecimiento de la PPC en concordancia con la estratificación socioeconómica que mejor represente a la comuna. Si se estima que existe una marcada diferenciación socioeconómica en la comuna, deberán emplearse las tasas sugeridas ponderando por los porcentajes de población correspondientes a cada nivel socioeconómico.

En el siguiente link se encuentra el estudio de caracterización de residuos de acuerdo al nivel socioeconómico de la Región Metropolitana:

<http://www.santiagorecicla.cl/wp-content/uploads/2017/10/Estudio-de-Factibilidad-tecnico-ambiental-social-y-economico-para-la-implementacio%DD%81n-del-plan-de-accion.pdf>

Por lo tanto, el total de residuos generados por año se proyecta de acuerdo a lo siguiente:

$$TAD_t^{ES} = [PPC_t^{ES} * f^{ES} * P_t]$$

Donde:

- TAD:^{ES} es el total de toneladas de residuos generadas en el año t por el estrato socioeconómico ES;
- PPC:^{ES} es la producción per cápita de residuos t en el año por el estrato socioeconómico ES;
- f^{ES} es la proporción del estrato socioeconómico ES que forma parte de la población en el año base;
- P: es la población total atendida por el servicio de recolección y disposición final en al año.

A continuación se presenta un ejemplo:

Se proyecta la generación de residuos desde el año 2012 al año 2025 considerando la PPC del año 2011, así como la composición socioeconómica de la comuna del mismo año. Se utiliza la población proyectada según INE u otro. Los cálculos correspondientes se muestran en los Cuadros N°E2 y N°E3.

Cuadro N°E2 – Composición socioeconómica de la comuna

Año	Proporción estratos socioeconómicos (f)		
	A	M	B
2006	33%	45%	22%
2007	33%	50%	17%
2008	32%	52%	16%
2009	33%	56%	11%
2010	34%	60%	6%
2011	36%	61%	3%

Año	Población	PPC			TAD			TAD
		A	M	B	A	M	B	
2012	95.516	1,31	1,33	1,35	16.432	28.203	1.410	46.046
2013	94.802	1,32	1,35	1,40	16.391	28.496	1.449	46.336
2014	94.037	1,32	1,37	1,44	16.340	28.775	1.487	46.602
2014	93.306	1,33	1,40	1,49	16.294	29.066	1.527	46.887
2015	92.576	1,34	1,42	1,55	16.247	29.357	1.568	47.173
2016	91.508	1,34	1,45	1,60	16.140	29.541	1.605	47.286
2017	90.513	1,35	1,48	1,66	16.044	29.746	1.643	47.433
2018	89.417	1,36	1,50	1,72	15.929	29.914	1.680	47.523
2019	88.259	1,36	1,53	1,78	15.802	30.058	1.716	47.576
2020	87.197	1,37	1,56	1,84	15.690	30.231	1.755	47.675
2021	85.528	1,38	1,59	1,90	15.466	30.186	1.781	47.434
2022	84.049	1,38	1,61	1,97	15.275	30.198	1.812	47.285
2023	82.482	1,39	1,64	2,04	15.065	30.169	1.840	47.074
2024	80.826	1,40	1,67	2,11	14.836	30.095	1.866	46.798
2025	79.081	1,40	1,70	2,18	14.589	29.975	1.890	46.454

Para cada año se construye un indicador *PPC* que distingue por estrato socioeconómico y que considera las tasas de crecimiento recomendadas.

Así, las *PPC* correspondientes a los años 2012 y 2013, estrato medio, se obtienen como sigue:

$$PPC_{2012}^M = 1,30 * (1 + 1,8\%) = 1,33 \left(\frac{kg}{\frac{persona}{día}} \right)$$

$$PPC_{2013}^M = PPC_{2012}^M * (1 + 1,8\%) = 1,35 \left(\frac{kg}{\frac{persona}{día}} \right)$$

También se obtiene una proyección del total de residuos generados por año que distingue por estrato socioeconómico, considerando la población proyectada y *PPC* calculada.

Las *TAD* correspondientes a los años 2012 y 2013, estrato medio, se obtienen como sigue:

$$TAD_{2012}^M = [1,31 * 36\% * 95.516] * \frac{365}{1000} = 46.046 \left(\frac{ton}{año} \right)$$

$$TAD_{2013}^M = [1,32 * 36\% * 94.802] * \frac{365}{1000} = 46.336 \left(\frac{ton}{año} \right)$$

Figura 6: Ejemplo para calcular el total de toneladas de residuos generadas en el año t.

Fuente (MIDESO, 2013)

► **Paso 3: Determinación de la cantidad actual de residuos valorizables.**

En esta etapa debe desarrollarse la estimación a partir de un estudio de caracterización. El cual debe ser realizado de forma tal que se logre determinar qué fracción de las muestras de residuos recogidas corresponde a papel, cartón, plásticos, metales, vidrio, inertes, cartón para bebidas, orgánicos u otros, y estimar así la cantidad de residuos por tipo que se generan en la comuna:

$$TAD_t^j = k_j * TAD_t$$

Donde:

TAD t_j es el total de toneladas generadas en el año t por tipo de residuo j;

k_j fracción del residuo tipo j en una tonelada de residuos mixtos;

TAD: es el total de toneladas de residuos generadas en el año.

En el siguiente link se encuentra el estudio de caracterización de residuos sólidos domiciliarios en la Región Metropolitana:

http://www.santiagorecicla.cl/wp-content/uploads/2016/04/infor_residuos_conama2011.pdf

Sólo una vez que se haya identificado la composición global de los residuos, podrá idearse la mejor estrategia de aprovechamiento de los recursos que esté de acuerdo a la realidad particular de la o las comunas.

El estudio de caracterización que se utilice en la formulación del proyecto debe ser lo más actualizado posible y, cuando éste no sea vigente, los datos deberán ser actualizados explicando claramente la metodología utilizada para realizar dicha actualización (supuestos utilizados, fuentes de información relevantes, estudios y publicaciones en la materia, encuestas u otros).

► **Paso 4: Proyección de la cantidad de residuos valorizables.**

A partir del estudio de caracterización de residuos, debe proyectarse la composición de éstos integrando, cuando corresponda, ajustes vinculados a cambios de hábito en el consumo de las personas, debidamente respaldado por estudios particulares en la materia. De no contarse con antecedentes de este tipo, se recomienda mantener constante la composición de los residuos y obtener el total de residuos generados recogiendo exclusivamente las variaciones en la proyección de residuos generados.

A continuación se presenta un ejemplo:

Ejemplo

Suponiendo que la composición de los residuos no cambia a través de los años, se estiman las toneladas de residuos por tipo tal como se indica en el Cuadro N°E5.

Cuadro N°E5 - Demanda actual y proyectada

Año	TAD	Toneladas por tipo de residuo								
		Papel	Cartón	Plásticos	Metales	Vidrio	Inertes	Tetra Pack	Orgánicos	Otros
2011	45.758	5.491	915	1.830	1.373	6.864	458	2.288	22.879	3.661
2012	46.046	5.525	921	1.842	1.381	6.907	460	2.302	23.023	3.684
2013	46.336	5.560	927	1.853	1.390	6.950	463	2.317	23.168	3.707
2014	46.602	5.592	932	1.864	1.398	6.990	466	2.330	23.301	3.728
2015	46.887	5.626	938	1.875	1.407	7.033	469	2.344	23.443	3.751
2016	47.173	5.661	943	1.887	1.415	7.076	472	2.359	23.586	3.774
2017	47.286	5.674	946	1.891	1.419	7.093	473	2.364	23.643	3.783
2018	47.433	5.692	949	1.897	1.423	7.115	474	2.372	23.716	3.795
2019	47.523	5.703	950	1.901	1.426	7.129	475	2.376	23.762	3.802
2020	47.576	5.709	952	1.903	1.427	7.136	476	2.379	23.788	3.806
2021	47.675	5.721	954	1.907	1.430	7.151	477	2.384	23.838	3.814
2022	47.434	5.692	949	1.897	1.423	7.115	474	2.372	23.717	3.795
2023	47.285	5.674	946	1.891	1.419	7.093	473	2.364	23.642	3.783
2024	47.074	5.649	941	1.883	1.412	7.061	471	2.354	23.537	3.766
2025	46.798	5.616	936	1.872	1.404	7.020	468	2.340	23.399	3.744

Fuente: Elaboración propia

Las toneladas de papel proyectadas para los años 2012 y 2013 se calculan como sigue:

$$TAD_{2012}^{papel} = 0,12 * 46.046 = 5.525 \left(\frac{ton}{año}\right)$$

$$TAD_{2013}^{papel} = 0,12 * 46.336 = 5.560 \left(\frac{ton}{año}\right)$$

Figura 7: Ejemplo para calcular el total de toneladas generadas t por tipo de residuo. Fuente (MIDESO, 2013)

2.2.4. Oferta actual y proyectada de infraestructura para la valorización de residuos disponible.

El análisis de oferta corresponde a la determinación de la cantidad del bien o servicio entregado en el área de influencia. En este caso, la oferta es caracterizada en función de la infraestructura para la valorización de residuos disponible, y la proyección de ésta debe considerar la evolución esperada de la provisión de este tipo de infraestructura, considerando tanto a los actores participantes actuales como aquellos que podrían entrar a operar en el área de influencia. Así también, debe analizarse el conjunto de los servicios de aseo que permiten hacer una correcta disposición de los residuos que se generan.

Debe analizarse el sistema completo de gestión actual de residuos, considerando tanto el mecanismo de disposición final empleado, como el de recolección y transporte. Los elementos a describir son:

- Cobertura del servicio de aseo (domiciliario, ferias libres, residuos voluminosos).
- Equipamiento y servicios disponibles: camiones recolectores; instalaciones de eliminación actualmente utilizadas (rellenos sanitarios, basurales, vertederos); programas implementados o actividades practicadas (reciclaje, compostaje, minimización); infraestructura de valorización (contenedores, puntos limpios, etc); instalaciones intermedias (estaciones de transferencia).
- Sistema de recolección y transporte: frecuencia y horario de recolección; equipos utilizados en la recolección y transporte.
- Cobertura del aseo domiciliario.
- Frecuencia y horario de recolección.
- Contratos vigentes con empresas prestadoras de los servicios de recolección y disposición final; caducidad de los contratos y flexibilidad de los mismos para incorporar ajustes por menor uso de los niveles de servicio contratados.
- Equipamiento adicional para la valorización de residuos (reciclaje, valorización energética, plantas de compostaje, etc).
- Administración y funcionamiento del sistema conjunto (organización, instituciones y responsables).

La oferta proyectada requiere preguntarse sobre el funcionamiento del modelo de gestión de los residuos de la comuna, independientemente del proyecto de valorización que se plantee. Debe incluir todos los proyectos y programas de valorización aprobados para la ejecución futura y/o en ejecución por la Municipalidad, privados y cualquier otro agente económico en el área de interés, de modo que se defina un nivel de residuos tratados TAT en cada momento del tiempo t , por tipo de residuo j .

A continuación se presenta un ejemplo:

Ejemplo

En la comuna bajo análisis se encuentra en vigencia un programa de reciclaje que permite la recuperación de aproximadamente un 20% de residuos reciclables (papel, cartón, plásticos, metales, vidrio, tetra pack). Aún cuando no existen cifras oficiales al respecto, se estima que aproximadamente 500 y 300 toneladas adicionales de papel y cartón respectivamente son recuperadas gracias a la participación de los recicladores de base.

Adicionalmente, se sabe que recientemente se amplió la planta de separación en uso, con el aumento consecuente de la capacidad de tratamiento de ésta en un 15%. Con estos antecedentes, se calcula la oferta actual y proyectada por tipo de residuo tal como se muestra en el Cuadro N°E6.

Cuadro N°E6 – Oferta actual y proyectada

Año	Toneladas de residuos con potencial de valorización - Total								
	Papel	Cartón	Plásticos	Metales	Vidrio	Inertes	Tetra Pack	Orgánicos	Otros
2011	2.422	620	641	480	2.402	0	801	0	0
2012	2.434	622	645	483	2.417	0	806	0	0
2013	2.446	624	649	487	2.433	0	811	0	0
2014	2.457	626	652	489	2.447	0	816	0	0
2015	2.469	628	656	492	2.462	0	821	0	0
2016	2.481	630	660	495	2.477	0	826	0	0
2017	2.486	631	662	496	2.482	0	827	0	0
2018	2.492	632	664	498	2.490	0	830	0	0
2019	2.496	633	665	499	2.495	0	832	0	0
2020	2.498	633	666	500	2.498	0	833	0	0
2021	2.502	634	667	501	2.503	0	834	0	0
2022	2.492	632	664	498	2.490	0	830	0	0
2023	2.486	631	662	496	2.482	0	827	0	0
2024	2.477	630	659	494	2.471	0	824	0	0
2025	2.466	628	655	491	2.457	0	819	0	0

Fuente: Elaboración propia

El total de residuos con potencial de valorización se determina así, sumando las toneladas tratadas en la planta actual, toneladas recuperadas por los recicladores de base y toneladas a tratar producto de la ampliación de planta.

La oferta actual y proyectada de papel para los años 2011 y 2025 se obtiene como sigue:

$$TAT_{2011}^{papel} = 20\% * 5.491 + 500 + 15\% * 5.491 = 2.422 \left(\frac{ton}{año} \right)$$

$$TAT_{2025}^{papel} = 20\% * 5.616 + 500 + 15\% * 5.616 = 2.466 \left(\frac{ton}{año} \right)$$

Figura 8: Ejemplo para calcular, por tipo de residuo, la oferta para tratarlos.
Fuente (MIDESO, 2013)

2.2.5. Déficit actual y proyectado.

El déficit actual y proyectado se estima sobre la base de la comparación de la demanda (actual y proyectada) y la oferta (actual y proyectada) en el área de influencia, que permita definir las necesidades de contar con mayor infraestructura para la valorización de residuos. Notar que el déficit también puede ser expresado en términos cualitativos, esto es, como deficiencias en el manejo correcto de los residuos, incumplimiento de normativas y otros. Debe determinarse un nivel de déficit estimado por tipo de residuo caracterizado y definir posteriormente qué parte del déficit será cubierta por el proyecto de valorización.

$$Déficit_t^j = TAD_t^j - TAT_t^j$$

Donde:

Déficit es el déficit de toneladas tratadas en el año t por tipo de residuo j;

TAD es el total de toneladas generadas en el año t por tipo de residuo j;

TAT es el total de toneladas tratadas en el año t por tipo de residuo j.

Recordar que, en términos generales, se considera que son residuos potencialmente valorizables todos aquellos que pueden recibir algún tratamiento para ser reciclados o valorizados energéticamente con alguna tecnología disponible en el mercado. Sin embargo, usualmente los proyectos de valorización buscan dar un mejor uso a algunos tipos de residuos, y sobre éstos debe centrarse el análisis. Así por ejemplo, si se estimase que el déficit más importante se encuentra en los residuos orgánicos, el foco debiese estar puesto sobre el estudio de las tecnologías que permitan el tratamiento de este tipo de residuos.

A continuación se presenta un ejemplo:

De acuerdo a las estimaciones de oferta y demanda antes realizada, se proyecta que el déficit por año y tipo de residuo es el que se indica en el Cuadro N°E7.

El déficit estimado de papel para los años 2011 y 2012 se obtiene como sigue:

$$Déficit_{2011}^{papel} = 5.491 - 2.422 = 3.069 \left(\frac{ton}{año}\right)$$

$$Déficit_{2012}^{papel} = 5.525 - 2.434 = 3.092 \left(\frac{ton}{año}\right)$$

Cuadro N°E7 - Déficit actual y proyectado en valorización de residuos

Año	Toneladas por tipo de residuo								
	Papel	Cartón	Plásticos	Metales	Vidrio	Inertes	Tetra Pack	Orgánicos	Otros
2011	3.069	295	1.190	892	4.461	458	1.487	22.879	3.661
2012	3.092	299	1.197	898	4.489	460	1.496	23.023	3.684
2013	3.114	302	1.205	904	4.518	463	1.506	23.168	3.707
2014	3.135	306	1.212	909	4.544	466	1.515	23.301	3.728
2015	3.157	310	1.219	914	4.571	469	1.524	23.443	3.751
2016	3.179	313	1.226	920	4.599	472	1.533	23.586	3.774
2017	3.188	315	1.229	922	4.610	473	1.537	23.643	3.783
2018	3.200	317	1.233	925	4.625	474	1.542	23.716	3.795
2019	3.207	318	1.236	927	4.634	475	1.545	23.762	3.802
2020	3.211	318	1.237	928	4.639	476	1.546	23.788	3.806
2021	3.219	320	1.240	930	4.648	477	1.549	23.838	3.814
2022	3.200	317	1.233	925	4.625	474	1.542	23.717	3.795
2023	3.188	315	1.229	922	4.610	473	1.537	23.642	3.783
2024	3.172	312	1.224	918	4.590	471	1.530	23.537	3.766
2025	3.150	308	1.217	913	4.563	468	1.521	23.399	3.744

Fuente: Elaboración propia

Esto se observa gráficamente para algunos tipos de residuos seleccionados en los Cuadros N°E8, N°E9 y N°E10.

Cuadro N°E8 - Déficit actual y proyectado - Papel

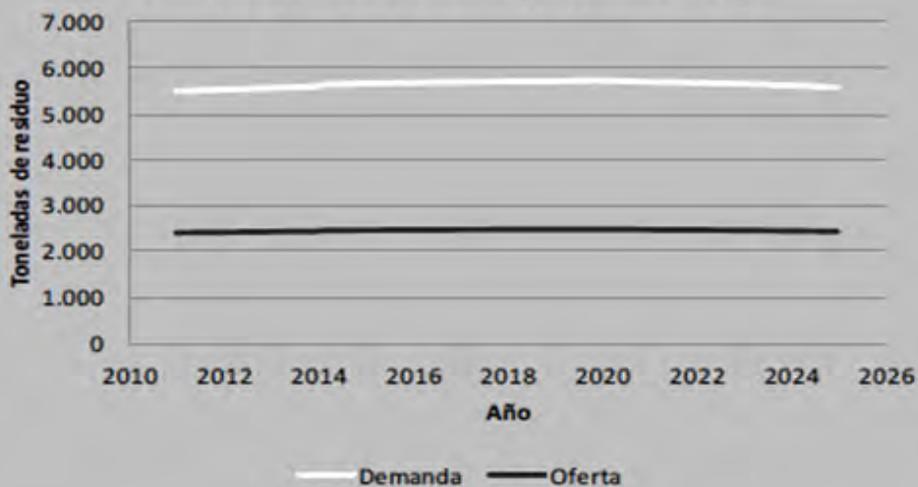


Figura 9: Ejemplo para calcular el déficit. / Fuente (MIDESO, 2013)

3. IDENTIFICACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS

En esta etapa deben identificarse todas aquellas alternativas técnicas y legalmente factibles que permitan dar solución al problema u oportunidad detectada. La primera alternativa a considerar es siempre la situación base optimizada proyectada en el horizonte de evaluación del proyecto.

3.1. Optimización de la situación base.

La correcta determinación de situación base optimizada es un elemento esencial en la formulación del proyecto de valorización ya que, dependiendo de cómo ésta sea presentada, podrán estimarse distintos beneficios derivados del desarrollo de un proyecto de este tipo. En la situación actual se observan tres escenarios de disposición final sujetos a medidas de optimización.

ESCENARIO 1	ESCENARIO 2	ESCENARIO 3
Disposición en relleno sanitario con vida útil restante mayor o igual al horizonte de evaluación del proyecto de valorización	Disposición en relleno sanitario con vida útil restante menor al horizonte de evaluación del proyecto de valorización	Disposición en vertedero, basural u otro sitio no estipulado en la normativa vigente
<p>Este escenario supone que la comuna se encuentra actualmente disponiendo la mayor parte de sus residuos, o el total de éstos, en un relleno sanitario cuya vida útil restante es mayor al horizonte de evaluación del proyecto que se analiza. De ser éste el caso, la situación SP (o situación base optimizada) se plantea considerando los costos conocidos de recolección, transporte y disposición en relleno, y ajustando por medidas de optimización como las siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • En la etapa de recolección: mejor gestión de contenedores (vaciado semanal), mejoramiento turnos recicladores de base, pequeña capacitación medioambiental para generadores que llevan residuos a los puntos limpios. 	<p>Este escenario se da cuando una comuna se encuentra haciendo disposición de sus residuos en un relleno sanitario determinado, pero sabe que no podrá hacerlo por mucho tiempo más ya que la vida útil de éste está próxima a finalizar. En este caso, la situación SP debe plantearse considerando los costos conocidos de recolección, transporte y disposición en relleno para los años de vida útil restante de éste y debe ajustarse para los años siguientes.</p> <p>La regla general es que se proyecte la situación SP desde el momento de término de la vida útil del relleno sanitario en uso hasta el horizonte de evaluación del proyecto de valorización, considerando que los residuos continuarán siendo dispuestos a un costo por</p>	<p>Un proyecto de valorización representa una alternativa para el mejor aprovechamiento de recursos que de otro modo serían eliminados en un relleno sanitario. Por ello, el planteamiento de un proyecto aislado de valorización no tiene sentido cuando no se ha resuelto el problema esencial de correcta disposición de los residuos de acuerdo a la normativa vigente. La disposición en relleno sanitario se plantea como una situación base, aún cuando sea uno de pequeñas dimensiones, considerando que, al menos a la fecha, no existe tecnología disponible para valorizar la totalidad de residuos que en una comuna se generan. De este modo, siempre será necesario disponer al menos una parte de los residuos en un relleno sanitario.</p>

<ul style="list-style-type: none"> • En la etapa de transporte: optimización de las rutas de los camiones. • En la etapa de tratamiento: medidas de gestión en las instalaciones de valorización y eliminación existentes. 	<p>tonelada en relleno (recolección, transporte y eliminación) similar al vigente.</p>	<p>Es por esto que, en caso de que la disposición actual de los residuos no esté de acuerdo con las exigencias sanitarias mínimas, el proyecto de valorización deberá ser replanteado para solucionar en primer lugar este problema. Una vez que éste sea resuelto, podrán incorporarse elementos adicionales basados en la identificación de una oportunidad de valorización de residuos.</p>
--	--	--

Fuente: (MIDESO, 2013)

3.1. Alternativas de solución.

Las alternativas de proyecto deben ser propuestas en términos del problema a resolver u oportunidad detectada y considerando el tipo de residuo potencialmente valorizable. No existirá un único tipo de proyecto que satisfaga las necesidades particulares de la comuna afectada y deberán por tanto plantearse una serie de alternativas que se ajusten a la realidad comunal combinando diversas opciones de recolección, transporte y tratamiento.

No obstante, y a modo de guía, es posible identificar un conjunto de prácticas y tecnologías frecuentemente utilizadas en la gestión de residuos, las cuales se presentan a continuación:



Figura 10: Conjunto de prácticas y tecnologías frecuentemente utilizadas.

Fuente (MIDESO, 2013)

Otro elemento a considerar en la configuración de alternativas de solución, es que rara vez se logrará aprovechar el total de los residuos potencialmente valorizables, por lo que el déficit estimado relevante para el proyecto debe ser ajustado para reflejar la fracción efectiva de residuos que pueden ser aprovechados. En ese sentido, es necesario incorporar en el análisis diversos aspectos que inciden en el éxito del proyecto de valorización:

- ▶ **Calidad de los materiales:** No todos los residuos potencialmente valorizables son usados en la práctica puesto que la calidad de muchos de ellos no está de acuerdo con los estándares mínimos necesarios para que sean puestos en el mercado. Esto es especialmente relevante para proyectos de reciclaje de vidrio, papel, cartón y plásticos, ya que sólo una fracción de ellos cumplirá con las exigencias de limpieza y presentación que los compradores de estos materiales imponen. Así por ejemplo, residuos valorizables retirados mediante un proceso de recolección mixta (no diferenciada) y tratados posteriormente para ser vendidos a los productores, tienen usualmente una calidad menor que aquellos que se obtienen de la recolección segregada. En general, se espera que los residuos que poseen mayor calidad son los que, en la etapa de recolección, son retirados por los recicladores de base o mediante un sistema de entrega.
- ▶ **Participación ciudadana:** Los proyectos de valorización que dependen fuertemente de un proceso de recolección diferenciada con participación de los generadores (tal es el caso de puntos limpios y centros de acopio), deberán establecer un nivel de participación ciudadana que esté de acuerdo con antecedentes históricos, políticas de educación ambiental localizadas, incentivos provistos y otros elementos que fundamenten el interés de la ciudadanía por contribuir al éxito del proyecto. Podrán utilizarse encuestas, entrevistas, estudios relacionados con el tema, entre otros.
- ▶ **Mercado comprador:** los proyectos de valorización de residuos deben representar una oportunidad para lograr un mejor aprovechamiento de recursos que serían de otro modo eliminados. Sin embargo, esta oportunidad se encuentra limitada por la capacidad e intención de compra de las empresas y actores de mercado que utilizan los materiales reciclados, energía producida, etc. Así, deberá realizarse una investigación de mercado que permita identificar el verdadero valor económico que los residuos potencialmente valorizables tienen en el mercado. Deben analizarse los precios de los materiales en la puerta del comprador, ubicación de los mismos, número de compradores en el mercado, entre otras variables. A partir de esto se establecerá además una cota máxima para la demanda relevante del proyecto de valorización. Es decir, no puede proyectarse un aprovechamiento de los residuos potencialmente valorizables que sea mayor al que podría colocarse en el mercado. La investigación de mercado que se realice debe ser debidamente respaldada por los medios de verificación correspondientes (encuestas, estudios y publicaciones, etc).

El verdadero valor de mercado de los residuos dependerá de:

- o Precio del residuo después del tratamiento recibido.
- o Número de empresas en el mercado que utilizan los residuos tratados.
- o Número de proyectos que compitan con los residuos a valorizar.
- o Distancia entre el lugar de tratamiento de los residuos y el lugar donde se encuentran las empresas compradoras de éstos.

El formulador debe preguntarse, ¿Quién comprará los residuos valorizados o qué uso interno se les dará? ¿Existen otros proyectos de valorización que estén colocando los mismos recursos en el mercado? ¿En qué medida afectará esto el precio de venta de los materiales? Estos elementos están también relacionados con el análisis de oferta y demanda antes descrito.

4. PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO

Como ya se ha mencionado, el proyecto de valorización debe ser planteado en función de la necesidad de mejor aprovechamiento de residuos de una o varias comunas y logrando una completa descripción de cada una de los componentes del sistema de gestión de éstos. Así, el formulador deberá plantear las alternativas de proyecto considerando al menos los siguientes elementos:

A. Etapa de recolección

- ▶ Existencia de separación en origen de los residuos.
- ▶ Sistema de recolección centralizado a cargo de la Municipalidad, sistema de recolección descentralizado o sistema de entrega, inclusión de recicladores de base.
- ▶ Concordancia del sistema de recolección deseado en función de la densidad residencial (número de casas atendidas, cercanía de los hogares entre sí).
- ▶ Plan de rutas de recolección

B. Etapa de transporte

- ▶ Sistema de logística y plan de rutas de transporte

C. Etapa de tratamiento

- ▶ Características físicas de la instalación
- ▶ Tecnología o combinación de tecnologías utilizadas
- ▶ Accesos disponibles
- ▶ Suministro de agua potable, alcantarillado, electricidad
- ▶ Señalética requerida
- ▶ Requerimiento de recursos humanos
- ▶ Requerimiento de maquinaria especializada
- ▶ Esquema de distribución: responsable de la distribución de los productos generados (productores, municipalidad), cargos adicionales por este concepto
- ▶ Localización: Es posible que se disponga de más de una alternativa de terreno donde construir el nuevo proyecto de valorización, por lo que debe justificarse debidamente la elección del terreno que se elija.

A continuación se muestra el sistema completo del sistema de gestión de residuos sólidos domiciliarios:

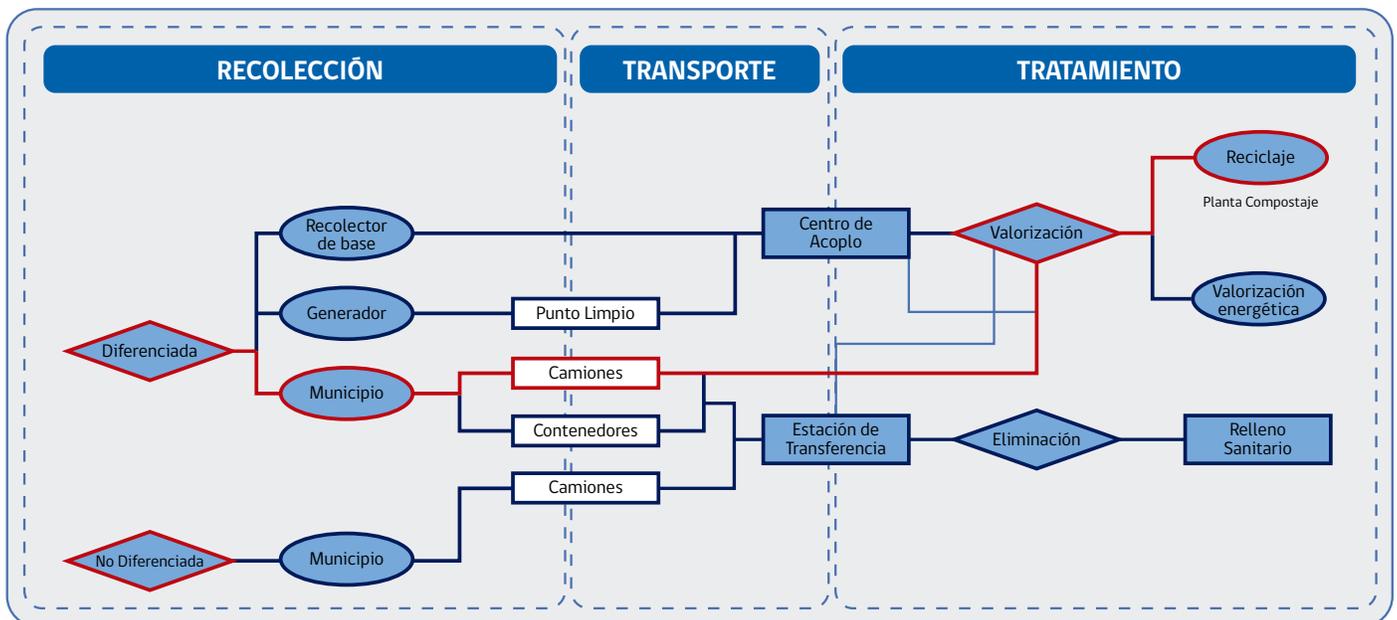


Figura 11: Diagrama del sistema de gestión de residuos sólidos domiciliarios. / Fuente (MIDESO, 2013)

4.1. Viabilidad del proyecto en los siguientes ejes:

Una completa caracterización del proyecto de valorización requiere además plantear un modelo de gestión que no sólo integre las 3 etapas anteriores, sino que asegure la viabilidad del proyecto en 3 ejes principales:

4.1.1. Económico.

Deben definirse las fuentes de financiamiento existentes, no sólo en términos del proyecto de inversión, sino también de la operación y mantenimiento del proyecto. Esto es, quién se hará responsable de la prestación de los servicios comprometidos a lo largo de la vida útil del proyecto y qué cargos habrán comprometidos, pudiendo incorporar tanto participación pública como privada. Adicionalmente, deberá evaluarse la existencia de capacidades gerenciales y/o de administración de los recursos empleados en la operación del proyecto.

Deberán analizarse alternativas de proyecto que permitan el mejor aprovechamiento de las capacidades y recursos disponibles, como desarrollo de proyectos mancomunados, concesionados, asociaciones público-privadas, etc. En ese sentido, uno de los aspectos más importantes a analizar se refiere a la pertinencia de financiar el proyecto de valorización con fondos públicos ya que, en muchos casos, éste puede ser también de interés privado. Por esto, se debe incorporar una evaluación económica privada desde el punto de vista del dueño del proyecto, que explicita claramente que éste no se trata exclusivamente de un negocio de interés privado⁴

4.1.2. Social.

Debe evaluarse el grado de aceptación que el proyecto tiene en la comunidad relevante, elemento determinante en términos de la participación que de ésta se requiere para un proyecto de este tipo. Además, analizar las preferencias de los recicladores de base, si se les quisiese incluir en el proyecto, en función de sus expectativas contractuales o deseo de formalización de su trabajo.

4.1.3. Ambiental.

En algunos casos, el proyecto de valorización deberá ser sometido, previo a su ejecución, a una evaluación de impacto ambiental, según la normativa vigente. En estas evaluaciones, se analizan elementos como la existencia de efectos adversos potenciales sobre la cantidad y calidad de recursos naturales utilizados, como agua, aire y suelo. Si el proyecto fuese aprobado en esta dimensión, teniendo estos efectos en consideración, deberá asegurarse el cumplimiento de los compromisos adquiridos para minimizar o compensar dichos efectos a lo largo de toda la vida del proyecto.

Así, el proyecto debe situarse en el contexto normativo que lo rige y en consideración de los actores relevantes que en éste participan, definiendo las atribuciones y responsabilidades de éstos. El formulador deberá establecer claramente cómo se interrelacionan estos roles y plantear un esquema de gestión completo de los residuos que se decida valorizar.

⁴ Deberán incorporarse todos los costos relevantes para el dueño del proyecto (inversión, mantención y operación a precios privados), incluyendo el impuesto a la renta, para determinar su utilidad económica privada. Los beneficios a considerar son aquellos que se derivan de la venta de residuos valorizados

Algunos actores relevantes para el análisis son:

- ▶ Estado.
- ▶ Municipio o Asociación de municipalidades.
- ▶ Recicladores de base.
- ▶ Empresas privadas (empresas operadoras de instalaciones, empresas compradoras de materiales reciclables, empresas proveedoras de productos prioritarios).
- ▶ Establecimientos educacionales.
- ▶ Generadores domiciliarios y comerciales.

BIBLIOGRAFÍA

MIDESO. (2013). Metodología de formulación y evaluación socioeconómica de proyectos de valorización de residuos municipales. Santiago.

SIGA. (2011). Proyecto implementación relleno sanitario intercomunal VII Región.

MIDESO. (2009). Curso básico de preparación y evaluación social de proyectos. División de Planificación, Estudios e Inversión, Santiago.

Proyecto Educativo Richard Cárdenas. (s.f.). Como identificar y resolver un programa. Recuperado el 10 de agosto de 2018, de Árbol de Problemas:

<https://proyectoeducativorichardcardenas.wordpress.com/2016/05/30/arbOL-de-problemas/>

MIDESO. (2013). Metodología de preparación y evaluación de proyectos de residuos sólidos y asimilables. MIDESO, Santiago.

“Este curso se ha elaborado en el marco del “Programa de Capacitación y Difusión en Gestión y Valorización de Residuos: Santiago REcicla”, iniciativa ejecutada por la Secretaría Regional Ministerial del Medio Ambiente RM, y financiada por el Gobierno Regional Metropolitano de Santiago”



Ministerio del Medio Ambiente

Gobierno de Chile

Intendencia Región Metropolitana de Santiago

Ministerio del Interior y Seguridad Pública

SEREMI Región Metropolitana

Ministerio del Medio Ambiente



GOBIERNO REGIONAL METROPOLITANO DE SANTIAGO



CONSEJO REGIONAL METROPOLITANO DE SANTIAGO



Santiago
REcicla



Academia de Formación Ambiental
Adriana Hoffmann