



**UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**MODELO DE NEGOCIO PARA EL PRETRATAMIENTO MECÁNICO BIOLÓGICO DE
RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARIOS EN CHILE Y EVALUACIÓN DE SU
APLICACIÓN EN UN CASO TIPO**

**TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE MAGÍSTER EN GESTIÓN Y DIRECCIÓN DE
EMPRESAS**

DANIELA ALEJANDRA SAAVEDRA JARA

**PROFESOR GUÍA:
ENRIQUE JEHOUSA JOFRÉ ROJAS**

**MIEMBROS DE LA COMISIÓN:
ANTONIO AGUSTÍN HOLGADO SAN MARTÍN
CIRO GIRALDEZ ALFARO**

**SANTIAGO DE CHILE
2018**

RESUMEN

MODELO DE NEGOCIO PARA EL PRETRATAMIENTO MECÁNICO BIOLÓGICO DE RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARIOS EN CHILE Y EVALUACIÓN DE SU APLICACIÓN EN UN CASO TIPO

El presente trabajo, tiene por objeto proponer un modelo de negocios para el pretratamiento mecánico biológico (PTMB) de residuos sólidos domiciliarios (RSD) en Chile y realizar una evaluación económica en un caso tipo (comuna de San Felipe). Hoy, en Chile y en San Felipe el sistema de gestión de residuos presenta deficiencias dado que los residuos, tras su recolección, son dispuestos directamente en los sitios de disposición final sin recibir un tratamiento previo. Esto provoca grandes problemas: altos niveles de contaminación y desastres ambientales. El PTMB, constituye una solución que permite estabilizar los RSD antes de disponerlos, reduciendo sus efectos adversos.

La metodología para desarrollar el proyecto considera tres etapas: evidenciar las ventajas ambientales del PTMB, elaborar un anteproyecto con su correspondiente evaluación económica y finalmente, la construcción de un modelo de negocios considerando un conjunto de recomendaciones que permiten la viabilidad económica.

Como resultado del proyecto, se propone un modelo de negocios en el cual las actividades asociadas a la gestión de residuos se encuentran insertas dentro de la estructura municipal y los ingresos se perciben del municipio (cobro de cuotas de aseo) y del apoyo del gobierno (FNDR). Además, se obtienen los costos por tonelada de incorporar el PTMB en San Felipe, considerando la evaluación de cuatro escenarios. En tres de ellos incorporar el PTMB constituye una opción más cara que la situación base optimizada. Sólo resultó ser una mejor opción bajo la evaluación económica privada el escenario que considera que la tarifa de disposición final se reduciría al 50%.

Tras el desarrollo del trabajo, se concluye que desde el punto de vista de la evaluación de costos privada el PTMB siempre constituye una opción más cara, a no ser que se dé una fuerte reducción en las tarifas de disposición final para los residuos pretratados. Sin embargo, el PTMB tiene asociadas externalidades y ventajas sociales las cuales no han sido valorizadas en este trabajo y cuyo valor económico, probablemente haría que la opción propuesta sea conveniente en términos económicos. En relación al gobierno; se concluye es fundamental que se involucre en la iniciativa, no sólo entregando fondos, sino que también estableciendo leyes que regulen la gestión de residuos.

Finalmente, se recomienda al municipio de San Felipe incorporar el PTMB. Si bien la evaluación económica privada puede mostrarlo como no conveniente, sí lo es desde el punto de vista social, sobre todo si se considera la tendencia de encarecimiento y rechazo social a los rellenos sanitarios, problemas que se están haciendo insostenibles. Al gobierno, se le recomienda involucrarse y asumir un rol activo en la gestión de residuos y promover que el PTMB sea también adoptado en otros municipios del país.

DEDICATORIA

A mis padres, Patricio y Roxana, quienes día a día me demuestran cuánto confían en mí y han tenido siempre una palabra de aliento cuando mis energías se agotan y no creo ser capaz de alcanzar mis objetivos.

A mis hermanos, Romina y Patricio, quienes constantemente me animan a seguir adelante a pesar de todas las dificultades, no sólo en este trabajo, sino también en mi proyecto de vida.

A mis abuelos paternos, Artemio e Inés (Q.E.P.D), quienes a pesar de no estar conmigo hoy, sé que se sentirían orgullosos de lo que soy y lo que he logrado.

A mis abuelos maternos, Florencio y Teresa, quienes constantemente me tienen en sus oraciones y me demuestran su preocupación y cariño día a día.

A mi tía, Elena, quien siempre me entrega sabios consejos cuando me abruman los problemas y pierdo las ganas de seguir adelante.

A Ju, Ester, Margarita y Fran; las grandes amigas que he obtenido en este programa y han estado en el momento preciso para entregarnos apoyo mutuo.

A Alejandro, mi pareja, quien sacrificó muchos planes juntos para darme el espacio que necesitaba para cumplir con los compromisos que me demandó el programa de MBA.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero agradecer al pilar fundamental de mi vida: mis padres y hermanos. Gracias infinitas a ustedes por todos los esfuerzos que han realizado para que yo prospere en la vida y sea cada día una mejor persona. Gracias también por hacer que mis días grises cambien de color, logrando darme ánimo incluso en los peores momentos.

En segundo lugar, quiero agradecer a mi pareja, Alejandro. Gracias Jano por aguantar mi mal humor cuando estaba estresada y por instarme a seguir adelante cuando se hacía complejo compatibilizar trabajo, estudios y viajes. Gracias también por aguantar dos años en que muchas veces no podía acompañarte en tus planes.

En tercer lugar, quiero agradecer a mis abuelos y tía Elena. A mis abuelos, infinitas gracias por sus sabios consejos y a mi tía Elena muchísimas gracias por las constantes llamadas telefónicas y por las palabras de apoyo en los momentos en que me sentí abrumada.

En cuarto lugar, quiero agradecer a Ju, Ester, Margarita y Fran, las grandes amigas que gané en el MBA. Gracias por todas las salidas juntas, por las palabras de apoyo en los momentos de estrés y por compartir parte de sus vidas conmigo.

En quinto lugar, quiero agradecer al Sr. Claudio Paredes, Secplan del Municipio de San Felipe por facilitarme toda la información requerida desarrollar este trabajo de tesis.

Finalmente, quiero agradecer a los profesores Enrique Jofré y Ciro Giraldez por el apoyo prestado durante el desarrollo de este trabajo. Gracias a ustedes por los consejos entregados.

TABLA DE CONTENIDO

CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES GENERALES	1
1.1 INTRODUCCIÓN	1
1.2 OBJETIVOS	2
1.2.1 OBJETIVO GENERAL	2
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	3
1.4 METODOLOGÍA	4
CAPÍTULO 2: MARCO CONCEPTUAL	5
2.1 LA PROBLEMÁTICA DE LOS RSD EN CHILE	5
2.2 OPCIONES DE MANEJO DE RSD	5
2.3 TENDENCIAS INTERNACIONALES	6
2.4 TRATAMIENTO MECÁNICO BIOLÓGICO Y SUS VENTAJAS	7
2.5 EXPERIENCIA DE TMB EN CHILE: CASO PILOTO DE VILLA ALEMANA	8
2.6 ESTRATEGIAS Y MODELOS DE NEGOCIOS	9
2.7 EVALUACIÓN ECONÓMICA	10
CAPÍTULO 3: DESCRIPCIÓN DE LA COMUNA DE SAN FELIPE	10
3.1 ASPECTOS GENERALES: SUPERFICIE, POBLACIÓN, CLIMA Y ECONOMÍA ..	10
3.2 GENERACIÓN DE RESIDUOS Y ESTRATEGIAS DE GESTIÓN PREVIAS A LA DISPOSICIÓN	11
3.3 SITUACIÓN DE DISPOSICIÓN FINAL DE LOS RESIDUOS EN LA COMUNA Y SUS COSTOS	12
CAPÍTULO 4: DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA SITUACIÓN BASE Y LA SITUACIÓN ALTERNATIVA	13
4.1 DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA SITUACIÓN BASE	13
4.2 DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA SITUACIÓN ALTERNATIVA	18
4.2.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LAS ETAPAS DEL PROCESO DE LA PROPUESTA ALTERNATIVA	20
4.2.2 DEFINICIÓN DE CAPACIDADES Y REQUERIMIENTOS PARA LA PROPUESTA DE PTMB	24
CAPÍTULO 5: MODELO DE NEGOCIOS PROPUESTO PARA SITUACIÓN ALTERNATIVA	34
5.1 LA FORMA JURÍDICA	34
5.2 ESTRUCTURA DE INGRESOS	34
5.3 ESTRUCTURA DE COSTOS	35
5.4 ESTRATEGIA DE SUSTENTABILIDAD SOCIAL	36

5.5 EXTERNALIDADES DEL PROYECTO QUE JUSTIFICAN QUE SEA APOYADO POR EL ESTADO	36
5.5.1 EL PTMB PERMITE CONSTRUIR UNA SOLUCIÓN CONSOLIDADA AL MANEJO DE RESIDUOS	36
5.5.2 BENEFICIOS AMBIENTALES	39
5.5.3 MENOR CONFLICTIVIDAD SOCIAL ASOCIADA AL MANEJO DE RESIDUOS.....	40
5.5.4 REDUCCIÓN O ELIMINACIÓN DE LA DESVALORIZACIÓN DE LOS TERRENOS.....	40
5.5.5 REDUCCIÓN DE LA NECESIDAD DE INVERTIR EN RELLENOS SANITARIOS.....	41
5.6 RESUMEN DEL MODELO DE NEGOCIOS PROPUESTO	41
CAPÍTULO 6: COMPARACIÓN CARACTERÍSTICAS GENERALES Y EVALUACIÓN DE TIPO ECONÓMICA DE LA SITUACIÓN BASE OPTIMIZADA Y LA SITUACIÓN PROPUESTA	43
6.1 EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LA SITUACIÓN BASE.....	45
6.2 EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LA SITUACIÓN ALTERNATIVA.....	46
6.2.1 COSTOS ASOCIADOS A LA INSTALACIÓN Y FUNCIONAMIENTO DE PLANTA DE PTMB.....	47
6.2.2 PRINCIPALES SUPUESTOS UTILIZADOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE FLUJOS DE LOS CUATRO ESCENARIOS EVALUADOS	53
6.2.3 RESULTADO EVALUACIÓN ECONÓMICA ALTERNATIVA 1	54
6.2.4 RESULTADO EVALUACIÓN ECONÓMICA ALTERNATIVA 2	56
6.2.5 RESULTADO EVALUACIÓN ECONÓMICA ALTERNATIVA 3	57
6.2.6 RESULTADO EVALUACIÓN ECONÓMICA ALTERNATIVA 4	59
CAPÍTULO 7: ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD Y ANÁLISIS DE RIESGOS.....	60
CAPÍTULO 8: CONCLUSIÓN.....	63
CAPÍTULO 9: BIBLIOGRAFÍA	65
ANEXOS	68
ANEXO A: ASPECTOS GENERALES CÁLCULO COSTO DE EQUIPOS	68
ANEXO B: CÁLCULO COSTO BÁSCULA PARA CAMIONES – CAPACIDAD 60 TONELADAS	68
ANEXO C: CÁLCULO COSTO TROMMEL.....	70
ANEXO D: CÁLCULO COSTO ENFARDADORA.....	73
ANEXO E: CÁLCULO COSTO VOLTEADORA	75
ANEXO F: COSTO MINICARGADOR FRONTAL.....	76
ANEXO G: COSTO CHIPEADORA	79
ANEXO H: EXPLICACIÓN COSTOS DE TRANSPORTE Y DISPOSICIÓN FINAL PARA ESCENARIOS CON PTMB VERSUS ESCENARIOS SIN PTMB.....	81

ANEXO I: FLUJO DEL PROYECTO PARA ALTERNATIVA 1	83
ANEXO J: FLUJO DEL PROYECTO PARA ALTERNATIVA 2	86
ANEXO K: FLUJO DEL PROYECTO PARA ALTERNATIVA 3.....	89
ANEXO L: FLUJO DEL PROYECTO PARA ALTERNATIVA 4	93

INDICE DE TABLAS

TABLA 1: CLASIFICACIÓN SOCIOECONÓMICA DE COMUNAS.....	24
TABLA 2: DETERMINACIÓN DE TASA DE CRECIMIENTO MEDIA ANUAL DE GENERACIÓN PER CÁPITA DE RSD	25
TABLA 3: POBLACIÓN PROYECTADA COMUNA DE SAN FELIPE Y TASA CRECIMIENTO MEDIA ANUAL DE POBLACIÓN	25
TABLA 4: CANTIDAD DE RESIDUOS PROYECTADA POR AÑO PARA LA COMUNA DE SAN FELIPE	26
TABLA 5: DEMANDAS DE CAPACIDAD Y REQUERIMIENTOS ETAPAS RECEPCIÓN Y PESAJE, SECCIÓN DE VOLUMINOSOS Y ESPECIALES, Y TROMMEL PARA SATISFACER DEMANDA DE DISEÑO AÑO 10.....	28
TABLA 6: DEMANDAS DE CAPACIDAD Y REQUERIMIENTOS ETAPAS FASE ACTIVA Y MADURACIÓN PARA SATISFACER DEMANDA DE DISEÑO AÑO 10	29
TABLA 7: DEMANDAS DE CAPACIDAD ETAPAS DE RECUPERACIÓN RECICLABLES Y ESPECIALES, Y MATERIAL NO RECUPERADO PARA SATISFACER DEMANDA DE DISEÑO AÑO 10	30
TABLA 8: DEMANDAS DE CAPACIDAD Y REQUERIMIENTOS ETAPAS RECEPCIÓN Y PESAJE, SECCIÓN DE VOLUMINOSOS Y ESPECIALES, Y TROMMEL PARA SATISFACER DEMANDA DE DISEÑO AÑO 20.....	31
TABLA 9: DEMANDAS DE CAPACIDAD Y REQUERIMIENTOS ETAPAS FASE ACTIVA Y MADURACIÓN PARA SATISFACER DEMANDA DE DISEÑO AÑO 20	32
TABLA 10: DEMANDAS DE CAPACIDAD ETAPAS DE RECUPERACIÓN RECICLABLES Y ESPECIALES, Y MATERIAL NO RECUPERADO PARA SATISFACER DEMANDA DE DISEÑO AÑO 20	33
TABLA 11: PRINCIPALES DIFERENCIAS ENTRE SITUACIÓN LA BASE OPTIMIZADA Y SITUACIÓN ALTERNATIVA (PROPUESTA)	44
TABLA 12: COSTOS ASOCIADOS A LA DISPOSICIÓN FINAL DE RSD EN SAN FELIPE.....	45
TABLA 13: COSTOS DE EQUIPAMIENTO HASTA AÑOS 10 Y 20	48
TABLA 14: COSTOS DE EDIFICACIONES	49
TABLA 15: COSTOS DE TERRENO	49
TABLA 16: COSTOS GLOBAL INFRAESTRUCTURA Y EQUIPAMIENTO EN PERIODO 0 Y REINVERSIÓN EN AÑO 10	50
TABLA 17: COSTOS RECURSOS HUMANOS	51
TABLA 18: COSTOS DE COMBUSTIBLE	52
TABLA 19: COSTOS DE ELECTRICIDAD.....	52
TABLA 20: COSTOS DE MANTENIMIENTO	53
TABLA 21: OTROS GASTOS	53
TABLA 22: TOTAL ANUAL GASTOS OPERACIÓN	53
TABLA 23: COSTOS ALTERNATIVA PROPUESTA 1	55
TABLA 24: COSTOS SITUACIÓN BASE CORREGIDA CON DISPOSICIÓN FINAL EN LA HORMIGA (1)	55
TABLA 25: COSTOS ALTERNATIVA PROPUESTA 2	57
TABLA 26: COSTOS SITUACIÓN BASE CORREGIDA CON DISPOSICIÓN FINAL EN LA HORMIGA (2)	57
TABLA 27: COSTOS ALTERNATIVA PROPUESTA 3	58

TABLA 28: COSTOS SITUACIÓN BASE CORREGIDA CON DISPOSICIÓN FINAL EN TIL TIL.....	58
TABLA 29: COSTOS ALTERNATIVA PROPUESTA 4	59
TABLA 30: COSTOS SITUACIÓN BASE CORREGIDA CON DISPOSICIÓN FINAL EN LA HORMIGA (3)	59
TABLA 31: RESUMEN ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD	62

INDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURA 1: RECOLECCIÓN SIN SEPARACIÓN EN ORIGEN	14
FIGURA 2: IMPERMEABILIZACIÓN BASAL	15
FIGURA 3: PLANTA TRATAMIENTO LIXIVIADOS	15
FIGURA 4: COBERTURA RELLENO SANITARIO	16
FIGURA 5: ESQUEMA PRODUCCIÓN Y EXPLOTACIÓN DE BIOGÁS EN PLANTA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS ORGÁNICOS EN RELLENO SANITARIO	17
FIGURA 6: ACCESO RELLENO SANITARIO	17
FIGURA 7: FLUJO DE PROCESO PROPUESTA PTMB	19
FIGURA 8: ÁREA RECEPCIÓN, CONTROL Y PESAJE	20
FIGURA 9: SELECCIÓN DE RESIDUOS ESPECIALES Y VOLUMINOSOS	21
FIGURA 10: EQUIPO TROMMEL.....	21
FIGURA 11: PILAS DE ESTABILIZACIÓN DE RESIDUOS.....	22
FIGURA 12: MADURACIÓN RSD	23
FIGURA 13: MOVIMIENTO DE FARDOS DE MATERIALES RECICLABLES	23
FIGURA 14: RESUMEN MODELO DE NEGOCIOS PROPUESTO	42
FIGURA 15: COMPARACIÓN GRÁFICA SITUACIÓN BASE OPTIMIZADA Y SITUACIÓN PROPUESTA (ALTERNATIVA).....	43

1. ANTECEDENTES GENERALES

1.1 INTRODUCCIÓN

En un contexto en que la población crece día a día, y con ello crecen los volúmenes de residuos, es cada vez más difícil el manejo de éstos. Hoy, en Chile, la disposición final de los residuos sólidos domiciliarios (RSD) se da principalmente en rellenos sanitarios. Estos, son una buena opción, sin embargo, mejorable. El sistema de gestión actual aún presenta varias deficiencias, y estas deben ser abordadas a fin de asegurar mejores condiciones de manejo y disposición. Si bien existen herramientas que permiten mejorar en esta materia, en Chile éstas casi no se conocen y existe ausencia total del uso de ellas.

Una potente herramienta que permite grandes mejoras en materia de gestión de residuos la constituye el pretratamiento mecánico biológico (PTMB) cuyo uso permite la obtención de grandes beneficios. Esta herramienta, actualmente es utilizada mayoritariamente en países desarrollados para tratar los residuos en forma previa a su disposición final, buscando un manejo más sostenible. Su implementación, podría ser de gran ayuda en países en vías de desarrollo como Chile.

La comuna de San Felipe, localizada en la V región de Chile, al igual que muchas otras comunas del país presenta grandes problemas en materia de gestión de residuos. Dado lo descrito con precedencia y teniendo en conocimiento que existe la herramienta llamada pretratamiento mecánico biológico, es que se pretende proponer un modelo de negocios para el PTMB en Chile. Para lograrlo, se debe evaluar la incorporación de esta herramienta en el sistema de gestión actual de residuos en Chile y evaluar además en términos económicos su aplicación en un caso tipo, que para estos efectos considera la comuna de San Felipe. Lo anterior, dado que San Felipe es una comuna de un tamaño considerable que genera un volumen representativo de RSD, y además, desde hace alrededor de cinco años atrás ha tenido constantes problemas en materia de gestión de residuos y disposición final.

Se sabe que la inclusión del pretratamiento mecánico biológico en cualquier sistema de gestión que no lo contiene provoca un incremento en los costos, sin embargo, parte del trabajo a realizar consiste en determinar qué condiciones pueden favorecer su aplicación y qué cambios se deben realizar para hacer viable el proyecto en términos económicos, buscándose entregar un conjunto de recomendaciones que podrían incluir inclusive cambios en las políticas públicas actuales. Así, se pretende entregar lineamientos para en lo posible, dentro de un tiempo, lograr la inclusión en Chile de una potente herramienta muy utilizada en países desarrollados, la cual, sin duda, permite grandes mejoras en la calidad de vida de las personas.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVO GENERAL

- Proponer un modelo de negocio para el pretratamiento mecánico biológico de residuos sólidos domiciliarios en Chile y evaluación económica de su aplicación en un caso tipo en la comuna de San Felipe.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar mediante investigación bibliográfica, los beneficios globales del pretratamiento mecánico biológico desde el punto de vista medioambiental.
- Evaluar, para el caso tipo en la comuna de San Felipe, la conveniencia económica de implementar el pretratamiento mecánico biológico desde dos perspectivas: municipal, y agregada incluyendo municipio, relleno sanitario y fondos estatales que otorgan subsidios relacionados.
- Identificar medidas de política pública que permitirían aprovechar las ventajas del pretratamiento mecánico biológico, alineando los incentivos de los actores involucrados.

1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Hoy, en Chile, se producen poco más de 1,2 Kg de residuos sólidos domiciliarios por persona; y cerca del 50% corresponde a residuos orgánicos (restos de alimentos y jardinería, papeles y cartones). El sistema de gestión actual de éstos básicamente está orientado a disponerlos en rellenos sanitarios, los cuales representan un gran avance con respecto a los vertederos, pero son una solución mejorable incorporando el Tratamiento Mecánico Biológico (TMB). Los rellenos sanitarios, presentan dos aspectos a mejorar:

- 1) La necesidad de controlarlos en forma permanente ya que el material que se dispone en ellos está en actividad. Desde este punto de vista constituyen un pasivo ambiental. Si los controles no se llevan a cabo, pueden desencadenarse desastres como el ocurrido en Chile en el relleno Santa Marta.
- 2) Desaprovechan los residuos valorizables.

Se suma además a lo ya señalado el hecho de que hoy en día los rellenos sanitarios suelen concitar rechazo ciudadano y cada vez se hace más difícil su implementación, por lo que lo ideal sería lograr extender la vida útil de éstos.

Dados los aspectos ya indicados, es que implementar el Tratamiento Mecánico Biológico (que es una tecnología de pretratamiento de los residuos sólidos), constituye una excelente alternativa para mejorar el sistema de gestión que existe actualmente en Chile. Lo anterior, ya que el TMB permite dar solución a los problemas que hoy en día presentan los rellenos sanitarios. Esto, porque por una parte gracias a la clasificación de los residuos y el tratamiento que se les da el TMB permite la obtención de material bioestabilizado que no requiere control permanente y permite mayor vida útil de los rellenos (en que se dispone del material bioestabilizado). Por otra parte, además, la clasificación de los residuos permite rescatar los valorizables como el plástico, metal, papel, cartón, etc. Si se considera que la generación de residuos depende de la población, y que ésta en Chile y el mundo aumenta día a día en forma exponencial y además cambian los patrones de consumo, es indudable que el momento para mejorar el sistema de gestión es hoy, sobre todo teniendo en cuenta también que la gente se concentra cada vez más en las ciudades que es donde más residuos son generados.

1.4 METODOLOGÍA

- I. **Identificación del problema.**
- II. **Demostración de ventajas ambientales del pretratamiento mecánico biológico.**
(revisión bibliográfica de experiencias)
- III. **Elaboración de anteproyecto de sistema de gestión de residuos sólidos domiciliarios incorporando pretratamiento mecánico biológico en un caso tipo (evaluación económica).**
 - (a) Definición de magnitudes implicadas (demanda, tiempos de proceso, balance de materiales y capacidad).
 - (b) Diseño preliminar de planta pretratamiento mecánico biológico (definición localización, elección de equipos, etc.) incluyendo estimación y análisis de costos implicados (inversión y operación).
 - (c) Comparación de situación actual versus situación con inclusión de la tecnología de pretratamiento mecánico biológico desde 2 perspectivas: municipal y de conjunto (incluyendo al municipio, relleno, etc.).
- IV. **Construcción de un “modelo de negocios” para incorporación del tratamiento mecánico biológico en el actual sistema de gestión de los residuos sólidos domiciliarios.**
 - (a) Identificación de los casos o condiciones más convenientes para implementar el pretratamiento mecánico biológico y de una estrategia progresiva de migración tecnológica.

2. MARCO CONCEPTUAL

2.1 La problemática de los RSD en Chile.

En Chile, gran cantidad de residuos sólidos domiciliarios (RSD) son generados cada año. Hoy, se cuenta en el país con un sistema de manejo y gestión de éstos bastante deficiente, puesto que no existe ningún pretratamiento que permita un mejor manejo y gestión, a fin de no generar impactos negativos a la salud y el medio ambiente (MMA, 2011). La problemática de mejorar el sistema actual de gestión de residuos ha cobrado mayor relevancia en los últimos años. Esto, porque a raíz del crecimiento de la actividad económica y del consumo privado, año a año los RSD generados van aumentando.

Existe consenso en reconocer que el problema de los RSD se caracteriza por dificultades en su gestión, baja responsabilidad ciudadana, rechazo de la población a la instalación de sitios de disposición en sus localidades y un tratamiento conflictivo del tema en los medios de comunicación (CONAMA, 2005). Chile, experimenta dificultades en el manejo de la basura tanto en sus áreas urbanas y conurbaciones más importantes (Santiago, Valparaíso-Viña del Mar, Serena-Coquimbo, Concepción-Talcahuano), como también en todas sus principales ciudades (CONAMA, 2005). Así, puede señalarse que es un problema global a nivel país.

Hoy, se requiere mejorar las regulaciones sanitarias y ambientales vigentes, abordar los vacíos legales existentes, lograr una mayor fiscalización y desarrollar la capacidad en la institucionalidad pública para coordinar a todos los actores que tienen competencia en la gestión de residuos (MMA, 2011). Lo anterior, con la finalidad de lograr un mejor sistema de manejo de los RSD. En este sentido, algunos ambientalistas ya plantean desde hace mucho tiempo dejar en manos de los Gobiernos Regionales la gestión de los residuos sólidos.

2.2 Opciones de manejo de RSD.

Hay diferentes niveles de acción para el manejo de los residuos sólidos domiciliarios. En esta materia, primero se intenta evitar la generación; si esto no es posible, se busca procurar la minimización; y finalmente si esta no es posible, se evalúa la disposición final. Existe una jerarquía en la gestión de residuos. Esta jerarquía considera las siguientes etapas: prevención, reutilización, reciclaje, valorización energética y finalmente eliminación o disposición final (MMA, 2011).

La prevención, busca potenciar acciones que permitan evitar o reducir la generación de residuos y reducir las sustancias peligrosas que provocan contaminación, intentando con estas medidas reducir los impactos que pueden provocar sobre la salud de las personas o sobre las condiciones del medioambiente (prevención es prioritaria, pero la mayoría de los municipios no implementa medidas en esta dirección). La reutilización, busca aprovechar los productos (SEREMI MEDIO AMBIENTE COQUIMBO, 2014). Así, el foco es volver a utilizar partes o productos completos que ya fueron utilizados. El reciclaje busca llevar a cabo acciones de valorización a través de las cuales los residuos se transforman en nuevos productos, excluyendo la valorización energética (MMA, 2011). Las técnicas de reciclaje pueden ser focalizadas a lo orgánico, a lo inorgánico o a ambas opciones, y pueden o no tener cadenas de recolección separada

(es lo recomendable). La valorización energética, busca hacer uso de un residuo como combustible mediante incineración, biodigestión anaeróbica, entre otras técnicas. Si se escoge la tecnología adecuada, estos sistemas muestran gran respeto por el medioambiente, lo anterior debido a que evitan que se formen nuevos vertederos y minimizan la producción de emisiones a la atmósfera. Es importante distinguir entre la valorización energética y el tratamiento térmico.

Finalmente, la disposición o tratamiento final pone foco en las acciones que tienen por objeto disponer en forma definitiva los residuos en lugares autorizados para ello en conformidad a la normativa vigente (MMA, 2011). Estos tratamientos pueden ser el vertido (vertederos, rellenos sanitarios, entre otros) y tratamiento térmico en el que el residuo es desintegrado al ser sometido a altas temperaturas; a menudo estas técnicas permiten la recuperación de energía, pero deben ser adecuadamente distinguidas de la valorización energética cuando su contribución neta es negativa.

En Chile, es importante señalar que el manejo de los RSD ha sido abordado, mayoritariamente de manera reactiva, limitándose así a la recolección y disposición final, sin mayor atención a otras alternativas (MMA, 2011). Así, es poco lo que se hace en materia de prevención, reutilización, reciclaje y valorización energética. Lo anterior, dado que la gestión de residuos no ha sido abordada con suficiente seriedad. En otros países, la incorporación del pretratamiento mecánico biológico ha permitido llevar a cabo con mayor facilidad la jerarquía presentada en este apartado.

2.3 Tendencias internacionales: economía circular / problemas de los rellenos sanitarios (rechazo social y encarecimiento).

Los últimos 150 años de evolución industrial han estado dominados por un modelo de producción y consumo lineal, según lo cual los bienes son producidos a partir de materias primas, vendidos, utilizados y finalmente desechados como residuos (Ellen Macarthur Foundation, 2014). Actualmente, queda cada vez más en evidencia que existe una tendencia creciente a la escasez y sobreexplotación de los recursos, lo que ha sentado una fuerte preocupación sobre este tema y ha llevado a que se ponga foco en la búsqueda de un nuevo modelo económico más sustentable. En este contexto, ha nacido el concepto de economía circular.

En un mundo en que la población crece cada día y el nivel de vida sigue aumentando, se necesita de un modelo económico diferente. Se requiere una economía circular (Karmenu Vella, 2016). Una economía circular, es un sistema industrial restaurador o regenerativo por intención y por diseño. Sustituye el concepto de “caducidad” por el de “restauración”, se desplaza hacia el uso de energías renovables, eliminando el uso de químicos tóxicos, que perjudican la reutilización, y el retorno a la biosfera, y busca en su lugar, la eliminación de residuos mediante un diseño optimizado de materiales, productos y sistemas y, dentro de estos, modelos de negocios (Ellen Macarthur Foundation, 2014).

En Europa, continente líder en materia medioambiental, desde la comisión europea se señala que ha llegado el momento de que Europa se tome en serio el concepto de reciclar, reparar y reutilizar (Karmenu Vella, 2016). Esta tendencia, está también cobrando mayor relevancia en otros lugares del mundo, sobre todo teniendo en cuenta

que cada vez es más difícil la apertura de sitios para la disposición final de los residuos (es necesario reducir las cantidades de éstos).

En relación a la responsabilidad de la ciudadanía con respecto a los residuos generados, puede indicarse que ésta es nula dado que existe indiferencia en relación a la gestión de éstos. La participación ciudadana en materia de gestión de los residuos básicamente ha estado centrada en las crisis de los rellenos sanitarios y en las críticas al sector, contexto que poco contribuye a avanzar (CONAMA, 2005).

Referente a los procesos de evaluación de impacto ambiental de proyectos de saneamiento, puede indicarse que la participación de la ciudadanía ha sido conflictiva, manifestándose oposición a la instalación de proyectos de manejo de residuos en sus comunas o en localidades cercanas, dado que consideran que sus terrenos pierden valor y presentan además desconfianza en materia de seguridad y riesgos (CONAMA, 2005).

La disposición de los residuos constantemente causa conflictos de carácter grave entre los diferentes actores involucrados: autoridades, operadores de instalaciones para disposición final de residuos y las comunidades aledañas involucradas.

En relación a los costos asociados al establecimiento de los rellenos, puede señalarse que ha existido una tendencia al encarecimiento, esto, porque cada vez se están construyendo rellenos más seguros, condición que incrementa los costos de éstos.

2.4 Tratamiento mecánico biológico y sus ventajas.

Para la gestión de los residuos sólidos, existen varios tratamientos. Dentro de éstos, es posible encontrar algunos como la incineración, la gasificación y la pirolisis, los cuales forma parte de los llamados tratamientos térmicos. Otro tipo de tratamiento utilizado es el mecánico biológico. Su nombre, se debe justamente a que incorpora tanto procesos mecánicos como procesos biológicos. Los procesos mecánicos corresponden a la separación y homogeneización de los residuos, mientras que el biológico es la estabilización de los residuos a través de la biodegradación.

El pretratamiento mecánico biológico como concepto, consiste en el procesamiento mecánico parcial de los RSM mediante la remoción de ciertos componentes y el proceso biológico de las partes restantes, con el fin de que ocupen un menor volumen y sean más aptos para ser aprovechados en otras actividades.

Resulta importante destacar, que dentro de la tecnología del pretratamiento mecánico biológico existen distintos tipos de tratamientos mecánicos y biológicos que se le pueden dar a los RSD.

Dentro de las técnicas mecánicas para pretratar residuos se encuentran molino de martillos, trituradora, tambor giratorio, molino de pelota, tambor giratorio húmedo con cuchillas y triturador de bolsas. Para el proceso de separación de residuos, existen las técnicas de pantallas giratorias, separación manual, separación magnética, separación por corrientes de Foucault, tecnologías de separación húmeda, clasificación por aire, separación balística y separación óptica (DEFRA, 2013).

El tratamiento biológico, por su parte, puede ser de tipo aerobio enfocado en producir compost o bioestabilizar el residuo, o anaerobio, enfocado a la producción de biogás (CEGESTI, 2014).

Así, puede hablarse del pretratamiento mecánico biológico como una familia de tecnologías. Se trata de un concepto bastante amplio, en el sentido de que pueden existir muchas combinaciones posibles de tecnologías, pudiendo entonces adoptarse para el pretratamiento desde modelos “Low cost” hasta modelos con maquinaria muy especializada, los cuales tienen un mayor costo económico.

Dentro de las ventajas del pretratamiento mecánico biológico, las principales son las que se indican a continuación:

- Permite valorización de los reciclables y su reutilización.
- Permite reducción de agentes patógenos y de olores.
- Contribuye a reducir el efecto invernadero.
- Permite la obtención de energía eléctrica y térmica mediante el uso de una parte de los residuos.
- Evita la generación de lixiviados o percolados (líquido contaminante y maloliente).
- Incrementa la vida útil de los sitios de disposición final, al arrojarse en ellos residuos estabilizados que no requieren mayor control.
- Permite que se logre sostenibilidad a nivel medioambiental y social.

2.5 Experiencia de tratamiento mecánico biológico en Chile: Caso piloto de Villa Alemana.

Desde hace algún tiempo y hasta hoy, existen algunos países en el mundo que han realizado pruebas de cómo funcionan sus sistemas de gestión de residuos incorporando el pretratamiento mecánico biológico (PTMB) como un paso previo a la disposición final de los residuos sólidos domiciliarios (RSD), y a veces, como una forma de evitarla. Dentro de este contexto, es que, gracias a la colaboración público-privada entre GTZ, la empresa Alemana Faber Recycling GmbH y la municipalidad de Villa Alemana se realizó en Chile un proyecto pionero cuyo objetivo era la mejora de la gestión de los RSD en la comuna administrada por el municipio mencionado, esto a través del sistema de tratamiento mecánico biológico.

Villa Alemana, es una comuna ubicada en la región de Valparaíso (Chile), la cual posee una de las densidades más altas del país (alrededor de un millar de habitantes por km). La producción diaria de basura en la ciudad, en el año 2009, alcanzaba alrededor de 100 toneladas (Aguilera et al, 2009). Esto, evidentemente representa un volumen de residuos considerable. Dentro de este contexto y con la finalidad de visualizar cuán mejor podría ser el desempeño de la comuna en términos medioambientales, es que se colocó en marcha una experiencia piloto incorporando el PTMB como un paso previo a la disposición final de los residuos generados en Villa Alemana

Las etapas de la tecnología de pretratamiento mecánico biológico implementada en Villa Alemana en la experiencia piloto, son principalmente tres:

- La primera es el tratamiento mecánico que está enfocado en la homogeneización. Aquí, se separan manualmente los elementos fáciles de identificar, y el resto se carga en un camión donde se realiza el proceso de desagregación y ruptura de bolsas, el cual incluye la trituración, mezcla y homogeneización de los RSD.
- La segunda etapa es el tratamiento biológico en el cual se disponen los RSD de manera apilada sobre bases de pallets de madera y se cubren con un biofiltro (capa de material vegetal). En esta etapa ocurren los procesos de degradación y estabilización del material dispuesto. La degradación permite lograr una significativa reducción en el volumen de residuos de las pilas (Aguilera et al, 2009). Lo anterior, implica la necesidad de menor espacio para la disposición final.
- La tercera y última etapa de la tecnología implementada es otro tratamiento mecánico llamado cribado. Aquí, se desmontan las pilas de material y se lleva a cabo el proceso de tamizado, obteniéndose gracias a ello distintas fracciones de material estabilizado que pueden ser utilizadas y valorizadas, minimizándose con esto aún más las necesidades de disposición final (Aguilera et al, 2009).

De la experiencia piloto realizada, se concluyó que el tratamiento mecánico biológico funciona bien en Villa Alemana. Desde el punto de vista sanitario, el proyecto se desarrolló en óptimas condiciones, estando ausentes malos olores y vectores durante el período de estudio, lo que fue comprobado en terreno por autoridades y comunidad en general. Gracias a la experiencia implementada, la comunidad de Villa Alemana tiene hoy una opinión totalmente distinta y positiva sobre un proyecto de tratamiento y valorización de residuos sólidos, lo cual también se considera como uno de los grandes éxitos del proyecto (Aguilera et al, 2009).

2.6 Estrategias y modelos de negocios

Es posible que la tecnología propuesta no sea, en lo inmediato, competitiva en costos respecto de las tecnologías vigentes. Esto es algo que será determinado en el análisis económico de la tecnología. Sin embargo, la rentabilidad que esta tecnología ofrecería en el corto plazo, con las condiciones actuales, no es tan tentativa. Más que un análisis económico de corto plazo es preciso realizar un análisis estratégico de largo plazo. Si se mira en retrospectiva, las nuevas tecnologías ambientales nunca han sido más baratas que las anteriores; su adopción no responde a una conveniencia económica, sino a la convicción científica, social y política de que un cambio era necesario. El análisis estratégico que se realice debe evaluar si se presentan las condiciones para apostar a un cambio de tecnología. En este sentido, resultará de interés revisar algunos enfoques que reflejan el debate que despierta el medio ambiente a nivel político y económico (Martínez Alier y Roca, 2010), o en el mundo empresarial. También es conveniente revisar tendencias de países más desarrollados en materia de manejo de residuos (OECD 2012 y 2015).

El modelo de negocios para la incorporación de una nueva tecnología no puede plantearse entonces en los términos de lo que Chan Kim y Mauborgne llamarían una “estrategia del océano rojo”; aunque estos autores sugieren varias líneas que aplicables

a este caso, incluso una “estrategia de océano azul” podría resultar insuficiente. Lo que se requiere es una estrategia que permita conducir una transición desde un paradigma a otro, asegurando el liderazgo en esta transición; estrategias como las que describen Hamel y Prahalad en “Competiendo por el Futuro”, y que implican un esfuerzo por promover y posicionar una idea.

Desde el punto de vista metodológico de la construcción de un modelo de negocios, es posible tomar como guía el enfoque de Osterwalser y Pigneur en “Generación de Modelo de Negocio”.

2.7 Evaluación económica

La evaluación económica de una nueva tecnología, sin ser el único factor determinante, es clave para anticipar las probabilidades de éxito, el tiempo de adopción o las estrategias que deben desplegarse para su promoción. En este caso, es posible evaluar un proyecto mediante técnicas de descuento de flujos de caja y calcular indicadores de rentabilidad como TIR y VAN (SAPAG, N y SAPAG, R., 2003).

Sin embargo, las técnicas tradicionales determinísticas de descuento de flujos de caja tienen dos problemas que no permitirían apreciar bien las perspectivas de la nueva tecnología.

El primer problema es que estas evaluaciones se refieren hacia un solo caso probable (conurrencia de determinados precios, costos, volúmenes, etc.) – quizás el más probable – entre muchos otros casos probables. Y aun cuando se trate del caso más probable, no se obtiene una percepción de cuál es la probabilidad de que el negocio realmente evolucione en los términos planteados, la probabilidad de que sea un desastre o la probabilidad de que sea mucho mejor a lo esperado. Es importante, por lo tanto, desarrollar un buen análisis de sensibilidad que permita identificar varios escenarios probables, riesgo máximo, etc. Para ello es posible utilizar técnicas de simulación y herramientas informáticas adecuadas (Contreras, E., 2009).

Por otra parte, a menudo las evaluaciones basadas en el descuento de flujos de caja ignoran la posibilidad de implementar cambios en el proyecto como respuesta a los resultados obtenidos. Así, un proyecto que muestra un buen desempeño puede ser expandido, mientras que un proyecto que genera pérdidas puede ser cerrado, acotando así la pérdida total. Por eso, en la evaluación del proyecto resulta necesario incorporar elementos de enfoque de opciones reales y árboles de decisión, que permiten reflejar mejor estas posibilidades e incorporarlas en la evaluación (Contreras, E., 2009).

3. DESCRIPCIÓN DE LA COMUNA DE SAN FELIPE

3.1 Aspectos generales: superficie, población, clima y economía.

La comuna de San Felipe, también conocida como San Felipe de Aconcagua fue fundada el 03 de agosto de 1740 y se encuentra localizada en la V región de Valparaíso, en el sector este. Su superficie total es de 186 km² y su población en el año 2016, según la encuesta CASEN, ascendía a un total de 71.559 habitantes.

San Felipe, pertenece al Valle del Aconcagua en el cual es característico el sistema de clima templado. En la época veraniega es una de las zonas más calurosas y secas del país (Chile) con una alta radiación solar, y en la época invernal las temperaturas disminuyen de manera abrupta caracterizándose la comuna por heladas bajo los 0°C y por lluvias torrenciosas. Es así como las temperaturas extremas que se han presentado en San Felipe son en invierno de -7,8°C y en verano de 41°C. (Estos aspectos, son relevantes en términos de manejo de los residuos, ya que el calor muchas veces puede complicar en vertederos y rellenos sanitarios cuando los residuos no llegan en óptimas condiciones al igual que el exceso de lluvias.

En términos económicos, puede indicarse que la economía en la comuna de San Felipe es de tipo terciaria, basándose esta fundamentalmente en los servicios, incluyéndose entre las actividades más destacadas del sector todas aquellas que no implican la producción de bienes materiales. Los subsectores más destacados son el comercio, turismo, los servicios públicos, entre otros. El alto desarrollo que ha alcanzado el sector terciario en San Felipe es evidente dado el aumento de varios comercios establecidos tales como las multitiendas, los bancos y los supermercados, así como también el incremento en el número de escuelas y universidades. Dadas las características de la zona, otro sector importante es el agrícola. Una buena parte de los ingresos en la comuna proviene del sector o productos frutícolas (frutas de temporada).

3.2 Generación de residuos y estrategias de gestión previas a la disposición.

Las diversas actividades realizadas en la zona de la comuna de San Felipe obviamente provocan generación de residuos. En relación a ella, puede indicarse que los niveles generados acorde a información entregada por el municipio ascienden a un total de 30.082 toneladas para el año 2016. Esta cifra puede traducirse en un total de 82,19 toneladas de residuos diarias.

Dado que los volúmenes diario y anual de generación de residuos son considerables, las autoridades de San Felipe han comenzado a visualizar que necesitan abordar proyectos que les permitan mejorar sus gestiones en materia medioambiental. Hoy, básicamente se recolecta la basura y se transporta de manera directa al sitio de disposición final en la comuna, sin realizar ningún esfuerzo para lograr la recuperación de algunos valorizables, como por ejemplo los reciclables.

La mayor iniciativa actual en cartera en materia medioambiental lo constituye el proyecto "Implementación de punto limpio y puntos verdes en la comuna de San Felipe". Este proyecto presentado durante el año 2017 busca la instalación de un gran punto limpio a ubicar a un costado del estadio municipal el cual pretende abarcar el sector poniente de la comuna (unidades vecinales de tamaño considerable) y la instalación de cuatro contenedores de recolección localizados en cuatro puntos estratégicos los cuales son: Villa Bernardo Cruz, Villa Portones del Inca, Villa El Señorial Etapas I y II; y finalmente, en Villa El Carmen. Los puntos estratégicos han sido escogidos bajo 3 criterios: ser espacios de congregación de población, lugares con superficie estable y/o sólida y finalmente tener cercanía con jardines infantiles, escuelas, liceos y empresas.

Con el proyecto antes indicado del macro punto limpio más los 4 puntos distribuidos en la comuna, se espera lograr que se recicle en total el 70% de los residuos reciclables generados por la comuna, con un aumento anual del 4%.

Uno de los objetivos relevantes del proyecto, además, es educar a toda la comunidad acerca de temáticas ambientales, esencialmente en el reciclaje. Así, se pretende fomentar que la ciudadanía adopte conductas de minimización y reciclaje de los residuos que generan, y que se forje más cultura. Además, otro objetivo es lograr disminuir en un 3% el tonelaje actual que ingresa al vertedero en el que el municipio dispone los residuos generados. Este 3% antes indicado se traduce en una reducción de 1.003 toneladas correspondientes a los reciclables estimados anuales.

3.3 Situación de disposición final de los residuos en la comuna y sus costos.

Para la disposición final de los residuos generados en la comuna, actualmente la estrategia consiste en recolectarlos haciendo uso de camiones que se desplazan por diversos puntos de la ciudad y luego trasladarlos de manera directa hacia el sitio de disposición final. Este modo de operar deja en evidencia que en forma previa a la disposición final no existe ningún tipo de esfuerzo por separar los residuos, y por ende, no se rescata ninguno de los elementos que son valorizables. El procedimiento ya descrito, resulta ineficiente para el municipio en términos ambientales y económicos. Lo anterior, dado que por una parte se llevan grandes volúmenes de material que podrían ser reducidos si se rescataran los reciclables (reduciendo el costo pagado al vertedero), y por otro, no se aprovechan los residuos reciclables que pueden ser comercializados generando ingresos.

En relación con el sitio o lugar físico de disposición final, hasta hace algunos años correspondía al Vertedero La Hormiga, que hoy cuenta también con un servicio de relleno sanitario dentro de sus instalaciones. La Hormiga, corresponde a uno de los sitios de disposición final que ha generado enormes controversias en Chile y en el cual se disponían los residuos de varias comunas del Valle de Aconcagua.

El Vertedero La Hormiga, primer servicio ofrecido por la empresa GEA, durante muchos años presentó bastantes irregularidades en su funcionamiento lo que suscitó numerosas discusiones y manifestaciones por parte de la ciudadanía. Precisamente debido a ello, durante el año 2012 la autoridad sanitaria exigió el cierre de este vertedero con fecha máxima 31 de diciembre del mismo año, en forma impostergable. Ante esta problemática, las autoridades del Valle de Aconcagua (incluyendo al alcalde de San Felipe) consiguieron como solución extender el plazo de funcionamiento del vertedero manejado por GEA, empresa que se comprometió a dentro de un plazo ofrecer el servicio de disposición final en un relleno sanitario el cual se llamaría al igual que el vertedero: "La Hormiga".

Con la creación del relleno sanitario antes mencionado, las autoridades de los municipios del Valle de Aconcagua tenían la pretensión de avanzar en el retraso que presentaba la zona en términos de depósito de la basura (gestión de residuos) y lograr una solución definitiva en materia de gestión de residuos. Sin embargo, esto no fue así. Lo anterior, debido a que, si bien se llevó a cabo la construcción del Relleno Sanitario La Hormiga, la empresa GEA no cumplió con algunos de los compromisos adquiridos.

El principal fue que tras elevar las tarifas a los municipios les prometió disponer sus residuos en el relleno sanitario, cosa que no ocurrió. Así GEA durante algún tiempo cobró a los municipios tarifa de disposición en relleno sanitario (más alta) pero disponía sus residuos en su vertedero (tarifa más baja), realizando un manejo operativo como tal. Esta problemática que ocurrió durante el año 2016 se ha extendido al año 2017 en que el municipio está disponiendo sus residuos en La Hormiga, pero no está pagando los servicios.

En términos de costos, puede indicarse que el costo de recolección y transporte de los residuos sólidos domiciliarios durante el año 2016 alcanzó en promedio los \$32.082 por tonelada. Por su parte, el costo de disposición final fue uniforme durante todo el 2016, siendo su valor de \$11.200 por tonelada. Como se evidencia, los costos de recolección y transporte superan con creces el costo de disposición. En este caso en particular en términos de costos los de recolección y transporte equivalen a 2,86 veces los de disposición final.

4. DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA SITUACIÓN BASE Y LA SITUACIÓN ALTERNATIVA.

Para efectos de comparaciones, tenemos hoy en materia de gestión de residuos una situación base optimizada que considera la recolección y transporte de RSD y luego su disposición final directa en relleno sanitario; y una situación alternativa, que es la que se propone al municipio de San Felipe y que incluye el pretratamiento mecánico biológico de los residuos como un paso previo a la disposición final en relleno. La propuesta, permitiría mejorar la gestión de residuos actual.

4.1 Descripción técnica de la situación base (optimizada). Si bien los residuos generados por la comuna de San Felipe como ya se ha indicado estaban siendo dispuestos en el Vertedero La Hormiga, estos debieron y debieran ser dispuestos en el relleno sanitario propiedad de GEA desde el año 2013 en relación a lo acordado. Esta disposición en el relleno sanitario corresponde a la solución óptima actual en la comuna para la disposición de los residuos sólidos domiciliarios. Por ello, se trabajará considerando como situación base la disposición final en relleno sanitario.

A continuación, se describirán técnicamente los principales aspectos de la situación base que consiste en la disposición en rellenos sanitarios.

- **Residuos sin tratamiento previo.**

La situación base que corresponde a la situación actual de la comuna de San Felipe, considera el vertido de residuos sin ningún tipo de tratamiento previo. Esto quiere decir que la basura es llevada hasta los sitios de disposición final (relleno) de manera directa tras su recolección, sin ser tratada o procesada antes de ser vertida.



Figura 1: Recolección sin separación en origen

Fuente: <http://radio.uchile.cl/2014/05/23/recolectores-de-basura-se-reunen-en-santiago-para-decidir-paro-nacional/>

- **Existencia de lógica y control.**

El vertido o disposición de los residuos en los rellenos sanitarios no se lleva a cabo en forma aleatoria. Hay un plan arquitectónico y una lógica de vertido. Con esto, lo que se pretende es asegurar la estabilidad y el uso óptimo de la superficie lugar en que se colocan los residuos.

- **Impermeabilización basal y tratamiento de percolados.**

Los residuos dispuestos en cualquier superficie generan un líquido de mal olor y aspecto oscuro el cual es producto de la descomposición del material orgánico y la infiltración de aguas lluvias. El líquido antes mencionado es llamado lixiviado o percolado, y puede provocar contaminación en suelos y aguas subterráneas. Para evitar los problemas que provocan los lixiviados o percolados, es que los rellenos hacen uso de la técnica o método de aislamiento de impermeabilización basal. Con ella se busca evitar que los lixiviados transiten hacia el exterior del relleno, disminuyendo el riesgo de contaminación. Para lograr la impermeabilización basal, se construye una barrera elaborada con materiales sintéticos cuya principal característica es que son de baja permeabilidad.

Además de la impermeabilización basal, los rellenos sanitarios deben contar con un sistema de drenaje y tratamiento de líquidos percolados (lixiviados). Los percolados obtenidos a través de un proceso de compactación, atrapados en el sello basal, son drenados a través de una zanja captadora que los conduce hasta las cámaras de inspección. Posteriormente, son conducidos hacia piscinas de acumulación por medio de la vía gravitacional o la mecánica. Una vez que esto ocurre, los lixiviados son ingresados a la planta de tratamiento de líquidos percolados (PTLP) donde se hace uso de procesos biológicos y fisicoquímicos. En la PLTP, se procede a remover todas las componentes contaminantes de los percolados, de modo de obtener un producto que pueda ser descargado a los cursos de las aguas superficiales. Con esta medida, se logra cumplir con la normativa vigente.



Figura 2: Impermeabilización basal.
Fuente: <https://www.maccaferri.com/es/>



Figura 3: Planta tratamiento lixiviados.
Fuente:

http://www.viridiancolombia.com/proyectos/operacion_de_la_planta_de_tratamiento_de_lixiviados_50/

- **Cobertura diaria.**

La cobertura diaria consiste en una capa de tierra con la cual se cubren todos los residuos que han sido dispuestos durante un día de operación en el relleno y la cual debe ser compactada. Esta capa de tierra debe poseer al menos 15 cm de espesor (según DS 189). Su aplicación, busca que los residuos no entren en contacto con el ambiente, mantener controlada la proliferación de vectores sanitarios, el biogás, y la emanación de olores ofensivos a los sectores cercanos. También reduce los riesgos de incendios, y el ingreso de aguas lluvias que facilitan la formación de lixiviados, etc. En resumen, la cobertura diaria permite una mejor operación del relleno sanitario.

En relación a las características que debe poseer y a su manejo, puede indicarse que la cobertura diaria debe poseer una pendiente para proporcionar el escurrimiento, debe ser compactada regularmente y además todos los días debe dejarse documentado dónde se colocó cobertura diaria. Adicionalmente, la cobertura diaria debe ser inspeccionada por posibles erosiones, residuos expuestos o daños provocados por las lluvias.



Figura 4: Cobertura relleno sanitario.

Fuente: <http://decoracionesdebanos.com/tipos-de-rellenos-sanitarios/>

- **Captación de gases y tratamiento.**

Además de los lixiviados, otro producto generado con la acumulación y descomposición de residuos es el biogás. Éste, corresponde a una mezcla de gases de tipo combustibles y no combustibles. Se generan por la ausencia de aire en la fase de descomposición de los residuos orgánicos, los cuales constituyen un pasivo medioambiental. La composición del biogás está dada principalmente por metano (aproximadamente un 50%), dióxido de carbono (entre un 40 y un 45%) y vapor de agua. La mezcla de gases ya mencionada debe ser controlada dado que contribuye al efecto invernadero y provoca un alto grado de contaminación en la atmósfera, provoca olores desagradables que generan molestia para la población y puede poner en riesgo la salud de la gente por las características fisicoquímicas que posee.

En relación a sus usos, el biogás puede utilizarse para la generación de energía, aunque su poder calorífico es bajo. Algunos usos bastante convenientes son utilizarlo como combustible para uso doméstico, para generar electricidad, entre otros. Debido a ello, los rellenos sanitarios incorporan un sistema de captación de gases y tratamiento, con la finalidad de lograr aprovechar los gases que se generan por la descomposición de los residuos orgánicos. La captación de los gases se logra mediante los procesos de drenado, canalización y encaminado hacia equipos que permiten que el biogás sea utilizado como combustible para lograr la obtención de electricidad y/o calor.

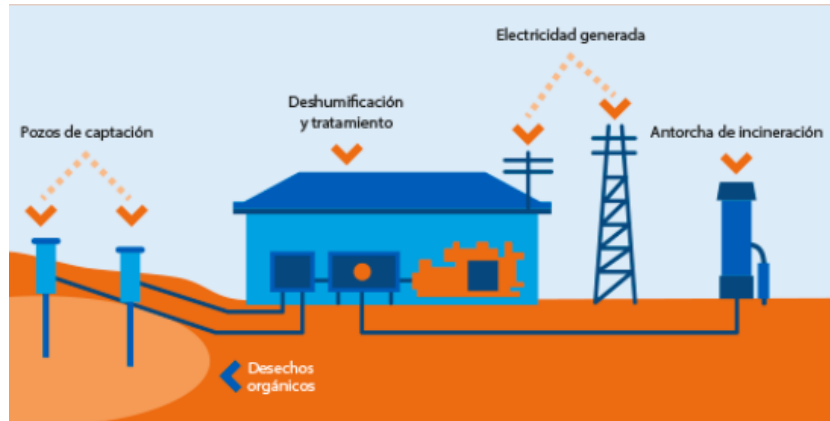


Figura 5: Esquema producción y explotación de biogás en planta de tratamiento de residuos orgánicos en relleno sanitario

Fuente: <http://www.guasmex.com/Relleno.html>

- Control de accesos (personas y animales).**
 Todos los rellenos sanitarios deben encontrarse cerrados perimetralmente, siendo éstos cercados en todo su contorno. El cerco utilizado para el cierre perimetral debe poseer gran altura (mínima de 1,8 metros) y ser de buena calidad. Lo indicado anteriormente, tiene por objeto impedir que ingresen al sitio de disposición final personas que no pertenezcan a las faenas propias del relleno sanitario y animales grandes. Relevante, resulta la existencia de un punto de control para el acceso de vehículos y personas al sitio, siendo obligatorio ir llevando un registro de los accesos.



Figura 6: Acceso relleno sanitario.

Fuente: <http://www.zocalo.com.mx/seccion/articulo/se-preserva-ecologia-con-rellenos-sanitarios-1378024388>

- Manejo post-cierre.**
 Una vez que ha terminado la vida útil de un relleno sanitario, éste no puede ser abandonado de inmediato. El DS 189 deja en evidencia que existe la obligación

de colocar una capa de cobertura final y de operar y/o monitorear los rellenos sanitarios hasta que se pueda asegurar que su abandono definitivo no representa un riesgo ni para la salud ni para la seguridad de las personas. Todo este proceso, puede tardar entre 20 y 25 años que es el tiempo promedio que tarda en degradarse la fracción orgánica de los residuos dispuestos. La fracción inorgánica tarda más, incluso cientos de años en degradarse, pero estando degradada la parte orgánica, ya es posible el abandono.

4.2 Descripción técnica de la propuesta alternativa.

Con la finalidad de mejorar la situación base que como ya se indicó consiste en la disposición de los residuos de la comuna de San Felipe en forma directa en un relleno sanitario tras su recolección (y transporte), se propone dentro de este trabajo de tesis la incorporación del pretratamiento mecánico biológico como un paso previo a la disposición final. Con esta medida, sería posible entregar una solución óptima y definitiva a un municipio que desde el año 2012 viene arrastrando problemas con la comunidad por el deficiente sistema actual de gestión de residuos.

El PTMB, permitiría arrojar material estabilizado que requiere de menos control y que genera menos problemas en los sitios de disposición final, alargando también la vida útil de éstos.

En relación con el pretratamiento mecánico biológico, debe precisarse en primer lugar que no corresponde a una técnica, sino a una familia de técnicas para tratar los residuos en forma previa a su disposición final. Dentro de la familia de técnicas disponibles, debe analizarse cuáles son las más adecuadas acorde a las condiciones que presenta cada caso. Así, no hay un diseño único, sino más bien un diseño de plantas de PTMB específico para cada situación, incorporándose las técnicas que más se adecúen a las condiciones existentes.

A continuación, se mostrará un esquema que contiene el flujo de los procesos (etapas) que involucraría la planta de PTMB propuesta. Luego, se detallará la información más relevante de cada una de las etapas.

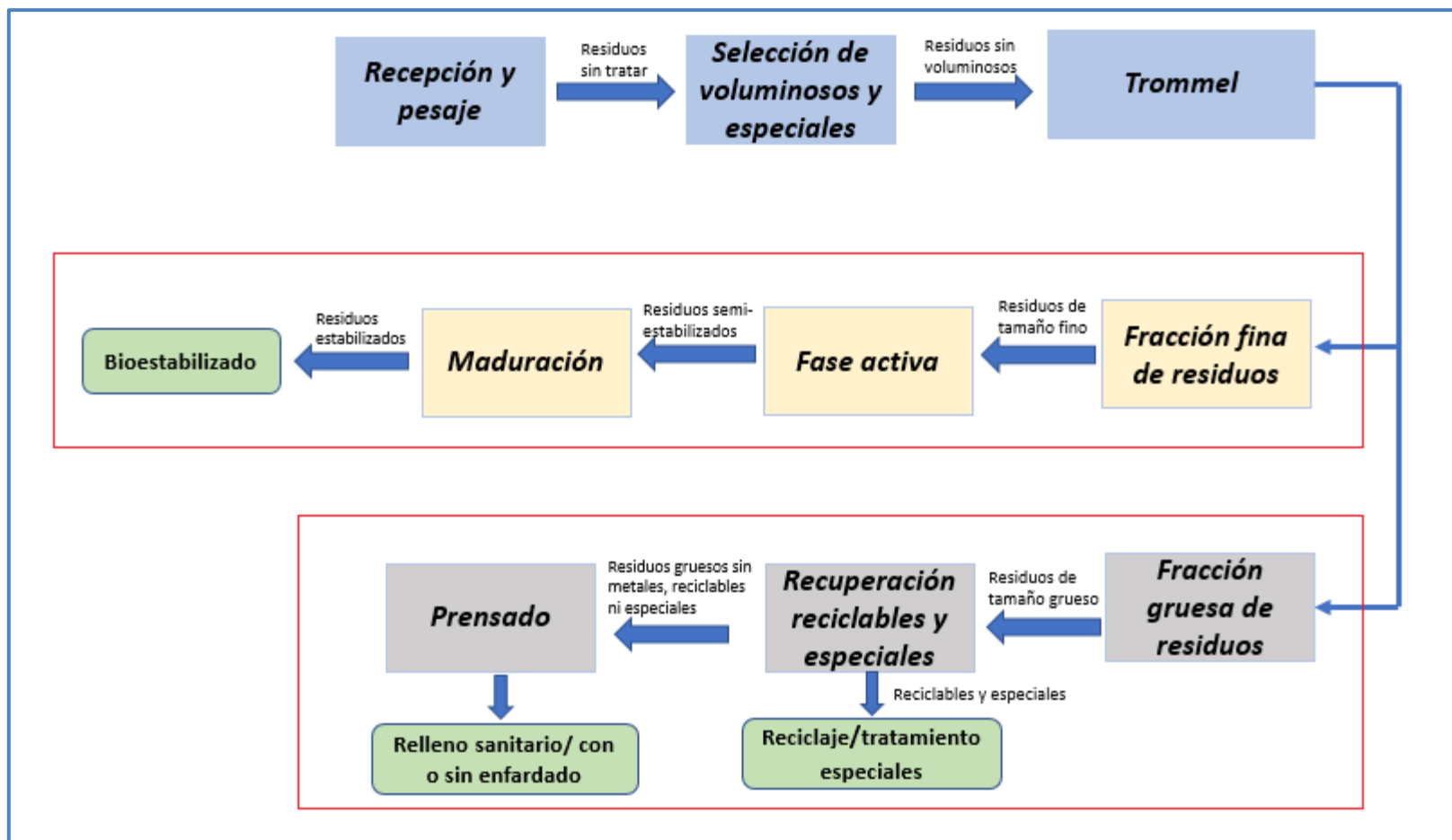


Figura 7: Flujo de procesos propuesta PTB
Fuente: Elaboración propia

4.2.1 Descripción general de las etapas del proceso de la propuesta alternativa

La propuesta alternativa al proceso de gestión actual de residuos, que consiste en el PTMB en una planta incorpora en total siete etapas. Éstas, son descritas a continuación:

- **Recepción y pesaje:** Durante este proceso, en la zona de recepción y pesaje se controlan los camiones que ingresarán a la planta. En esta etapa del proceso, se mide el peso de los camiones tanto al ingreso como a la salida para determinar el volumen de residuos que entran a la planta. Como resultado en esta fase se obtienen las toneladas de residuos a tratar en la planta de pretratamiento mecánico biológico, las cuales son fundamentales para determinar el costo total a cobrar.



Figura 8: Área de recepción, control y pesaje

Fuente: <http://www.zaragozarecicla.org/el-ctruz/instalaciones-y-proceso/area-de-recepcion-control-y-pesaje/>

- **Selección de voluminosos y especiales:** Dentro de este proceso, los residuos se vierten en una cinta transportadora y se extraen todos aquellos que son de gran tamaño y que pueden ser clasificados como especiales. La selección y extracción de voluminosos para el caso de la propuesta que se planteará contempla que este proceso sea realizado en forma manual. Para esta tarea, la idea es contratar recicladores informales, de manera de abarcar también la inclusión social como se hace en varios países del mundo que utilizan el PTMB. Como resultado de esta etapa, se obtienen por un lado los residuos voluminosos y especiales rescatados en el proceso, y por otro, los residuos de menor tamaño libre de voluminosos y especiales.



Figura 9: Selección de residuos especiales y voluminosos

Fuente: <http://comercioyjusticia.info/blog/economia/residuos-cormecor-presenta-estudio-de-impacto-y-apura-el-debut-del-nuevo-predio/>

- **Trommel:** El Trommel es un equipo que posee cuchillos los cuales abren las bolsas y además fragmentan los residuos más blandos que generalmente corresponden a los orgánicos. Dentro de este equipo, existe una separación de residuos acorde al tamaño de las partículas, obteniéndose como resultado una fracción fina que en su mayoría contiene materia orgánica y una fracción gruesa mayoritariamente inorgánica. Ambas fracciones de residuos posteriormente reciben distinto tratamiento.



Figura 10: Equipo Trommel

Fuente: <http://www.recytrans.com/blog/wp-content/uploads/2013/07/trommel.jpg>

- **Fase activa:** En esta etapa ingresa sólo la fracción fina de residuos, la cual corresponde en su mayoría a materia orgánica. Los residuos, son dispuestos en pilas y se cubren con biofiltro (bioestabilizado seleccionado). Luego se desarrolla durante 2 meses el proceso de bioestabilización aeróbica que incluye volteo periódico (normalmente semanal) y control de los niveles de temperatura y humedad, estableciendo medidas correctivas cuando sea necesario. Dependiendo de las condiciones de los residuos, puede ser necesario corregir la

relación carbono nitrógeno (con restos de jardines). La fase activa, puede ser efectuada al aire libre o en un lugar cerrado o semicerrado. Para efectos del desarrollo del proyecto y dado el clima que existe en la comuna para la cual se está diseñando el proceso de PTMB, se prefiere realizar el proceso en un espacio abierto cubriendo los residuos cuando sea necesario.

Como resultado de la fase activa, se obtienen residuos semiestabilizados los cuales luego pasan a la fase de maduración.



Figura 11: Pilas de estabilización de residuos

Fuente: <http://consultoriaempresariamasm Limpias.blogspot.cl/2015/06/efectos-de-la-basura-en-el-aire.html>.

- **Maduración:** En esta etapa ingresa la fracción de residuos semiestabilizada obtenida de la fase activa (en su mayoría materia orgánica). Los residuos, son dispuestos en pilas las cuales pueden ser más altas que las de la fase activa. Durante 4 meses, los residuos dispuestos en las pilas continúan un proceso de bioestabilización aeróbica que incluye volteo periódico del material el cual puede realizarse de manera mucho más distanciada a diferencia del de la fase activa. Sumado a ello, se realiza un control de los niveles de temperatura y humedad, estableciendo medidas correctivas cuando sea necesario. Como resultado del proceso, se obtiene residuos ya estabilizados, cuyo manejo y disposición son mucho más simples.



Figura 12: Maduración RSD

Fuente: <http://cabildo.grancanaria.com/ecoparque-gran-canaria-sur>

- **Recuperación de reciclables y especiales:** En esta etapa el recurso humano (recicladores informales contratados) extraen de la fracción inorgánica de residuos que ingresan al proceso los materiales reciclables y especiales.

Como resultado de este proceso, se obtiene una fracción gruesa de residuos ya libre de todos aquellos materiales que pueden ser calificados como especiales y reciclables. Por otra parte, se obtiene la fracción de reciclables y especiales extraída. Esta fracción, muchas veces es colocada en fardos lográndose su compactación, siendo más fácil el traslado hacia las plantas de reciclaje.



Figura 13: Movimiento de fardos de materiales reciclables

Fuente: http://www.elperiodicodearagon.com/noticias/economia/saica-compra-firma-britanica-futur-limited_624216.html

- **Prensado de fracción gruesa de residuos sólidos:** En esta etapa del proceso, los residuos de la fracción gruesa que no han sido rescatados para reciclaje son dirigidos hasta una prensa. En ella, los residuos se comprimen obteniéndose fardos que facilitan su traslado y permiten mayor aprovechamiento de los espacios de los camiones dispuestos para el transporte de éstos.

4.2.2 Definición de capacidades y requerimientos para la propuesta de PTMB.

Una vez descritas las etapas del proceso que incluiría la propuesta de PTMB, es necesario definir para cada etapa las capacidades del sistema propuesto. Además, deben indicarse los requerimientos en términos de infraestructura, maquinaria y recursos humanos. Para ello, primero debe estimarse la cantidad de residuos a tratar.

Como bien se indicó en la sección 3.2, la comuna de San Felipe genera diariamente poco más de 82 toneladas de residuos. Como demanda base inicial, entonces, para efectos de cálculos se considerará una cifra un poco superior que asciende a 85 toneladas/día. Sin embargo, se sabe el sistema debe ser dimensionado para una capacidad superior, de lo contrario, a muy corto plazo dado el incremento de generación de residuos existente surgirá la necesidad de ampliar su capacidad o diseñar una nueva planta.

Para la proyección de la cantidad de residuos generada durante los próximos 20 años (horizonte de planeación considerado), deben tenerse en cuenta dos datos: crecimiento de la tasa de producción per cápita de residuos y crecimiento de la población para la comuna a evaluar.

Para efectos de determinar la tasa promedio anual de generación per cápita de RSD, el Ministerio de Desarrollo Social de Chile ha formulado una metodología de preparación y evaluación de proyectos de residuos sólidos domiciliarios y asimilables. Esta metodología, sugiere una tasa de crecimiento en la generación de residuos en relación a la clasificación socioeconómica de cada comuna. Esta clasificación, se realiza a través del ingreso promedio del hogar por localidad. A continuación, se muestra la tabla 1 que detalla la clasificación:

ESTRATO SOCIOECONÓMICO	NIVEL DE INGRESO* (I)
Nivel Alto (A)	$I > 1.800.000$
Nivel Medio (M)	$\$850.000 < I < \$1.800.000$
Nivel Bajo (B)	$I < \$850.000$

Fuente: Elaboración propia a partir de información de EMERES y Encuesta CASEN 2000
* Valores en moneda de Diciembre de 2011

Tabla 1: Clasificación socioeconómica de comunas

Fuente: Ministerio Desarrollo Social, 2013.

San Felipe, de acuerdo con la encuesta CASEN 2013 poseía durante dicho año un ingreso monetario promedio por hogar de \$589.073 (última data oficial disponible). El ingreso antes expuesto, permite clasificar a la comuna como una de estrato socioeconómico bajo.

Para el estrato socioeconómico de la Comuna de San Felipe (bajo), la metodología de preparación y evaluación de proyectos de residuos sólidos domiciliarios y asimilables propone utilizar una tasa de crecimiento de residuos PPC de un 3,5%. Esta información, es respaldada por la tabla que se presenta a continuación.

ESTRATO SOCIOECONÓMICO	GENERACIÓN (KG/HAB/DÍA)	RANGO TASA DE CRECIMIENTO MEDIA ANUAL (%)	TASA DE CRECIMIENTO MEDIA ANUAL SUGERIDA (%)
Nivel Alto (A)	1,38	0 – 1%	0,5%
Nivel Medio (M)	1,05	1 – 2,5%	1,8%
Nivel Bajo (B)	0,88	2,5 – 4,5%	3,5%

Tabla 2: Determinación de la tasa de crecimiento media anual de generación per cápita de RSD
Fuente: Ministerio Desarrollo Social, 2013.

Ya obtenido el dato de la tasa de incremento media anual de generación de residuos, debe calcularse el efecto del aumento de la población. Tras realizarse una indagación bibliográfica para rescatar datos, se percibió que no existe información reciente (y oficial) referente a la evolución de la población por comuna para Chile (estadísticas CENSO 2012 han sido invalidadas). Ante lo descrito, si bien no es lo óptimo se ha decidido tomar la última data oficial disponible para estimar la tasa de crecimiento media anual de la población en la comuna de San Felipe, la que corresponde a las proyecciones de población hasta el año 2020, realizadas por el INE a partir del CENSO 2002. La tabla que sigue muestra la cantidad de habitantes proyectada para la comuna de San Felipe entre los años 2002 y 2020, y la tasa de crecimiento media anual estimada a partir de los datos.

Comuna	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
San Felipe	66.461	67.096	67.693	68.265	68.825	69.386	69.950	70.530	71.104	71.687	72.249	72.793	73.326	73.842	74.337	74.812	75.259	75.696	76.103	
																			Población 2020/2002	1,15
																			Tasa crecimiento media anual población de 2012 a 2020 [%]	0,76

Tabla 3: Población proyectada comuna de San Felipe y tasa crecimiento media anual de población
Fuente: Elaboración propia en base a datos INE a partir de CENSO 2012.

Ya conocidos los valores de las variables que afectan el crecimiento de la producción de residuos, se procede a estimar con éstos la cantidad esperada de residuos para los 20 años que constituyen el horizonte de evaluación del proyecto. Lo que sigue, es la tabla 4 que revela la cantidad de residuos proyectada o esperada por año.

PRETRATAMIENTO San Felipe	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Toneladas recibidas por día	85,0	88,6	92,4	96,4	100,5	104,8	109,3	114,0	118,9	124,0	129,3	134,8	140,6	146,6	152,9	159,4	166,3	173,4	180,8	188,5	196,6

Tabla 4: Cantidad de residuos proyectada por año para la Comuna de San Felipe
Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la tabla, se parte en el año 0 con un Q de 85 toneladas/día que es lo que aproximadamente se genera actualmente. Para el año 10, la proyección es de 129,3 toneladas/día generándose un aumento debido a los factores previamente expuestos: crecimiento de la tasa de producción per cápita y crecimiento de la población. Para el año 20, se proyecta la generación de 196,6 toneladas/día de RSD.

La obtención de estos datos permite calcular la capacidad de planta requerida y los recursos necesarios para operar. Como ya se ha visto que la cantidad de residuos generados irá incrementando con el tiempo, se ha optado por contar los primeros 10 años con una capacidad para satisfacer la demanda del año 10 más un margen de seguridad de un 10%, por tanto, la planta los primeros 10 años contará con una capacidad para procesar aproximadamente 142 toneladas diarias (esto en términos de infraestructura, HH. HH y maquinaria).

A partir del año 11, la planta contará con la capacidad de satisfacer la demanda del estimada para el año 20 más un margen de seguridad de un 10%, lo que equivale a aproximadamente 216 toneladas por día (esto en términos de infraestructura y el personal se irá aumentando en forma gradual hasta el año 20).

Se considera para efectos de capacidad de diseño el factor de corrección de un 10%, debido a que siempre pueden existir desviaciones con respecto a las estimaciones, las cuales busca precisamente absorber esta consideración.

A continuación, se presentarán algunas tablas las cuales contienen cada una de las etapas del proceso a llevarse a cabo dentro de la planta de PTMB propuesta. Para cada fase, se detallan varios ítems explicando detalles. Los más relevantes son:

- **Demanda inicial.** Muestra la capacidad que requeriría la planta de PTMB hoy en cada etapa, si fuera diseñada para tratar la cantidad de residuos que se generan actualmente en San Felipe. Como ya se indicó se considera esta cifra asciende a las 85 toneladas/día.
- **Demanda de diseño año 10:** Corresponde a la demanda que el sistema deberá ser capaz de cubrir los primeros 10 años de operación y asciende a 142 toneladas diarias. Para ello, se debe contar con suficientes recursos y capacidades.
- **Demanda de diseño año 20:** Corresponde a la máxima demanda que debe ser capaz de satisfacer el sistema diseñado y asciende a 216 toneladas diarias. En el año 20, es cuando se requiere la mayor cantidad de recursos y capacidades.

En relación a la información que se presentará en las tablas siguientes, es importante explicar para facilitar la comprensión de las cifras presentadas que de todos los residuos que ingresan al sistema, en la etapa de selección de voluminosos se recupera un 0,5%. El resto del material pasa al trommel en que se separan la fracción fina y la fracción gruesa que corresponden cada una a un 50% del total de los residuos que ingresan al trommel. De la fracción fina, un 40% del material desaparece por descomposición y un 60% pasa a la etapa de maduración y posteriormente se traslada hasta un sitio de disposición final. De la fracción gruesa por su parte, un 20% del material se recupera y un 80% se traslada hasta un sitio de disposición final.

Así, se tiene para el caso de la demanda de diseño del año 10 que de las 142,2 toneladas que ingresan al sistema; van hasta un sitio de disposición final casi el 70% que corresponde a un total de 99 toneladas (42,4 de la fase de maduración más 56,6 que corresponden a material no recuperado de la fracción gruesa). Para el caso de la demanda de diseño del año 20, se tiene que de las 216,3 toneladas que ingresan al sistema; van hasta un sitio de disposición final casi el 70% que corresponde a un total de 150,7 toneladas (64,6 de la fase de maduración más 86,1 que corresponden a material no recuperado de la fracción gruesa).

Etapa	Demanda inicial (ton/día)	Demanda año 10	Demanda de diseño año 10	Explicación requerimientos para satisfacer demanda año 10	Requerimientos dda año 10	RR.HH interno que se requiere contratar para dda año 10
Recepción y pesaje	85,0	129,3	142,2	Un camión cada 6 toneladas = 24 viajes; concentrados en dos franjas horarias (mediodía y tarde) de dos horas, equivale a recibir 6 camiones por hora durante dos horas al mediodía y dos horas en la tarde. Se necesita capacidad para pesar un camión cada diez minutos; es suficiente una romana. También se requiere espacio para cinco camiones en espera (100 m ² /camión, 500 m ²)	<ul style="list-style-type: none"> - Romana - Caseta de 30 m² - 500 m² de espacio para camiones - Barreras de acceso 	1 persona por 4 horas
Selección de voluminosos y especiales (0,5%)	85,0	129,3	142,2	Se requiere superficie para clasificar una camionada de 15 m ³ en 10 minutos. Se requieren 60 m ² y 1 o 2 operarios. Con un minicargador frontal se empujan los residuos a una cinta transportadora que los conduce al trommel. Los voluminosos seleccionados (0,71 ton/día con densidad 0,15 ton/m ³ = 4,74 m ³ /día) deben ser destruidos manualmente o en una trituradora y enviados a un relleno sanitario o, eventualmente, a cadenas de reciclaje.	<ul style="list-style-type: none"> - 60 m² de radier - cinta transportadora 10 m (1 m de ancho) - cargador frontal 	2 personas por 4 horas
Trommel	84,6	128,6	141,5	Para optimizar el desarrollo de diversas tareas, es preferible que el trommel procese los residuos a la misma velocidad de llegada (35,3 ton/hora)	<ul style="list-style-type: none"> - trommel 35,3 ton/hora - cinta transportadora de 10 m para fracción gruesa - cinta transportadora de 30 m para fracción fina 	1 persona por 4 horas

Tabla 5: Demandas de capacidad y requerimientos etapas de recepción y pesaje, selección de voluminosos y especiales, y Trommel para satisfacer demanda de diseño año 10

Fuente: Elaboración propia.

Etapa	Demanda inicial (ton/día)	Demanda año 10	Demanda de diseño año 10	Explicación requerimientos para satisfacer demanda año 10	Requerimientos dda año 10	RR.HH interno que se requiere contratar para dda año 10
Fase activa (fracción fina = 50%)	42,3	64,3	70,7	<p>Se incorporan 70,7 ton/día (densidad 0,5 ton/m³ = 141,5 m³), que producen, después de 60 días, un flujo de salida de 42,4 ton/día (densidad = 1 ton/m³ = 42,4 m³).</p> <p>Suponiendo degradación lineal de los residuos, en promedio cada día hay $((141,5+42,4)/2)*60 = 5.517$ m³. La materia es dispuesta en pilas triangulares de 1,5 m de altura, lo que implica 1 m² de superficie por 1 m³ de materia. Para efectuar volteo se requiere una superficie libre equivalente a la superficie utilizada, por lo que en total se requieren 11.034 m² de superficie. Si hay volteo semanal, se deben voltear 788 m³/día, lo que debe ser realizado por una persona en dos horas.</p> <p>Además, puede que parte de los residuos en esta etapa requieran ser chipeados (por ejemplo ramas) para lo que se necesitará una chipeadora que se utilizará aprox 1 hora al día</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 11.034 m² de base compactada - máquina volteadora que pueda voltear 394 m³/hora - Nota: se necesita un cargador frontal pero ya se cuenta con uno - 1 chipeadora 	<p>1 persona por dos horas para volteo</p> <p>1 persona por 1 hora para chipeo</p>
Maduración (60% de fracción fina que entró a fase activa)	25,4	38,6	42,4	<p>Este proceso dura 120 días. Suponiendo que masa y volumen que salen son iguales a lo que entra, se debe asegurar espacio para $120 * 42,4 \text{ m}^3 = 5.093 \text{ m}^3$. Si se disponen en pilas similares a las de la fase activa, se requieren 2 m² de superficie por cada m³ de materia = 10.187 m². Si hay volteo cada dos semanas, debe voltearse 363,8 m³/día, lo que podría realizarse en una hora, considerando que se contaría con una volteadora cuyas características lo permitan.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 10.187 m² de base compactada - Nota: se necesita volteadora y cargador frontal, recursos ya señalados antes. 	<p>1 persona una hora</p>

Tabla 6: Demandas de capacidad y requerimientos etapas fase activa y maduración para satisfacer demanda de diseño año 10

Fuente: Elaboración propia.

Etapa	Demanda inicial (ton/día)	Demanda año 10	Demanda de diseño año 10	Explicación requerimientos para satisfacer demanda año 10	Requerimientos dda año 10	RR.HH interno que se requiere contratar para dda año 10
Recuperación de reciclables y especiales (fracción gruesa = 50%)	42,3	64,3	70,7	Este proceso consiste en la selección manual de material reciclable así como material que pueda perturbar el proceso. Para llevarlo a cabo, se considera utilizar recicladores informales, los cuales no recibirán un pago monetario pero podrán llevarse los reciclables recuperados y comercializarlos (para obtener ingresos). La tasa de recuperación de reciclables es estima en un 20%, lo que equivale a 14,1 toneladas diarias. Se estima basta una cinta de 36 metros para realizar esta tarea.	- Cinta de clasificación de 36 metros - Se requiere usar una enfardadora, contemplada en punto siguiente	No se requiere contratar personal interno para esta labor. Se utilizará los recicladores informales.
Material no recuperado (80% de fracción gruesa)	33,8	51,5	56,6	Finalmente los residuos que quedan pueden ser enfardados y preparados para su envío a relleno sanitario. Esta actividad implica enfardar 56,6 ton/día las cuales se estima debieran ser procesadas en cuatro horas (14,1 ton/hora).	- Enfardadora 14,1 ton/hora	1 persona por cuatro horas

Tabla 7: Demandas de capacidad y requerimientos etapas de recuperación de reciclables y especiales, y material no recuperado para satisfacer demanda de diseño año 10

Fuente: Elaboración propia.

Etapa	Demanda inicial (ton/día)	Demanda año 20	Demanda de diseño año 20	Explicación requerimientos para satisfacer demanda año 20	Requerimientos dda año 20	RR.HH interno que se requiere contratar para dda año 20
Recepción y pesaje	85,0	196,6	216,3	Un camión cada 6 toneladas = 36 viajes; concentrados en dos franjas horarias (mediodía y tarde) de tres horas, equivale a recibir 6 camiones por hora durante tres horas al mediodía y tres horas en la tarde. Se necesita capacidad para pesar un camión cada diez minutos; es suficiente una romana. También se requiere espacio para cinco camiones en espera (100 m ² /camión, 500 m ²)	<ul style="list-style-type: none"> - Romana - Caseta de 30 m² - 500 m² de espacio para camiones - Barreras de acceso 	1 persona por 6 horas
Selección de voluminosos y especiales (0,5%)	85,0	196,6	216,3	Se requiere superficie para clasificar una camionada de 15 m ³ en 10 minutos. Se requieren 60 m ² y 1 o 2 operarios. Con un minicargador frontal se empujan los residuos a una cinta transportadora que los conduce al trommel. Los voluminosos seleccionados (1,08 ton/día con densidad 0,15 ton/m ³ = 7,2 m ³ /día) deben ser destruidos manualmente o en una trituradora y enviados a un relleno sanitario o, eventualmente, a cadenas de reciclaje.	<ul style="list-style-type: none"> - 60 m² de radier - cinta transportadora 10 m (1 m de ancho) - cargador frontal 	2 personas por 6 horas
Trommel	84,6	195,6	215,2	Para optimizar el desarrollo de diversas tareas, es preferible que el trommel procese los residuos a la misma velocidad de llegada (35,9 ton/hora)	<ul style="list-style-type: none"> - trommel 35,9 ton/hora - cinta transportadora de 10 m para fracción gruesa - cinta transportadora de 30 m para fracción fina 	1 persona por 6 horas

Tabla 8: Demandas de capacidad y requerimientos etapas de recepción y pesaje, selección de voluminosos y especiales, y Trommel para satisfacer demanda de diseño año 20

Fuente: Elaboración propia.

Etapa	Demanda inicial (ton/día)	Demanda año 20	Demanda de diseño año 20	Explicación requerimientos para satisfacer demanda año 20	Requerimientos dda año 20	RR.HH interno que se requiere contratar para dda año 20
Fase activa (fracción fina = 50%)	42,3	97,8	107,6	Se incorporan 107,6 ton/día (densidad 0,5 ton/m ³ = 215,2 m ³), que producen, después de 60 días, un flujo de salida de 64,6 ton/día (densidad = 1 ton/m ³ = 64,6 m ³). Suponiendo degradación lineal de los residuos, en promedio cada día hay $((215,2+64,6)/2)*60 = 8.392$ m ³ . La materia es dispuesta en pilas triangulares de 1,5 m de altura, lo que implica 1 m ² de superficie por 1 m ³ de materia. Para efectuar volteo se requiere una superficie libre equivalente a la superficie utilizada, por lo que en total se requieren 16.785 m ² de superficie. Si hay volteo semanal, se deben voltear 1199 m ³ /día, lo que debe ser realizado por una persona en tres horas. Además, puede que parte de los residuos en esta etapa requieran ser chipeados (por ejemplo ramas) para lo que se necesitará una chipeadora que se utilizará aprox 1 hora al día	- 16.785 m ² de base compactada - máquina volteadora que pueda voltear 400 m ³ /hora - Nota: se necesita un cargador frontal pero ya se cuenta con uno - 1 chipeadora	1 persona por tres horas 1 persona por 1 hora para chipeo
Maduración (60% de fracción fina que entró a fase activa)	25,4	58,7	64,6	Este proceso dura 120 días. Suponiendo que masa y volumen que salen son iguales a lo que entra, se debe asegurar espacio para $120 * 64,6 \text{ m}^3 = 7.746$ m ³ . Si se disponen en pilas similares a las de la fase activa, se requieren 2 m ² de superficie por cada m ³ de materia = 15.494 m ² . Si hay volteo cada dos semanas, debe voltearse 553 m ³ /día, lo que podría realizarse en dos horas, considerando que se contaría con una volteadora cuyas características lo permitan.	- 15.494 m ² de base compactada - Nota: se necesita volteadora y cargador frontal, recursos ya señalados antes.	1 persona dos horas

Tabla 9: Demandas de capacidad y requerimientos etapas de recuperación de reciclables y especiales, y material no recuperado para satisfacer demanda de diseño año 20

Fuente: Elaboración propia.

Etapa	Demanda inicial (ton/día)	Demanda año 20	Demanda de diseño año 20	Explicación requerimientos para satisfacer demanda año 20	Requerimientos dda año 20	RR.HH interno que se requiere contratar para dda año 20
Recuperación de reciclables y especiales (fracción gruesa = 50%)	42,3	97,8	107,6	Este proceso consiste en la selección manual de material reciclable así como material que pueda perturbar el proceso. Para llevarlo a cabo, se considera utilizar recicladores informales, los cuales no recibirán un pago monetario pero podrán llevarse los reciclables recuperados y comercializarlos (para obtener ingresos). La tasa de recuperación de reciclables es estimada en un 20%, lo que equivale a 21,5 toneladas diarias. Se estima basta una cinta de 36 metros para realizar esta tarea.	- Cinta de clasificación de 36 metros - Se requiere usar una enfardadora, contemplada en punto siguiente	No se requiere contratar personal interno para esta labor. Se utilizará los recicladores informales.
Material no recuperado (80% de fracción gruesa)	33,8	78,3	86,1	Finalmente los residuos que quedan pueden ser enfardados y preparados para su envío a relleno sanitario. Esta actividad implica enfardar 86,1 ton/día las cuales se estima debieran ser procesadas en seis horas (14,3 ton/hora).	- Enfardadora 14,3 ton/hora	1 persona por seis horas

Tabla 10: Demandas de capacidad y requerimientos etapas de recuperación de reciclables y especiales, y material no recuperado para satisfacer demanda de diseño año 20

Fuente: Elaboración propia.

Es importante destacar que se contempla para el año cero invertir en una infraestructura en términos de construcciones y espacios (terreno), que sea capaz de soportar la operación hasta en el período de máxima demanda que corresponde al año 20. Lo anterior, debido a que la adquisición de estos activos fijos se realiza sólo una vez durante todo el proyecto.

Para el caso de la maquinaria, se considera realizar una primera inversión en el año 0, adquiriendo equipos que permitan satisfacer la demanda de diseño del año 10. En dicho año, se realizará una nueva inversión renovando los equipos de la planta.

De acuerdo a los cálculos, para operar entre los años 11 y 20 es posible adquirir los mismos equipos utilizados durante la operación entre los años 1 y 10; con excepción de uno cuya capacidad no es suficiente, por lo que se requiere comprar otro equipo adicional. Es posible para el resto de la maquinaria adquirir en términos de modelo los mismos equipos que fueron adquiridos al inicio de la operación, debido a que durante los primeros años la maquinaria no es utilizada todo el tiempo (existen tiempos muertos). Así, durante la operación entre los años 11 y 20 se sacaría mayor provecho a la maquinaria utilizándola durante una mayor fracción de tiempo.

En términos de RR. HH, acorde a los cálculos se requieren cambios en términos del Q de personas que han de trabajar en la planta de procesos. El aumento de dotación requerida es contemplado en los flujos económicos presentados más adelante.

5. Modelo de negocios propuesto para situación propuesta (alternativa)

5.1 La forma jurídica.

Las actividades asociadas a la gestión de residuos domiciliarios deberán insertarse en la estructura municipal, dependientes del Departamento de Aseo y Medio Ambiente; la ejecución de los proyectos de inversión, por su parte, dependerá de la Secretaría de Planificación. El marco regulatorio que afecta a estas operaciones es el mismo que afecta a las municipalidades: la Ley Orgánica Municipal.

5.2 Estructura de ingresos.

Los ingresos de la Municipalidad provienen de dos fuentes distintas. En primer lugar, los gastos requeridos para el manejo de residuos sólidos domiciliarios (incluyendo recolección, transporte y disposición final) provienen del presupuesto municipal. Éste puede recuperar parte de los gastos cobrándoselos, en forma prorrateada, a aquellos usuarios domiciliarios cuyas residencias están valuadas en más de 225 UTM. Esta cobranza se realiza en forma automática a quienes pagan contribuciones a tesorería General de la República; en los restantes casos se requiere un esfuerzo de cobranza que a menudo no es exitoso. También deben cancelar su parte los usuarios no domiciliarios, especialmente locales comerciales, los que cancelan en conjunto con la patente municipal. El Municipio debe subsidiar los gastos correspondientes a los usuarios cuyas residencias están valuadas en menos de 225 UTM, y los de aquellos que no cumplen con su obligación de pago. Para ello, cuenta con fondos provenientes de contribuciones, permisos de circulación y aportes del Fondo Común Municipal, entre otros. En el caso de la comuna de San Felipe, la tasa de recuperación de gastos

asociados al manejo de RSD asciende a un 16.3% sobre el total de gastos incurridos. Esta tasa de recuperación es la que se ha considerado para la construcción de flujos económicos de los distintos escenarios a evaluar.

Una segunda fuente de ingresos o recursos que permite costear las inversiones requeridas para llevar a cabo el proyecto o modelo de negocios propuesto es el Fondo Nacional de Desarrollo Regional (FNDR). El FNDR es un programa de inversiones públicas mediante el cual el gobierno de Chile transfiere recursos a las distintas regiones del país para que puedan ejecutar acciones para el desarrollo social, económico o cultural de cada región. Para lograr la obtención del FNDR, en el caso de este proyecto el Municipio debiera presentar el proyecto de inversión al Sistema Nacional de Inversiones (SNI) y obtener de este una recomendación favorable. Después debe obtener la priorización del órgano ejecutivo del Gobierno Regional y la aprobación del Consejo Regional. La posibilidad de obtener estos recursos es razonablemente alta si se obtiene la recomendación favorable del SNI.

En términos de qué se costeará a través del FNDR para el caso del modelo de negocios sugerido, puede indicarse que principalmente dos cosas: construcciones y equipos (maquinaria). Es relevante mencionar que para lograr obtención de los recursos necesarios a través del FNDR, es clave lograr involucrar al gobierno en este tipo de iniciativas. Al respecto, tener claridad con respecto a las externalidades asociadas al PTMB puede ser de gran utilidad. Más adelante, se expondrán cuáles son las principales externalidades asociadas a este conjunto de técnicas.

5.3 Estructura de costos.

En una primera etapa, la actividad sería desarrollada bajo administración directa; esto es, con personal y recursos del Municipio. Sin embargo, en el corto plazo, una vez alcanzado un estado de régimen, es conveniente externalizar la operación del sistema. La externalización permitiría asegurar una operación más flexible, asegurar un mayor esfuerzo por alcanzar eficiencia, y mantener constantes los costos para el Municipio. El acuerdo con el operador externo puede incluir un pago tanto por los gastos fijos propios de la planta de pretratamiento, como un costo variable por la cantidad de toneladas.

Una variable clave para el éxito del proyecto es el costo de la disposición final de los residuos estabilizados. Si son dispuestos a un costo similar al de residuos no pretratados, la viabilidad del proyecto se ve amenazada. En todo caso, para el receptor de los residuos pretratados, no es necesario cobrar dicha tarifa; puede hacerlo, beneficiándose de su posición estratégica, pero seguiría siendo conveniente recibirlos a cambio de un pago sustantivamente inferior. Los residuos estabilizados producirían una baja cantidad de gases y lixiviados, y estructuralmente son más factibles de manejar. La fracción fina estabilizada, además, permite reemplazar el uso de material de cobertura. Por ello, es necesario negociar con el receptor de los residuos un pago diferenciado.

Eventualmente, ante un rechazo de la empresa receptora de los residuos a la posibilidad de redefinir sus precios, la Municipalidad deberá evaluar iniciativas de manejo directo de residuos pretratados, construyendo un vertedero alternativo para residuos pretratados, y/o la construcción de una alianza con una empresa cementera para la co-incineración de la fracción gruesa estabilizada (papeles, cartones y plásticos).

En ambos casos se trata de proyectos de baja complejidad técnica, que permitirían asegurar un menor costo de disposición de los residuos pretratados.

5.4 Estrategia de sustentabilidad social.

La Municipalidad debe promover las ventajas sociales y ambientales de la metodología propuesta, de modo de asegurar la factibilidad del proyecto y la disposición de la comunidad a aceptar un gasto que eventualmente sea mayor al tradicional.

Los principales aspectos que deben ser considerados son:

- Difusión de ventajas ambientales y sociales del pretratamiento, principalmente facilitar la recirculación de los materiales y disminuir la existencia de pasivos ambientales.
- Integración de tecnologías de pretratamiento con estrategias de minimización, recolección separada, reciclaje y compostaje. Las instalaciones del pretratamiento pueden servir también con actividades de reciclaje y compostaje.
- Liderazgo en el desarrollo de políticas públicas que promuevan el pretratamiento, la minimización, el reciclaje y el compostaje. Un municipio que sea pionero en el manejo de los residuos puede impulsar políticas públicas que favorezcan estas iniciativas, como establecer límites de residuos “crudos” enviados a rellenos sanitarios, o la exigencia a rellenos sanitarios de establecer tarifas diferenciadas para residuos pretratados.

5.5 Externalidades del proyecto que justifican que sea apoyado por el Estado.

El pretratamiento mecánico biológico (PTMB) es un conjunto de técnicas que trae asociado consigo varias externalidades positivas, las cuales avalan su implementación y el apoyo por parte del gobierno para este tipo de iniciativas (idealmente a través de fondos). Estas externalidades, al ser valorizadas en términos monetarios, probablemente harían que el costo social asociado al proyecto de incorporar el PTMB en el sistema de gestión actual sea inferior al costo privado del mismo. Lo indicado con precedencia, ya que el costo social puede ser expresado como: $\text{Costo social} = \text{Costo privado} - \text{Externalidades}$.

A continuación, se describirán las principales externalidades asociadas al pretratamiento mecánico biológico, las cuales representan grandes beneficios desde el punto de vista social.

5.5.1 El PTMB permite construir una solución consolidada al manejo de residuos.

Hoy, para los municipios de las diversas comunas del país existe una dependencia absoluta de los rellenos sanitarios en materia de manejo de residuos, dependencia que es cada vez más peligrosa. Lo anterior, debido a que los rellenos por sí solos no son una solución óptima ni son suficiente; sobre todo si se considera que están siendo cada vez más inseguros y caros; y por otra parte, menos viables.

Incorporar el PTMB como paso previo a la disposición de los residuos en los rellenos sanitarios y/u otros sitios de disposición final, permite mitigar gran parte de los problemas que hoy ocurren en los rellenos sanitarios, problemas que son originados tanto por las características de los residuos como por la infraestructura y modos de operación que presentan los rellenos. Contar con residuos de mejores características, permite que estos requieran de menos cuidados. Esto favorece por una parte a los rellenos sanitarios debido a que se reducen sus costos de operación, y por otra, a la comunidad debido a que se produce menos contaminación al reducirse el impacto de los residuos sobre el medioambiente. A su vez, esto conlleva a reducir los conflictos existentes en materia medioambiental, lo que beneficia tanto a los municipios como al gobierno.

En Chile, durante el último tiempo se han originado varios conflictos que evidencian que el sistema de gestión actual de residuos no es sostenible en el tiempo. A continuación, se describen los principales:

- **Problema Relleno Sanitario La Hormiga, comuna de San Felipe.**

Uno de los problemas más controversiales en materia de sitios de disposición final de RSD, es el que se ha dado en la comuna de San Felipe con el “relleno Sanitario La Hormiga”. La principal razón del conflicto es que la empresa proveedora del servicio de disposición final de residuos (GEA) no ha cumplido con el compromiso que adquirió con el municipio al momento de ser escogida. Este compromiso, consistía en que dentro de un plazo definido “La Hormiga” dejaría de operar como un vertedero, pasando a transformarse en un relleno sanitario. Bajo esta promesa, se acordó entre GEA y el municipio una tarifa por tonelada dispuesta equivalente al cobro de disponer en un relleno sanitario, a pesar de que GEA empezaría a operar como relleno sanitario unos años después.

Tras darse un incumplimiento del compromiso antes señalado, el municipio de San Felipe comenzó a experimentar diversos problemas los cuales fueron agravándose con el tiempo. Dado lo anterior, la Superintendencia del Medioambiente indicó a principios del año 2017 que se debía proceder al cierre definitivo del vertedero La Hormiga, sitio de disposición final que aún no se transformaba en relleno. Esta indicación fue realizada a pesar de que en el año 2014 la autoridad sanitaria había tomado la decisión de autorizar extender el funcionamiento del vertedero, más allá de 7 años desde la aprobación del proyecto. Actualmente, el vertedero La Hormiga sigue funcionando, sin embargo, el municipio de San Felipe no está pagando a la empresa por disponer los residuos hasta que se regularice la situación y se cumplan los compromisos adquiridos por parte de GEA. En cierta medida, lo descrito constituye una medida de presión por parte del municipio para que sus residuos sean dispuestos en un relleno sanitario. Esto, a pesar de que el relleno sanitario por sí solo no es una solución consolidada, pero sí una solución mejor que la que actualmente tiene la municipalidad de San Felipe.

- **Reducción de vida útil relleno Santa Marta.**

El relleno Santa Marta es un buen ejemplo de que los rellenos por sí solos no constituyen una buena solución en materia de gestión de residuos, ya este sitio ha presentado varios problemas durante los últimos años, todos ellos muy difundidos por los medios de comunicación. Durante el mes de enero del año 2016, por ejemplo, se generó un gran incendio el cual llevó a que se cuestionara qué es lo que está haciendo Chile con los residuos domiciliarios. Estos cuestionamientos, son totalmente comprensibles, sobre todo si se considera que Chile es uno de los países con peor desempeño en materia de reciclaje, lo que hace que el problema de manejo de residuos sea crítico.

Tras el incendio del año 2016, la Superintendencia del Medio Ambiente determinó que el relleno Santa Marta no podría operar al 100% de su capacidad y que la continuidad de su operación se llevaría a cabo sólo mediante permisos mensuales entregados por la autoridad (HERRERA, J., 2017). Esto, ocurrió hasta mayo de 2017, mes en que finalizó el nuevo diseño geométrico del sitio de disposición final. Esta medida permitió que el relleno volviera a operar en condiciones normales y de manera completa, pero redujo su vida útil en ocho años: de 2035 a 2028 (HERRERA, J., 2017).

Una de las grandes preocupaciones ahora, es qué se hará en la Región Metropolitana durante los próximos años. Esto, considerando que dos de los cuatro rellenos sanitarios que existen en la zona están prontos a cumplir su vida útil: el relleno Santiago Poniente en 2024 y Santa Marta en 2028. Es sabido por una parte que a ningún ciudadano le gustaría tener un relleno sanitario en su comuna y que la población demuestra su rechazo a estos sitios; y por otra parte, para instalar un nuevo relleno sanitario se requieren alrededor de 10 años lo que representa un enorme riesgo ya que se está casi fuera de plazo para lograrlo.

Para cerrar la exposición del caso del relleno Santa Marta, es importante mencionar que entre los años 2002 y 2016, este sitio de disposición final ha sido sancionado 45 veces por problemas tales como: deficiencia en estabilización de residuos, mal manejo de líquidos lixiviados, etc. Gran parte de los problemas por los cuales se ha sancionado al relleno, pueden ser solucionados a través de la incorporación del PTMB.

- **Rechazo a los proyectos de instalación de rellenos sanitarios en Til Til y Chiloé**

Dadas las características de los residuos domiciliarios que actualmente son dispuestos en los rellenos sanitarios (sin pretratamiento y no estabilizados), estos provocan grandes problemas como los ya descritos: malos olores, contaminación de suelos, producción de biogás, etc. Todo esto, lleva que la ciudadanía rechace el hecho de que los sitios de disposición final sean instalados en sectores cercanos a sus hogares. Esto, está dificultando el encontrar sitios para la instalación de rellenos sanitarios y está encareciendo además el costo de los terrenos utilizados para este propósito. A largo plazo, será cada vez más difícil la

apertura de un relleno, y una evidencia de esto han sido las manifestaciones por parte de la población a los proyectos de Til Til y Chiloé.

En el caso de Til Til, durante el mes de agosto del año 2017 dos dirigentes sociales caminaron más de 50 kilómetros por más de nueve horas hasta La Moneda, con la finalidad de entregar una carta a la presidenta Michelle Bachelet (OBRADOR, P., 2017). Con esta acción, los dirigentes pretendían demostrar su rechazo al relleno exigiendo al gobierno una solución.

En el caso de Chiloé, por su parte, el consejo municipal de Castro expuso durante el mes de julio de 2017 su rechazo al relleno sanitario provincial que se tenía planificado instalar en la zona en el sector de Punahuel-Puacura. En particular, el alcalde de Castro Sr. Juan Eduardo Vera, evidenció su negativa a la materialización de la iniciativa de inversión del relleno. Vera, indicó que, a pesar de estar en contra de la instalación del relleno en el sector escogido, sí se encontraba dispuesto a trabajar un proyecto alternativo, donde se incluya el reciclaje con el fin de cuidar y proteger el medioambiente, en un lugar distinto, alejado de lugares habitados. La negativa por parte del alcalde de Castro a continuar con el proyecto de relleno sanitario y a ceder un terreno, provocó la molestia del jefe regional de Los Lagos (BARRÍA, D., 2017).

- **Excesivo encarecimiento relleno sanitario Osorno.**

Ya se ha indicado el hecho de que los rellenos sanitarios, dada la dificultad para su instalación se encarecen cada vez más. Una prueba concreta de esto es lo que ha ocurrido con el proyecto de relleno sanitario de Osorno. Tras iniciarse el proyecto, se detectó que se requerirían recursos adicionales para poder finalizar el proyecto con éxito. Según sostuvo el intendente de la Región de Los Lagos durante el mes de septiembre de 2017: “Se requiere un aumento adicional de 3.500 millones con los que se podrá tener un relleno sanitario para la provincia de Osorno que esté funcionando de aquí a seis meses o un año más como máximo” (GUERRERO, F., 2017).

La declaración indicada previamente, ha generado un panorama de preocupación en la comisión provincial de Osorno ante la postergación del proyecto de relleno sanitario en Curaco. Una de las principales dificultades que ha generado el encarecimiento del proyecto, han sido los problemas de suelo que presenta el terreno y que mantienen postergados los trabajos desde el año 2015 (SALAZAR, D., 2017).

5.5.2 Beneficios ambientales

Uno de los principales objetivos del PTMB es lograr beneficios ambientales a través de la eliminación de los contaminantes que afectan tanto a la atmósfera como al suelo. En términos generales, los tres principales beneficios ambientales del PTMB son:

- Menor riesgo de contaminación de cursos de agua: el PTMB logra reducir a un mínimo la concentración de sustancias contaminantes presentes en los lixiviados que podrían contaminar los cursos de aguas de las zonas en que se instalan los sitios de disposición final. Actualmente, la contaminación de aguas podría darse por la falta de impermeabilización o por la existencia de daños en la impermeabilización de los rellenos sanitarios, lo que haría que los lixiviados entren en contacto con el agua. Esto, es evitado con el PTMB.
- Menor riesgo de contaminación atmosférica: los residuos sólidos domiciliarios que son sometidos al PTMB al ser materia estabilizada y ya tratada, emana menos olores y no presenta actividad, lo que previene los incendios que actualmente son generados por la disposición de materia orgánica no estabilizada en los sitios de disposición final.
- Menor emisión de biogás: el biogás es una mezcla de gases que se caracteriza por ser un importante contribuyente al efecto invernadero. Por ello, durante el último tiempo han existido bastantes presiones para su eliminación, siendo generalmente quemado o utilizado para producir energía eléctrica. El PTMB, dadas las características de los residuos después del tratamiento que reciben, permite reducir las emisiones de gas, y consecuentemente, permite reducir su contribución al efecto invernadero.

5.5.3 Menor conflictividad social asociada al manejo de residuos.

Como se ha evidenciado previamente, existe un rechazo masivo por parte de la ciudadanía a la instalación de los rellenos sanitarios en sectores cercanos a los cuales habitan. Es por eso que la población ha comenzado a manifestarse masivamente y en forma permanente para demostrar su desacuerdo con la apertura de nuevos rellenos sanitarios que contaminan el medioambiente.

El PTMB, permite por una parte reducir la contaminación y los efectos adversos que los RSD provocan sobre el medioambiente, generando un menor impacto en los sectores aledaños a los sitios de disposición final. Por otra parte, el PTMB permite además reducir la cantidad de residuos que van a los rellenos y/o vertederos. Ambos beneficios mencionados, pueden traducirse en un menor descontento por parte de la población al verse menos impactada, lo que a su vez se traduciría en menos conflictos sociales (principalmente manifestaciones).

5.5.4 Reducción o eliminación de la desvalorización de terrenos.

Uno de los problemas que traen consigo los rellenos sanitarios son que los terrenos que se encuentran cercanos a las zonas de instalación de estos se desvalorizan (pierden valor). Lo descrito, ocurre debido a que a la población le disgusta vivir en zonas cercanas a estos sitios de disposición final dados los efectos negativos que los rellenos traen consigo en la actualidad: malos olores, contaminación de aguas y suelos, entre otros. Todos los efectos negativos ya mencionados ocurren debido a que los residuos son disponibilizados sin ser estabilizados.

El PTMB, contribuiría a que los terrenos cercanos a los rellenos sanitarios no se desvaloricen. Lo indicado anteriormente, ya que los residuos al ser pretratados son estabilizados. La materia estabilizada al ser dispuesta en sitios como los rellenos sanitarios, prácticamente no presentan actividad no generan los problemas medioambientales que sí generan los residuos sin tratar.

Es importante destacar que las áreas sacrificadas al utilizar el PTMB serían o podrían ser menores a las actuales. Esto, porque con el PTMB se reduce la cantidad de residuos que van a disposición final tras rescatarse los reciclables y biodegradar la materia orgánica. Así, se requiere de menos espacio para la disposición final.

5.5.5 Reducción de la necesidad de invertir en rellenos sanitarios.

El PTMB es un conjunto de técnicas que como bien se ha mencionado permite rescatar los residuos valorizables (reciclables), y además, hace posible que durante el proceso de degradación desaparezcan parte de los RSD. Ambos sucesos, permiten que la cantidad de residuos a ubicar en los sitios de disposición final al utilizar el PTMB sea inferior a la cantidad de residuos dispuestos en la situación actual.

La reducción de residuos llevados a rellenos sanitarios y/o vertederos, por su parte, hace que los sitios de disposición final tengan una mayor vida útil, siendo la apertura de este tipo de lugares menos frecuente al incorporar el PTMB. Lo indicado precedentemente, permite reducir la conflictividad asociada al manejo de residuos, la cual ya ha sido expuesta.

5.6 Resumen modelo de negocios propuesto

Con la finalidad de resumir los aspectos relevantes del modelo de negocios, se presenta a continuación la figura 14.

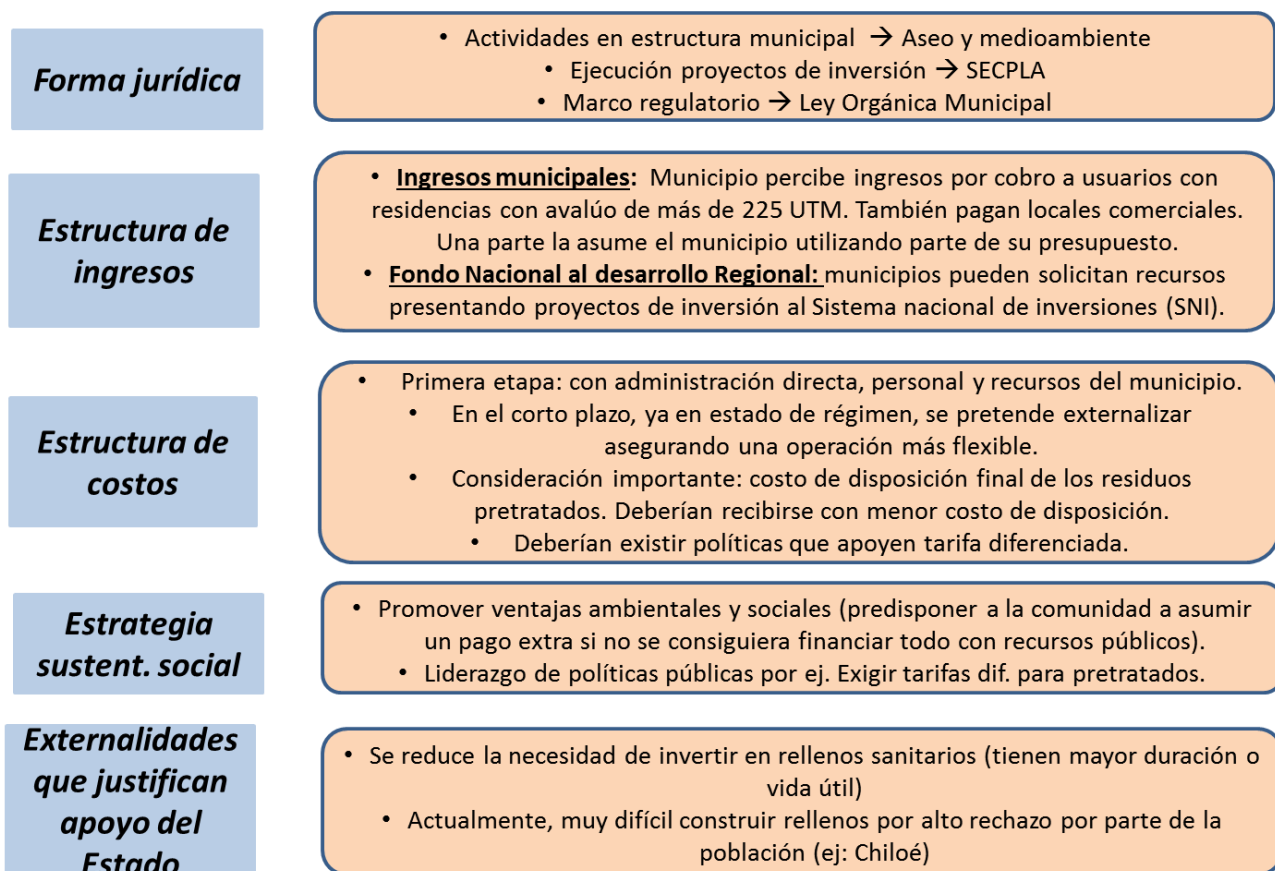


Figura 14: Resumen modelo de negocios propuesto
Fuente: Elaboración propia

6 Comparación características generales y evaluación de tipo económica de la situación base optimizada y la situación propuesta (alternativa).

Para facilitar la detección de diferencias en términos de etapas y características entre ambas situaciones (base optimizada y alternativa), a continuación, se muestran y explican la figura 15 y la tabla 4.

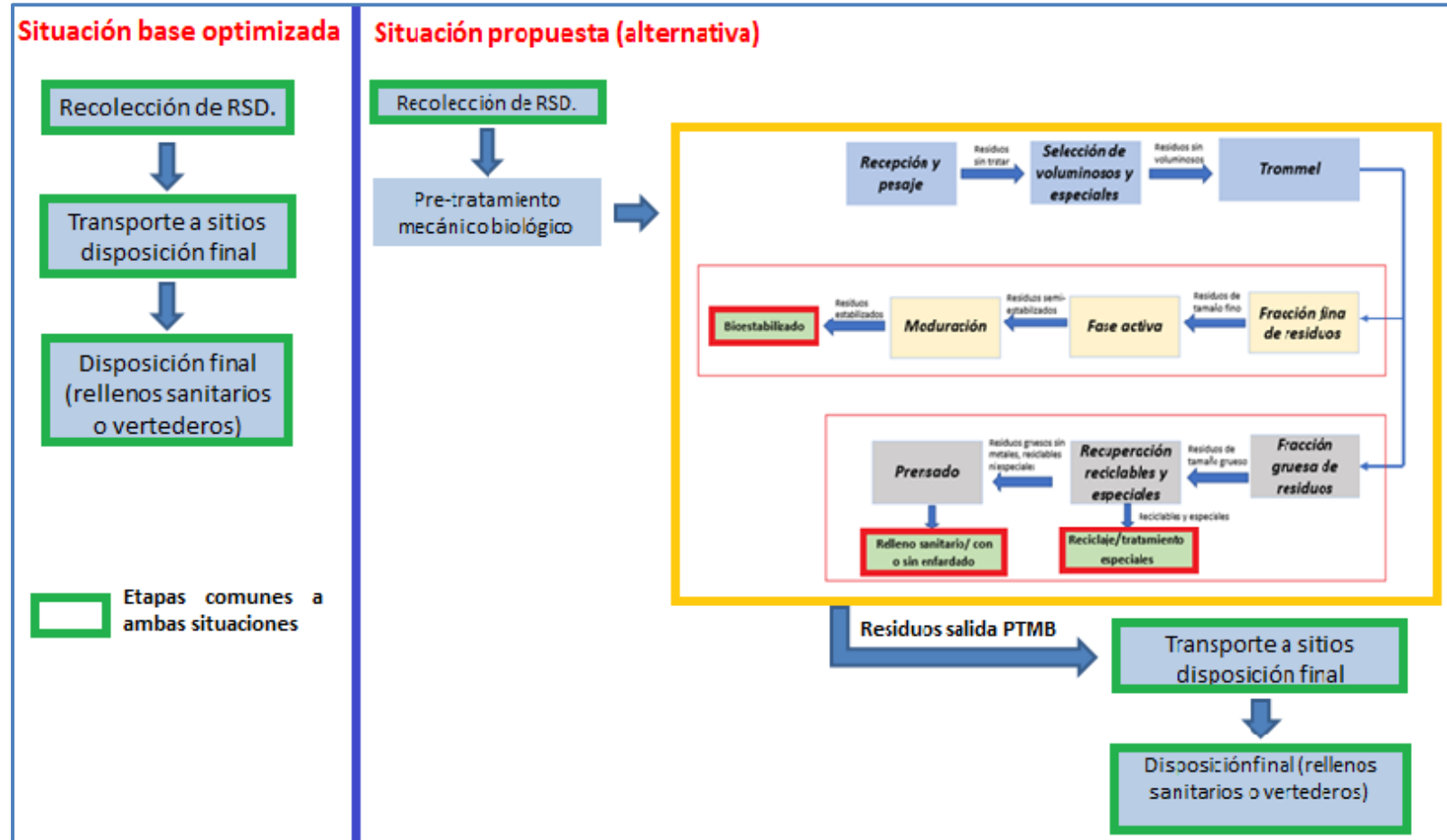


Figura 15: Comparación gráfica situación base optimizada y situación propuesta (alternativa)

Fuente: Elaboración propia.

Como es posible observar en la figura 15, la situación base en términos de etapas es bastante simple y considera sólo la recolección y el transporte de residuos (que muchas veces son vistos como una sola etapa) y la disposición final en relleno sanitario. La disposición en relleno sanitario, a su vez, exige varios procesos asociados al manejo del material, el cuál una vez dispuesto no puede ser descuidado debiendo invertirse bastantes recursos para evitar desastres medioambientales (todos estos procesos han sido descritos en la sección 4.1).

Es evidente que la situación propuesta de incorporar el PTMB como paso previo a la disposición final, involucra además de las etapas de la situación base optimizadas varias otras que permiten la separación, clasificación y eliminación de residuos. Llevar a cabo estos nuevos procesos hace posible extraer residuos a los cuales aún se les puede dar uso, estabilizar residuos orgánicos, recuperar residuos que podrían resultar peligrosos de disponer en rellenos, entre otros. A continuación, se resumen las principales diferencias entre la situación base optimizada y la situación alternativa.

Situación base optimizada	Situación alternativa (propuesta)
Materiales peligrosos son dispuestos en relleno sanitario, debido a que no existe clasificación y extracción de estos. Ello, puede provocar problemas de manejo del relleno sanitario.	Se evita la disposición de materiales peligrosos que podrían ocasionar problemas en relleno sanitario dado que estos son extraídos durante el PTMB para ser enviados a lugares en que no ocasionen problemas
No se recuperan materiales reciclables por lo tanto hay valor económico que es desperdiciado	Se recuperan materiales reciclables y su valor económico permite costear parte de la mano de obra del PTMB
Residuos que ingresan a relleno sanitario (dispuestos) no se encuentran estabilizados	Residuos que ingresan a relleno sanitario (dispuestos) se encuentran estabilizados (gracias a PTMB)
Residuos dispuestos en relleno necesitan control periódico para evitar desastres por no encontrarse estabilizados (manejo consume muchos recursos)	Residuos dispuestos en relleno sanitario prácticamente no necesitan control ya que al encontrarse estabilizados difícilmente provocarán problemas como por ejemplo incendios (manejo consume pocos recursos)
Relleno sanitario puede ver reducida su vida útil al disponerse todo tipo de residuos sin ninguna clasificación o separación previa de los materiales que pueden provocar su deterioro (por ej de sus bases permeabilizadas)	Relleno sanitario puede ver alargada su vida útil al disponerse en él sólo materiales estabilizados o no peligrosos, los que permiten evitar el deterioro del relleno (por ej de sus bases permeabilizadas)
Mayor probabilidad de contaminación al medio ambiente por residuos inestables	Menor probabilidad de contaminación al medio ambiente por residuos estabilizados

Tabla 11: Principales diferencias situación base optimizada y situación alternativa (propuesta)

Fuente: Elaboración propia.

Tanto la situación base como la situación alternativa (propuesta) involucran ciertos costos. Éstos, deben ser evaluados con la finalidad de poder contar con información de tipo económica para poder realizar posteriores comparaciones en términos monetarios a la hora de querer tomar una decisión. A continuación, se procede a exponer el detalle de cada una de las opciones manejadas.

6.1 Evaluación económica situación base.

La situación base, como ya se ha indicado, corresponde a la recolección de los residuos sólidos domiciliarios y su transporte de manera directa hasta el sitio de disposición final, el cual teóricamente, debiera corresponder al relleno sanitario La Hormiga.

Los costos asociados a este modo de operar generalmente son divididos en dos grandes ítems que corresponden a: costos de recolección y transporte y los costos de disposición final. A continuación, se expone la tabla 12, la cual muestra en detalle para el año 2016 cuáles fueron los costos asociados a ambos ítems durante todos los meses del año.

Mes	Toneladas	Recolección y transporte		Disposición final		Costo total
		Precio [\$/tonelada]	Costo ítem	Precio [\$/tonelada]	Costo ítem	
ene-16	2.681	\$ 30.613	\$ 82.058.759	\$ 11.200	\$ 30.021.824	\$ 112.080.583
feb-16	2.480	\$ 33.800	\$ 83.833.126	\$ 11.200	\$ 27.779.024	\$ 111.612.150
mar-16	2.649	\$ 31.730	\$ 84.050.549	\$ 11.200	\$ 29.668.016	\$ 113.718.565
abr-16	2.264	\$ 34.450	\$ 77.990.322	\$ 11.200	\$ 25.355.344	\$ 103.345.666
may-16	2.405	\$ 31.247	\$ 75.159.347	\$ 11.200	\$ 26.939.696	\$ 102.099.043
jun-16	2.358	\$ 33.891	\$ 79.901.083	\$ 11.200	\$ 26.405.008	\$ 106.306.091
jul-16	2.355	\$ 34.154	\$ 80.427.205	\$ 11.200	\$ 26.374.208	\$ 106.801.413
ago-16	2.355	\$ 33.676	\$ 79.301.592	\$ 11.200	\$ 26.374.208	\$ 105.675.800
sept-16	2.433	\$ 30.734	\$ 74.774.285	\$ 11.200	\$ 27.249.040	\$ 102.023.325
oct-16	2.662	\$ 30.581	\$ 81.405.093	\$ 11.200	\$ 29.813.840	\$ 111.218.933
nov-16	2.594	\$ 31.602	\$ 81.972.112	\$ 11.200	\$ 29.051.568	\$ 111.023.680
dic-16	2.847	\$ 28.504	\$ 81.155.734	\$ 11.200	\$ 31.888.304	\$ 113.044.038
Promedio	2.507	\$ 32.082	\$ 80.169.100	\$ 11.200	\$ 28.076.673	\$ 108.245.773
Total	30.083		\$962.029.207		\$336.920.080	\$1.298.949.287

Tabla 12: Costos asociados a disposición final de RSD en San Felipe
Fuente: Ilustre Municipalidad de San Felipe

Los costos de recolección y transporte engloban los procesos de retiro de los residuos sólidos urbanos desde la vía pública y de traslado de éstos hasta el sitio de disposición final que el municipio haya contratado.

El proceso de recolección se realiza haciendo uso de camiones tolva compactadores que comprimen los residuos. En él, se requiere una cuadrilla de trabajadores (usualmente 3), los cuales recorren la ciudad y recogen y cargan la basura en los camiones. Luego de esto, los camiones con residuos son conducidos hasta el sitio de disposición final.

En la tabla 12, se puede observar que los costos asociados al proceso de recolección y transporte durante el año 2016, en la comuna de San Felipe, en promedio bordearon los \$32.082. Esta cifra bastante alta y se encuentra por sobre el promedio nacional que

oscila entre los \$25.000 y \$26.000. Como bien queda en evidencia en los antecedentes expuestos, los costos de recolección y transporte son bastante altos y superan con creces a los costos asociados a disposición final. En parte, esto se debe a que los camiones circulan realizando el proceso de recolección de residuos durante gran parte del día, movilizándose por todos los sectores de la ciudad.

Los costos de disposición final, por su parte, engloban el servicio que entrega la empresa con la cual se tenga licitación. Este servicio, básicamente consiste en facilitar un lugar en el cual disponer los residuos que les son entregados y en manejarlos hasta que estos no representen peligro alguno (hasta que se transformen o comporten como material inactivo o inerte).

Como bien se observa en la tabla 12, si bien su valor es representativo, los costos de disposición final son bastante inferiores a los de recolección y transporte, siendo casi la tercera parte de éstos. En el caso de la comuna de San Felipe, durante el año 2016 ascendieron a \$11.200 por tonelada, cifra que se encuentra dentro del rango promedio a nivel nacional que bordea los \$11.000.

6.2 Evaluación económica situación alternativa (cuatro escenarios).

La situación alternativa involucra incluir el pretratamiento mecánico biológico como un paso previo al proceso de disposición final. Como bien se ha mencionado previamente, esto permitiría disponer residuos ya estabilizados que prácticamente no requieren control y no provocarían problemas tales como incendios y otros desastres que ocurren de manera no poco frecuente (ej. Relleno Santa Marta). Como el material que se obtiene del PTMB es de más fácil manejo, esto permite una reducción de los costos asociados a este proceso en los rellenos sanitarios.

Para efectos de la evaluación económica de la situación alternativa, se ha decidido considerar cuatro escenarios distintos.

El primero de ellos considera la incorporación del PTMB para los RSD de San Felipe y que éstos sean dispuestos en el relleno sanitario La Hormiga pagando las mismas tarifas que se pagan actualmente (\$11.200 por tonelada).

El segundo, considera la incorporación del PTMB para los RSD generados por la comuna de San Felipe y que estos sean dispuestos en el relleno sanitario La Hormiga pagándose una tarifa inferior (50% menos) a la que se paga actualmente por tonelada, reconociéndose entonces que se reciben residuos de mejores características los cuales implican menos trabajo.

El tercer escenario, considera la incorporación del PTMB para los RSD generados en San Felipe y que éstos sean dispuestos en el relleno sanitario de Til Til que queda más distante que el de La Hormiga, pero que se presenta como una buena opción si se quisiera realizar un cambio de sitio de disposición final dada la controversia que ha generado La Hormiga en la comunidad. En este caso, al igual que en la primera alternativa descrita, no se considera la existencia de tarifa diferenciada por entregar residuos de mejores características (\$8.000 por tonelada dispuesta).

El cuarto escenario, considera la incorporación del PTMB para los RSD generados por la comuna de San Felipe y que estos sean dispuestos en el relleno sanitario La Hormiga pagándose una tarifa inferior (25% menos) a la que se paga actualmente por tonelada, reconociéndose entonces que se reciben residuos de mejores características los cuales implican menos trabajo.

Ante cualquiera de los cuatro escenarios indicados, lo común a todos es el PTMB. Es importante exponer que el hacer que los residuos pasen por el proceso de PTMB, tiene varios costos asociados. Por una parte, se debe incurrir en costos de equipamiento e infraestructura en la fase previa a la operación, y por otra, al encontrarse ya en régimen la planta se debe incurrir en costos de mano de obra, insumos, entre otros. Todos los costos antes expuestos son similares para las cuatro alternativas consideradas para la evaluación económica. Por ello, se partirá revelando el detalle de éstos (que han sido considerados para la elaboración de los flujos) antes de mostrar los flujos diferenciados de cada opción evaluada.

6.2.1 Costos asociados a la instalación y funcionamiento de planta de PTMB

Los costos asociados a la instalación de la planta de pretratamiento mecánico biológico se han dividido principalmente en dos grupos: costos de infraestructura y equipamiento, y costos de operación. Todos estos costos, han sido llevados hasta una medida monetaria por año, dado que los flujos serán presentados a nivel anual.

Se ha realizado también el cálculo a nivel agregado de los costos totales asociados a la planta de PTMB que corresponden a la suma de los costos de infraestructura y equipamiento, y costos de operación. El ejercicio antes mencionado, ha sido realizado tanto para los primeros diez años de operación en que se satisface la demanda de diseño año diez, como para los segundos diez años en que se satisface la demanda de diseño año 20. Es necesario realizar ambos ejercicios ya que satisfacer demandas distintas generalmente implica distintos consumos de recursos.

Costos de infraestructura y equipamiento

Dentro de este grupo se han considerado los equipos o maquinaria necesaria para operar (incluida en el ítem equipamiento), las edificaciones asociadas a la construcción de la planta y el terreno en que esta será edificada.

La maquinaria necesaria para realizar el proceso de PTMB incluye principalmente siete equipos que corresponden a:

- Báscula o balanza para pesaje de camiones
- Trommel
- Cinta de separación
- Prensa o enfardadora
- Chipeadora
- Mini cargador frontal
- Volteadora

Cada uno de estos equipos fueron cotizados en función de las capacidades de procesamiento requeridas para satisfacer la demanda de diseño de los años 10 y 20 (cotizaciones pueden revisarse en sección anexos).

Con respecto a ellos, puede indicarse que para satisfacer la demanda de diseño del año 10 se requiere una unidad de cada uno de los equipos. Para satisfacer la demanda de diseño del año 20, para todos los equipos basta con una unidad a excepción del minicargador frontal que no tiene capacidad suficiente. Dado lo ya indicado, para satisfacer la demanda de diseño del año 20 se considera la adquisición de dos minicargadores.

El detalle las capacidades de procesamiento requeridas para satisfacer las demandas estimadas, se encuentra en la sección 4.2.2 en que se indica la definición de capacidades y requerimientos para la propuesta de PTMB.

La tabla 13 que se presenta a continuación, revela los costos asociados a cada uno de los equipos que se requiere instalar en la planta, además de los años de vida útil media estimados y la tasa de descuento considerada para calcular el costo anual equivalente de los equipos. Esta información, se muestra tanto para la demanda de diseño del año 10 como para la demanda de diseño del año 20. Es importante mencionar que el detalle para los costos de cada equipo se encuentra en la sección anexos, donde se adjunta evidencia de las tarifas indicadas en la tabla 13.

EQUIPAMIENTO hasta año 10	COSTO	UNIDAD	EQUIPAMIENTO hasta año 20	COSTO	UNIDAD
Báscula para camiones	8,8	MM\$	Báscula para camiones	8,8	MM\$
Trommel	2,6	MM\$	Trommel	2,6	MM\$
Cinta de separación	3,0	MM\$	Cinta de separación	3,0	MM\$
Prensa	30,4	MM\$	Prensa	30,4	MM\$
Chipeadora	0,9	MM\$	Chipeadora	0,9	MM\$
Mini cargador frontal	21,4	MM\$	Mini cargador frontal	42,8	MM\$
Volteadora	8,6	MM\$	Volteadora	8,6	MM\$
Total equipamiento	75,8	MM\$	Total equipamiento	97,2	MM\$
Años vida útil media	7		Años vida útil media	7	
tasa de descuento	10%		tasa de descuento	10%	
Costo anual equivalente equipamiento	15,6	MM\$	Costo anual equivalente equipamiento	20,0	MM\$

Tabla 13: Costos de equipamiento hasta años 10 y 20

Fuente: Elaboración propia

La maquinaria para operar la planta requiere de una edificación en la cual ser dispuesta. Esta edificación, además de contar con espacio para instalar la maquinaria antes detallada debe contar con una unidad para la recepción de los camiones y su pesaje y con un área para la ubicación de la bodega y servicios. A continuación, en la tabla 14 se detallan los espacios requeridos por sección, el costo de construcción por m², costo de construcción total, vida útil estimada para las edificaciones y la tasa de interés considerada para calcular el costo anual equivalente.

Los espacios requeridos han sido determinados haciendo uso de la información presentada en la sección 4.2.2. Es relevante indicar que, en materia de edificaciones,

para determinar los requerimientos se ha utilizado como referencia la demanda de diseño del año 20, que corresponde a la máxima estimada.

EDIFICACIONES	COSTO	UNIDAD
Recepción	30	m2
Unidad de trommel	30	m2
Línea de separación	40	m2
Unidad de prensado	30	m2
Bodega	50	m2
Servicios	50	m2
Superficie total	230	m2
Costo de construcción	200.000	CLP/m2
Costo de construcción	46	MM\$
Vida útil	20	años
Tasa de interés	10%	
Costo anual equivalente edificaciones	5,4	MM\$

Tabla 14: Costos de edificaciones
Fuente: Elaboración propia

Ahora bien, las edificaciones necesitan de un terreno en el cual ser instaladas. Dado el tamaño de la planta diseñada, se consideró la compra de un terreno de 10 hectáreas para no tener problemas en términos de espacio. Este terreno, es adecuado en términos de espacio tanto para cubrir los requerimientos de la demanda de diseño del año 10 como del año 20.

Lo que sigue, es la tabla 15 que muestra el costo asociado al terreno y la tasa de descuento utilizada para el cálculo del costo anual equivalente de éste.

TERRENO	COSTO	UNIDAD
Hectáreas	10	
Costo terreno	40	MM\$/ha
Costo terreno	400	MM\$
Tasa de descuento	10%	
Costo anual equivalente terreno	40	MM\$/año

Tabla 15: Costos de terreno
Fuente: Elaboración propia

Conocidos todos los costos mostrados en forma previa para el grupo de infraestructura y equipamiento, es posible indicar que en términos globales para comenzar a operar este ítem demanda un costo total de aproximadamente 522 MM\$. Este costo está compuesto por 400 MM\$ por concepto de adquisición de terreno, 46 MM\$ por concepto de edificaciones y 75,8 MM\$ por concepto de equipos (maquinaria). Realizada esta

inversión, es necesario invertir nuevamente en equipos durante el año 10, teniéndose en este período un costo de 97,2 MM\$ por concepto de renovación de maquinaria.

La tabla que sigue a continuación muestra en forma gráfica los antecedentes ya explicados.

Ítem	Inversión (MM\$)		Costo anual equivalente (descuento al 10%)	Reinversión (MM\$) - Año 10
	periodo 0	Vida útil		
Equipamiento	75,8	7	15,6	97,2
Edificaciones	46,0	20	5,4	
Terreno	400,0		40,0	
Total	521,8		61,0	97,2

Tabla 16: Costos globales infraestructura y equipamiento en período 0 y reinversión año 10

Fuente: Elaboración propia

Costos de operación

Dentro de este grupo se consideran todos aquellos costos que conlleva el operar o manejar la planta de pretratamiento mecánico biológico (PTMB). Estos costos son agrupados en dos tipos: costos de recursos humanos, y, además, costos de insumos, mantenimiento y otros gastos.

Dentro de los costos de recursos humanos, se incluyen todos los valores que deben pagarse por concepto de sueldos. Los requerimientos de recursos humanos derivan del análisis realizado en la sección 4.2.2 en que se indican tanto las maquinarias como las personas que se necesitan en cada proceso dentro de la planta de PTMB. Acorde a los requerimientos detallados en la sección previamente indicada, para operar la planta y lograr satisfacer con éxito la demanda de diseño del año 10 se requieren: un operador jefe, un operador ayudante, un operador de relevo, tres auxiliares y tres guardias. Para satisfacer con éxito la demanda de diseño del año 20, por su parte, se requieren: un operador jefe, un operador ayudante, un operador de relevo, cuatro auxiliares y tres guardias.

Los sueldos que han de cancelarse en ambos escenarios se detallan más abajo en la tabla 17.

Costo de recursos humanos (1) - Demanda de diseño año 10			Costo de recursos humanos (2) - Demanda diseño año 20		
Supuesto importante: costo de RRHH en línea de clasificación para el reciclaje se compensa con ingresos por reciclaje			Supuesto importante: costo de RRHH en línea de clasificación para el reciclaje se compensa con ingresos por reciclaje		
Operador jefe	1.500.000	\$/mes	Operador jefe	1.500.000	\$/mes
Operador ayudante	900.000	\$/mes	Operador ayudante	900.000	\$/mes
Operador de relevo	900.000	\$/mes	Operador de relevo	900.000	\$/mes
Auxiliar 1	350.000	\$/mes	Auxiliar 1	350.000	\$/mes
Auxiliar 2	350.000	\$/mes	Auxiliar 2	350.000	\$/mes
Auxiliar 3	350.000	\$/mes	Auxiliar 3	350.000	\$/mes
Guardia 1	400.000	\$/mes	Auxiliar 4	350.000	\$/mes
Guardia 2	400.000	\$/mes	Guardia 1	400.000	\$/mes
Guardia 3	400.000	\$/mes	Guardia 2	400.000	\$/mes
			Guardia 3	400.000	\$/mes
Total mes	5.550.000	\$/mes	Total mes	5.900.000	\$/mes
Costo RR.HH	67	MM\$/año	Costo RR.HH	71	MM\$/año

Tabla 17: Costos recursos humanos

Fuente: Elaboración propia

Un punto importante de aclarar es que no se ha considerado dentro de los costos mostrados en la tabla 17 ningún costo asociado a personal para la línea de clasificación de residuos en la cual se separará el material que puede ser enviado a reciclaje. Esto obedece principalmente al hecho de que se pretende costear los sueldos del personal de la línea de clasificación con los ingresos percibidos por el material que es reciclable (supuesto). Se ha pensado que en este modelo de funcionamiento esto podría realizarse a través de dos modalidades: la primera consiste en entregar los materiales reciclables al personal de la línea de clasificación para que estos se encarguen de venderla y con los ingresos que perciban de la venta se den por pagados. La segunda modalidad consiste en que la empresa se encargue de vender los materiales reciclables entregándoles de manera directa a los trabajadores de la línea de clasificación los ingresos percibidos por la venta. Sea cual sea la modalidad utilizada, se asume y supone que el costo que involucran los sueldos del personal de la línea de clasificación se netearán con los ingresos percibidos por la venta del material reciclable que este personal rescate.

Dentro de lo que son los costos de insumos, mantenimiento y otros gastos; se distinguen principalmente cuatro grandes ítems. Estos corresponden a gastos de combustible, gastos de electricidad, gastos de mantenimiento y, además, otros gastos. Todos estos costos dependen de los volúmenes de residuos tratados, los tipos de equipos utilizados y el tiempo de funcionamiento de la planta.

Dentro del ítem de costos de combustible, acorde a las características y rendimientos de la maquinaria cotizada y equipos similares, se ha estimado un consumo promedio de petróleo de 20 litros/hora. Además, se ha estimado que las máquinas que utilizan

petróleo, las cuales corresponden al cargador frontal, la chipeadora y la volteadora, estarán funcionando aproximadamente 10 horas al día durante los primeros 10 años y 16 horas al día desde el año 11 al 20 (cuando se satisface demanda de diseño año 20). Con la data revelada anteriormente, es posible estimar el costo monetario del combustible requerido para operar. La tabla 18, muestra los datos asociados al consumo de combustible.

Combustible - Dda diseño año 10			Combustible - Dda diseño año 20		
Consumo promedio petróleo litros/hora	20		Consumo promedio petróleo litros/hora	20	
Horas diarias totales de consumo (máquinas cargador frontal, chipeadora y volteadora)	10		Horas diarias totales de consumo (máquinas cargador frontal, chipeadora y volteadora)	16	
Consumo diario de petróleo	200	lts/día	Consumo diario de petróleo	320	lts/día
Consumo mensual de petróleo	6.000	lts/mes	Consumo mensual de petróleo	9.600	lts/mes
Costo de petróleo	500	\$/litro	Costo de petróleo	500	\$/litro
Gasto mensual de petróleo	3.000.000	\$/mes	Gasto mensual de petróleo	4.800.000	\$/mes
Gasto anual de petróleo	36	MM\$/año	Gasto anual de petróleo	58	MM\$/año

Tabla 18: Costos de combustible

Fuente: Elaboración propia

Dentro del ítem de costos de electricidad, se ha estimado el consumo total (por tonelada ingresada) de la maquinaria eléctrica que se requiere para tratar cada tonelada ingresada a la planta. Ese consumo ha sido multiplicado por la cantidad de toneladas tratadas para obtener el costo total asociado al ítem electricidad. La tabla 19, muestra los cálculos de los costos mencionados previamente.

Electricidad - Dda diseño año 10			Electricidad - Dda diseño año 20		
Consumo por tonelada ingresada	12	kWh/ton	Consumo por tonelada ingresada	12	kWh/ton
Toneladas tratadas al día	142		Toneladas tratadas al día	216	
Toneladas tratadas al mes	4260		Toneladas tratadas al mes	6480	
Consumo electricidad por mes	51120		Consumo electricidad por mes	77760	
Costo electricidad	80	\$/kWh	Costo electricidad	80	\$/kWh
Costo electricidad mes	4.089.600	\$/mes	Costo electricidad mes	6.220.800	\$/mes
Gasto anual de electricidad	49	MM\$/año	Gasto anual de electricidad	75	MM\$/año

Tabla 19: Costos de electricidad

Fuente: Elaboración propia

Se mencionó también la existencia de un ítem de costos de mantenimiento. Este ítem considera que la maquinaria y las instalaciones de la planta de pretratamiento mecánico biológico deben ser conservadas en buen estado para su funcionamiento, asegurándose así siempre su disponibilidad (debiendo muchas veces realizarse reparaciones). Se consideró para determinar el costo de mantenimiento, que éste asciende a un 4% del valor del equipamiento. La tabla 20, muestra el valor calculado para el costo de mantenimiento tanto para cuando se busca satisfacer la demanda de diseño del año 10 como para cuando se busca cubrir la demanda de diseño del año 20.

Mantenimiento - Dda diseño año 10			Mantenimiento - Dda diseño año 20		
Costo anual mantenimiento / Valor equipamiento	4%		Costo anual mantenimiento / Valor equipamiento	4%	
Valor equipamiento	75,8	MM\$	Valor equipamiento	97,2	MM\$
Costo anual mantenimiento	3,0	MM\$/año	Costo anual mantenimiento	3,9	MM\$/año

Tabla 20: Costos de mantenimiento
Fuente: Elaboración propia

El último ítem incluido dentro de los costos de operación es el denominado otros gastos. Este, ha sido estimado como un 20% del monto total que suman los costos de RR. HH, combustible, electricidad y mantenimiento. La tabla 21, revela el cálculo antes indicado para los dos escenarios considerados: capacidad de satisfacer demandas de diseño de los años 10 y 20.

Costos de RR.HH, Combust, Electric y Mantenc - Dda diseño año 10	155	MM\$/año	Costos de RR.HH, Combust, Electric y Mantenc - Dda diseño año 20	207	MM\$/año
Otros gastos (agua, seguros, imprevistos, etc)	20%		Otros gastos (agua, seguros, imprevistos, etc)	20%	
Otros gastos (agua, seguros, imprevistos, etc)	31	MM\$/año	Otros gastos (agua, seguros, imprevistos, etc)	41	MM\$/año

Tabla 21: Otros gastos
Fuente: Elaboración propia

A continuación, se muestra la tabla 22 que expone el costo anual de operación de la planta de PTMB tanto para satisfacer la demanda de diseño del año 10 como para satisfacer la demanda del año 20. Se muestra el desglose de los costos por ítem.

Costo RR.HH	67	MM\$/año	Costo RR.HH	71	MM\$/año
Gasto anual de petróleo	36	MM\$/año	Gasto anual de petróleo	58	MM\$/año
Gasto anual de electricidad	49	MM\$/año	Gasto anual de electricidad	75	MM\$/año
Costo anual mantenimiento	3,0	MM\$/año	Costo anual mantenimiento	4	MM\$/año
Otros gastos (agua, seguros, imprevistos, etc)	31	MM\$/año	Otros gastos (agua, seguros, imprevistos, etc)	41	MM\$/año
Total anual gastos de operación - Dda diseño año 10	186	MM\$/año	Total anual gastos de operación - Dda diseño año 20	248	MM\$/año

Tabla 22: Total anual gastos operación
Fuente: Elaboración propia

6.2.2 Principales supuestos utilizados para la construcción de flujos de los cuatro escenarios evaluados.

Para efectos de la construcción de los flujos del proyecto en los diversos escenarios evaluados (cuatro en total), se realizaron algunas suposiciones (principalmente cuatro), las cuáles se mencionan en el presente apartado.

- **Supuesto 1.** No se consideran costos de RR. HH asociados a la línea de separación de materiales reciclables. En los flujos, no se considera \$ para pagar

suelo a este personal, ya que se pretende compensar este costo con los ingresos recibidos por el material reciclable. Esto puede realizarse a través de 2 vías: entregando el material al personal de la línea de reciclaje para que ellos lo vendan y perciban ingresos, o vendiéndolo la planta y entregando los ingresos percibidos al personal de la línea de reciclaje. Dado lo anterior, no se reflejan dentro del flujo ingresos por reciclajes, los cuales se compensan con los costos de personal de la línea de reciclaje. NO olvidar que línea de reciclaje será inclusiva, incorporándose en ella sólo recicladores informales (trabajo social).

- **Supuesto 2.** Pueden acordarse o no tarifas diferenciadas para la disposición de los residuos pretratados en los rellenos sanitarios. Para efectos de análisis, se consideran ambos escenarios.
- **Supuesto 3.** Se considera una tarifa de transporte de 65\$/ton – km i/v. Esta tarifa ha sido calculada observando distintas fuentes que concuerdan con este valor. Tarifa fue corregida en relación a informe previo ya que se había multiplicado x 2 pensando los 65 consideraban sólo tramo ida, pero se confirmó consideran ida y vuelta.
- **Supuesto 4.** Existe un ahorro estimado en costos de un 16,3%. Este ahorro, es por concepto de pago de cuotas de aseo por parte de los residentes. El cobro de esta cuota es proporcional al gasto en que ha incurrido el municipio. Para su cálculo, se dividió el monto de recuperación monetaria por concepto de pago de cuotas de aseo (año 2016) sobre el gasto total de aseo de la comuna.
- **Supuesto 5.** Se contará con el apoyo del gobierno a través del Fondo Nacional de Desarrollo Regional (FNDR) para llevar a cabo la iniciativa propuesta para mejorar el sistema de gestión de residuos. Este apoyo para el costeo de recursos es fundamental.

6.2.3 Resultado evaluación económica alternativa 1: Incorporación de pretratamiento mecánico biológico (PTMB) de los residuos y disposición en relleno sanitario La Hormiga sin tarifa diferenciada

La primera alternativa a evaluar en relación a la situación base optimizada tiene como única diferencia que se incluye la fase de pretratamiento de los RSD antes de llevarlos hasta el relleno sanitario en que serán dispuestos, que corresponde a La Hormiga (mismo sector donde se disponen hoy). Como ya se ha indicado, los residuos pretratados al ser material estabilizado requieren de mínimos esfuerzos de manejo consumiendo así muchos menos recursos que los residuos sin tratar. Este cambio (menos consumo de recursos) podría o no traducirse en una reducción de las tarifas cobradas en los sitios de disposición final. Para efectos de esta alternativa a evaluar, se consideró que el hecho de entregar residuos de mejores características no modificará las tarifas cobradas actualmente, sino que estas se mantendrán estables.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos al realizar la construcción del flujo.

Alternativa propuesta (incluir PTMB y disponer en La Hormiga sin tarifa diferenciada)		
VAN (10%)	4.572	MM\$
CAUE (10%)	537	MM\$
Promedio toneladas	49.605	ton/año
Costo por tonelada	10.826	\$/ton

Tabla 23: Costos alternativa propuesta 1
Fuente: Elaboración propia

Opción - Situación base corregida (sin PTMB)		
VAN (10%)	3.682	MM\$
CAUE (10%)	433	MM\$
Promedio toneladas	49.605	ton/año
Costo por tonelada	8.720	\$/ton

Tabla 24: Costos situación base corregida con disposición final en La Hormiga
(1)
Fuente: Elaboración propia

Como es posible visualizar en las tablas precedentes, la propuesta alternativa 1 tiene un costo mayor por tonelada gestionada que la situación base corregida u optimizada.

Así, queda en evidencia que ante un escenario en que las mejores características de los residuos no tienen un impacto en los costos de disposición final (no la modifican), el incluir el PTMB subirá los costos presentándose esta opción como más cara en términos económicos, pero más conveniente en términos medioambientales (menos desastres en rellenos sanitarios).

Para revisar el detalle del flujo que permitió la obtención de los resultados mostrados en forma previa, puede examinarse la sección anexos.

6.2.4 Resultado evaluación económica alternativa 2: Incorporación de pretratamiento mecánico biológico (PTMB) de los residuos y disposición en relleno sanitario La Hormiga con tarifa diferenciada (50% dcto)

La segunda alternativa a evaluar en relación a la situación base optimizada tiene como principales diferencias que se incluye la fase de pretratamiento de los RSD antes de llevarlos hasta el relleno sanitario en que serán dispuestos (que corresponde a La Hormiga) y que se considera las mejores características de los residuos serán valoradas, existiendo una reducción en los costos de disposición final por parte de los rellenos sanitarios de un 50%.

La gran interrogante es ¿Por qué un operador de relleno sanitario debiera ofrecer descuentos por residuos pretratados?

Los residuos pretratados generan costos significativamente inferiores en un relleno sanitario. Un operador de relleno sanitario podría recibir estos residuos a un precio inferior al habitual, sin tener que reducir sus ganancias.

La fracción gruesa, compuesta por plásticos y papeles y cartones, contiene un grado muy bajo de humedad, por lo que prácticamente no produciría percolados. Como cerca de la mitad de estos residuos serían papeles y cartones, sí se produciría biogás, aunque en menor medida que los residuos no pretratados. Por otra parte, el enfardado de los residuos implicará un menor esfuerzo de compactación en el relleno. En resumen, una tonelada pretratada de fracción gruesa no genera impacto significativo en materia de lixiviados, lo que presupone un ahorro en los costos de operación.

Es razonable asumir que el costo de los rellenos en la zona central (del orden de 11.000 \$/tonelada) se distribuye en partes iguales entre infraestructura y operación. El costo de manejo de lixiviados suele ser cerca de un 20% del costo de operación. En consecuencia, podría fijarse una tarifa que sea menor en un 10%; si se agregan las ventajas por menor producción de biogás y por compactación, el descuento puede llegar a un 15%.

Por otra parte, los residuos bioestabilizados evitarán emisiones de percolados y de biogás, y pueden servir como material de cobertura. En esta condición, cuando su cantidad es inferior a la que requiere un relleno sanitario, no constituyen un costo sino probablemente un ahorro. Esta situación ocurriría en un relleno de gran tamaño como Los Colorados, en Til Til. Cuando se encuentran en mayor cantidad que la cobertura requerida, sustituyen al menos la propia demanda de cobertura y la de los residuos de la fracción gruesa. La parte que no sustituye a la cobertura importa menores costos por no generar emisiones.

En resumen, puede aspirarse a que el costo de disposición implique un descuento del 50% en la tarifa base. Puede evaluarse asimismo un descuento del 25%.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos al realizar la construcción del flujo considerando un descuento de un 50% en la tarifa base.

Alternativa propuesta (incluir PTMB y disponer en La Hormiga sin tarifa diferenciada)		
VAN (10%)	3.354	MM\$
CAUE (10%)	394	MM\$
Promedio toneladas	49.605	ton/año
Costo por tonelada	7.942	\$/ton

Tabla 25: Costos alternativa propuesta 2
Fuente: Elaboración propia

Opción - Situación base corregida (sin PTMB)		
VAN (10%)	3.682	MM\$
CAUE (10%)	433	MM\$
Promedio toneladas	49.605	ton/año
Costo por tonelada	8.720	\$/ton

Tabla 26: Costos situación base corregida con disposición final en La Hormiga
(2)

Fuente: Elaboración propia

Como es posible visualizar en las tablas precedentes, la propuesta alternativa 2 sí resulta más conveniente que la situación base corregida. Sin embargo, el escenario evaluado consideró una reducción de un 50% en la tarifa de disposición de cada tonelada gestionada, descuento bastante agresivo. Este descuento asume que las mejores características de los residuos serán reconocidas y se traducirán en una baja de las tarifas cobradas por los sitios de disposición final.

Para revisar el detalle del flujo que permitió la obtención de los resultados mostrados en forma previa, puede examinarse la sección anexos.

6.2.5 Resultado evaluación económica alternativa 3: Incorporación de pretratamiento mecánico biológico (PTMB) de los residuos y disposición en relleno sanitario Til Til sin tarifa diferenciada.

La tercera alternativa a evaluar en relación a la situación base optimizada tiene como principales diferencias que se incluye la fase de pretratamiento de los RSD antes de la disposición final y que considera llevarlos no hasta el relleno La Hormiga, sino hasta el relleno sanitario de Til Til. La alternativa propuesta supone no existirán tarifas diferenciadas para residuos de mejores características. Como se ha expuesto con anterioridad, los residuos pretratados al ser material estabilizado requieren de mínimos esfuerzos de manejo consumiendo así muchos menos recursos que los residuos sin tratar, lo que debería generar algún cambio en términos de las tarifas cobradas por la disposición final.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos al realizar la construcción del flujo.

Alternativa propuesta (incluir PTMB y disponer en La Hormiga sin tarifa diferenciada)		
VAN (10%)	4.583	MM\$
CAUE (10%)	538	MM\$
Promedio toneladas	49.605	ton/año
Costo por tonelada	10.852	\$/ton

Tabla 27: Costos alternativa propuesta 3.
Fuente: Elaboración propia

Opción - Situación base corregida (sin PTMB)		
VAN (10%)	3.698	MM\$
CAUE (10%)	434	MM\$
Promedio toneladas	49.605	ton/año
Costo por tonelada	8.757	\$/ton

Tabla 28: Costos situación base corregida con disposición final en Til Til
Fuente: Elaboración propia

Como es posible visualizar en las tablas precedentes, la propuesta alternativa 3 al igual que la 1 tiene un costo mayor por tonelada gestionada que la situación base corregida u optimizada.

Esto, debido a que los costos que adhiere la incorporación de la planta de pretratamiento mecánico biológico no son compensados de ninguna forma, ni siquiera realizándose un cambio en las tarifas para los residuos pretratados (tarifa diferenciada).

En comparación a la evaluación económica realizada en la alternativa 1, en el caso de la alternativa 3 el costo obtenido para la situación base corregida es mayor (incrementa). ¿A qué se debe? Principalmente, al hecho de que el relleno sanitario de Til Til es más lejano, por lo que los costos de transporte suben.

Entonces ¿por qué se decidió evaluar este escenario? Porque una de las alternativas que se baraja en la comuna es cambiar el cliente que se encarga de la disposición final de los residuos. Básicamente, esta alternativa ha surgido debido a algunos incumplimientos por parte de relleno La Hormiga (que es donde disponen actualmente residuos).

Para revisar el detalle del flujo que permitió la obtención de los resultados mostrados en forma previa, puede examinarse la sección anexos.

6.2.6 Resultado evaluación económica alternativa 4: Incorporación de pretratamiento mecánico biológico (PTMB) de los residuos y disposición en relleno sanitario La Hormiga con tarifa diferenciada (25% de descuento)

La cuarta alternativa a evaluar en relación a la situación base optimizada tiene como principales diferencias que se incluye la fase de pretratamiento de los RSD antes de llevarlos hasta el relleno sanitario en que serán dispuestos (que corresponde a La Hormiga) y que se considera las mejores características de los residuos serán valoradas, existiendo una reducción en los costos de disposición final por parte de los rellenos sanitarios de un 25%.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos al realizar la construcción del flujo

Alternativa propuesta (incluir PTMB y disponer en La Hormiga sin tarifa diferenciada)		
VAN (10%)	3.963	MM\$
CAUE (10%)	465	MM\$
Promedio toneladas	49.605	ton/año
Costo por tonelada	9.384	\$/ton

Tabla 29: Costos alternativa propuesta 4

Fuente: Elaboración propia

Opción - Situación base corregida (sin PTMB)		
VAN (10%)	3.682	MM\$
CAUE (10%)	433	MM\$
Promedio toneladas	49.605	ton/año
Costo por tonelada	8.720	\$/ton

Tabla 30: Costos situación base corregida con disposición final en La Hormiga
(3)

Fuente: Elaboración propia

Como es posible visualizar en las tablas precedentes, si se lograra una tarifa diferenciada para la disposición final de los residuos, pero esta es de un 25%, el costo total por tonelada queda bastante alejado de lo que cuesta la situación base corregida. Un costo mucho inferior se observa en la alternativa 2 donde se supone los costos de disposición final en relleno podrían disminuir en un 50% producto de los menores costos que involucra el manejo de los residuos.

Para revisar el detalle del flujo que permitió la obtención de los resultados mostrados en forma previa, puede examinarse la sección anexos.

7. Análisis de sensibilidad y análisis de riesgos.

En este análisis se busca identificar cómo el comportamiento de las distintas variables impacta sobre la viabilidad económica del proyecto. El aspecto que se evaluará es el diferencial de costos entre una estrategia de disposición en relleno sanitario sin pretratamiento (estrategia tradicional), y una estrategia que se preocupe primero de recuperar materiales y estabilizar residuos, para luego disponer residuos pretratados (estrategia propuesta en este trabajo). El principal objetivo de este análisis es dimensionar adecuadamente la diferencia entre la estrategia propuesta en este trabajo y la estrategia tradicional, no tanto para saber si una es más conveniente que la otra – es altamente probable que la estrategia tradicional se vuelva social y/o económicamente inviable, por lo que dejaría pronto de ser una opción válida – sino para evaluar hasta qué punto son válidos los temores frente a los costos (supuestamente) mayores de la estrategia propuesta.

Se compara en una primera instancia la estrategia tradicional de disposición directa en relleno sanitario (sin PTMB) versus la estrategia propuesta en que los residuos son pretratados y dispuestos en el vertedero La Hormiga, en la misma comuna de San Felipe, y en que, como resultado del proceso de pretratamiento, es posible devolver a cadenas de reciclaje un 10% de los residuos, mientras otro 20% es biodegradado. Para el cálculo de costos de ambas estrategias, se considera que una parte de los costos es recuperada por la cobranza de derechos de aseo. Además, para el caso de la estrategia propuesta, es posible invertir en equipamiento y construcciones de la planta de PTMB con fondos externos al municipio, provenientes del FNDR (lo que ayuda en parte a disminuir costos).

En la situación propuesta, el costo calculado para el municipio por tonelada gestionada es 10.826 pesos, un 24% más cara que lo que le cuesta enviar residuos directamente al vertedero, sin pretratar (8.720 pesos, después de recuperar costos vía derechos de aseo).

Actualmente, la tarifa real de disposición de residuos que paga el municipio de San Felipe a GEA es de 11.200 pesos por tonelada. Si esta tarifa aumenta – como es posible que ocurra, si se toman en cuenta los crecientes problemas de los rellenos sanitarios – puede ser más atractivo emprender el pretratamiento. Aunque los residuos ya pretratados igual deben ser dispuestos, hay una disminución de la masa que permite anticipar un beneficio. Si la tarifa real de disposición aumenta un 20%, los costos del pretratamiento superan en un 15% los de la disposición directa (sin PTMB), y si la tarifa aumenta un 40%, esta diferencia disminuye a 9%. Los costos se hacen equivalentes si la tarifa aumenta un 85%.

Otro factor a evaluar es la posibilidad de que los costos de disposición de los residuos pretratados sean inferiores a los de los residuos no pretratados. Este es un escenario razonable, pues el costo de manejo es considerablemente menor (se minimiza la generación de olores, biogás, y lixiviados, se reduce la necesidad de material de cobertura, y el manejo estructural es más simple). Pese a ello, para que ocurra, probablemente se requiera de una política pública en tal sentido, ya que para los operadores de relleno sanitario es más conveniente utilizar su poder negociador en mantener tarifas altas. Si la tarifa de disposición final de residuos pretratados es un 20%

menor que la de los residuos no pretratados, entonces el manejo con pretratamiento es un 11% más caro que sin pretratamiento; si la tarifa es un 40% más barata, entonces la diferencia prácticamente se anula.

Las dos variables evaluadas tienen que ver con modificar condiciones externas: los precios de disposición en los rellenos sanitarios. Es posible también sin modificar la tarifa de disposición real de 11.200 pesos por tonelada; evaluar variables relacionadas con el desempeño del proyecto: costos de operación y rendimiento técnico del proceso (tasa de recuperación y tasa de biodegradación).

Cuando los costos de operación aumentan un 20%, el manejo con pretratamiento es un 32% más caro que sin pretratamiento. Cuando los costos aumentan un 40%, el diferencial de costos llega a un 39,9% (más caro el PTMB).

La suma de la tasa de recuperación (20% de la fracción gruesa, o 10% del total) y la tasa de biodegradación (40% de la fracción fina, o 20% del total) puede ser denominada "tasa de reducción de residuos" (30% en este caso) y es un indicador del rendimiento técnico del proceso. Cuando esta tasa disminuye en un 20%, se recupera un 8% de los materiales, se biodegrada un 16% del total, y los residuos que finalmente se envían a relleno suben a un 76% (en escenario base eran un 70%). En este caso se ha asumido que los costos de operación suben en una cantidad proporcional a los residuos no reducidos, es decir, un 8,6% ($0,76/0,7-1$). Cuando este menor rendimiento técnico ocurre, el manejo con pretratamiento es un 33,5% más caro que sin pretratamiento.

Cuando la tasa de recuperación disminuye en un 40% (en vez de ser de 30% es 18%), el manejo con pretratamiento es un 42,9% más caro que sin pretratamiento. Para este caso también se ha asumido que los costos de operación suben en una cantidad proporcional a los residuos no reducidos, es decir, un 17,1% ($0,82/0,7-1$). Finalmente, cuando la tasa de reducción de residuos mejora, y en vez de 30% es un 36%, la diferencia de costos entre las opciones con y sin PTMB baja a un 14,8% (PTMB más cara), y cuando la tasa de reducción mejora un 40% (se eleva a 42% entre recuperación y biodegradación), el diferencial de costos entre las opciones con y sin PTMB disminuye hasta un 5,4% (PTMB más cara).

Finalmente, es conveniente revisar qué ocurriría si no se pudiera obtener el subsidio FNDR para equipamiento y construcciones (440 MM\$) de la planta de pretratamiento mecánico biológico. En este caso, los costos de la estrategia propuesta suben a 11.114 pesos por tonelada, y el manejo con pretratamiento es un 27,5% más caro que sin pretratamiento.

A continuación, se presenta la tabla 31, la cual presenta un resumen del análisis de sensibilidad discutido previamente.

Escenario	Variable	Valor original	Modificación	Valor modificado	Costo sin PTMB	Costo con PTMB	Diferencial
a1	Tarifa de relleno sanitario	\$ 11.200	20%	\$ 13.440	\$ 10.368	\$ 11.980	15,50%
a2	Tarifa de relleno sanitario	\$ 11.200	40%	\$ 15.680	\$ 12.016	\$ 13.134	9,30%
b1	Tarifa de relleno sanitario para residuos pretratados, como porcentaje de la tarifa general	100%	-20%	80%	\$ 8.720	\$ 9.672	10,90%
b2	Tarifa de relleno sanitario para residuos pretratados, como porcentaje de la tarifa general	100%	-40%	60%	\$ 8.720	\$ 8.519	-2,30%
c1	Costos de operación de pretratamiento	186MM\$ (primeros 10 años) y 248 MM\$ (del año 11 al 20)	20%	223MM\$ (primeros 10 años) y 298 MM\$ (del año 11 al 20)	\$ 8.720	\$ 11.512	32%
c2	Costos de operación de pretratamiento	186MM\$ (primeros 10 años) y 248 MM\$ (del año 11 al 20)	40%	260 a 348 MM\$	\$ 8.720	\$ 12.199	39,90%
d1	Tasa de reducción de residuos (nota: costos de operación se modifican proporcionalmente a la proporción de residuos no reducidos)	30%	-20%	24%	\$ 8.720	\$ 11.643	33,50%
d2	Tasa de reducción de residuos (nota: costos de operación se modifican proporcionalmente a la proporción de residuos no reducidos)	30%	-40%	18%	\$ 8.720	\$ 12.461	42,90%
e	Subsidio FNDR	440 MM\$	-100%	0\$	\$ 8.720	\$ 11.114	27,50%

Tabla 31: Resumen análisis de sensibilidad
Fuente: Elaboración propia

Los principales riesgos del proyecto pueden ser los siguientes:

- Un rendimiento técnico menor al esperado, el cual puede ocurrir porque la separación no es tan eficiente o porque la recuperación o la biodegradación son menores. Este es un riesgo acotado pues hay suficiente literatura que respalda las dimensiones. Inclusive, el proceso aún podría ser optimizado. Sin embargo, mientras no se experimente, no es posible descartar el riesgo. En un escenario en que los residuos sólo se estabilizaran, sin que hubiera reducción, el diferencial de precios aumentaría hasta un 71%. Sigue siendo una alternativa a considerar desde el punto de vista político-estratégico, si se consideran las ventajas no monetarias que presenta.
- Un riesgo fundamental es que la comunidad no comprenda las ventajas de la estrategia propuesta, o no confíe en la palabra de autoridades y empresas involucradas, y se produzca un conflicto que impida la implementación del proyecto. Este es un riesgo real, que efectivamente podría producirse. Es controlable en la medida que se haga una tarea comunicacional responsable y convincente. Considerando la importancia e impacto de este riesgo, debe concentrar la atención prioritaria de los ejecutores del proyecto.

8. CONCLUSIÓN.

Tras haber analizado diversos antecedentes con respecto al sistema de gestión actual de residuos sólidos domiciliarios en Chile, es posible concluir que existen muchas deficiencias en materia de manejo de RSD y éstas han comenzado a tornarse cada vez más críticas. Una clara evidencia de ello, son los diversos conflictos que han sido expuestos a lo largo del desarrollo del presente trabajo. Ante el complejo escenario descrito, es posible inferir que resulta necesaria la búsqueda urgente de una solución que permita mayor sostenibilidad en términos medioambientales, sobre todo si se tiene en cuenta que varios sitios de disposición final están prontos a alcanzar su vida útil (lo que generará mayor complejidad).

Acorde a lo investigado, una excelente alternativa que permite dar solución a las problemáticas medioambientales actuales es la que se ha evaluado en el presente trabajo: incorporar el pretratamiento mecánico biológico como una etapa previa a la disposición final. Como bien se expuso, son varios los beneficios medioambientales que este conjunto de técnicas puede ofrecer, sin embargo, es posible concluir tras realizarse la evaluación económica privada que el PTMB constituye generalmente una solución un poco más cara a no ser que se modifiquen las tarifas de disposición final, siendo disminuidas estas para residuos pretratados. A pesar de ello, el costo por tonelada obtenido al incorporar el PTMB se mantiene en un orden de magnitud similar al costo por tonelada del sistema de gestión actual que considera disposición sin pretratamiento en rellenos sanitarios. Eso sí, no debe perderse de vista el hecho de que bajo ciertas condiciones el PTMB podría llegar a ser más conveniente que el sistema actual, sobre todo si se considera que este conjunto de técnicas tiene también asociadas varias externalidades y ventajas desde el punto de vista social las cuales no han sido valorizadas en este trabajo y cuyo valor económico probablemente haría que la opción propuesta (incorporación del PTMB) sea conveniente en términos económicos.

Sumado a todo lo ya indicado, es posible deducir también a partir de la investigación realizada que Chile es un país en el cual prácticamente no existen regulaciones que controlen el comportamiento de los diversos actores que ofrecen el servicio de disposición final. Esto, demuestra el desinterés que existe por parte del gobierno con respecto a mejorar el desempeño actual en materia medioambiental. A pesar de ello, las manifestaciones por parte de la población han comenzado a generar presión en el ambiente político, todo esto a raíz de los grandes desastres que han ocurrido en los sitios de disposición final más importantes del país. Gracias a estas manifestaciones, el gobierno ha comenzado a prestar mayor atención a la gestión de residuos.

A raíz del análisis y comparación de la situación actual de la gestión de residuos y la propuesta, y todos los antecedentes previamente expuestos, se infiere también que el pretratamiento mecánico biológico constituye una solución más sustentable, menos riesgosa y más factible que los rellenos sanitarios por sí solos.

A pesar de que gran parte de los antecedentes expuestos en el presente trabajo avalan lo beneficioso que resulta el PTMB, es posible concluir tras la investigación realizada que para que la tecnología se imponga se requiere de un cambio de switch y mayor voluntad por parte del estado. En este sentido, es fundamental en primer lugar que el gobierno sea capaz de vislumbrar la importancia que tiene el hecho de solucionar los

problemas medioambientales actuales. Esto, debiera traducirse en otorgar algún nivel de prioridad a los proyectos que soliciten fondos al FNDR u otros para mejorar el desempeño en la gestión medioambiental (de manejo residuos). En segundo lugar, es fundamental también que el gobierno establezca leyes que regulen la gestión de residuos (ejemplo: tarifas de disposición final, parámetros de operación, etc.).

Finalmente, a partir de la investigación y del trabajo realizado se recomienda al municipio de San Felipe incorporar el pretratamiento mecánico biológico dentro del sistema gestión de los RSD producidos en la comuna. Si bien la evaluación económica privada puede mostrarlo como una alternativa no conveniente, como ya se ha mencionado con anterioridad sí lo es desde el punto de vista social, sobre todo si se considera la tendencia de encarecimiento y rechazo social a los rellenos sanitarios, problemas que se están haciendo insostenibles durante los últimos años en Chile. En términos de administración de la planta de PTMB se sugiere en una primera etapa realizarla en forma directa utilizando personal y recursos del municipio, y una vez alcanzado el estado de régimen, se recomienda externalizar asegurando una operación con mayor flexibilidad.

Al gobierno, se le recomienda involucrarse y asumir un rol activo en materia de gestión de residuos y promover que el PTMB sea también adoptado en otros municipios del país. Para ello, se le sugiere difundir las ventajas ambientales y sociales que posee esta útil herramienta. Sumado a ello, se le recomienda al gobierno adquirir una posición de liderazgo en el desarrollo de políticas públicas que promuevan el PTMB, la minimización, el reciclaje y el compostaje de residuos.

9. BIBLIOGRAFÍA.

- 1.- AGUILERA, K; MUÑOZ, B; AUBAD, A; YÁÑEZ, B y DE LA CRUZ, S. 2009. Primera experiencia Chilena de tratamiento mecánico biológico para la gestión integral de residuos sólidos urbanos. En: Segundo Simposio Iberoamericano de Ingeniería de Residuos: 24 y 25 de Septiembre de 2009. Barranquilla, Colombia. Universidad del Norte. 13p.
- 2.- BARRIA, D., 2017. Intendente molesto por fracaso de relleno sanitario en Chiloé: "No podemos hacer magia". [en línea]. Biobío Chile en internet. 23 de julio de 2017.<<http://www.biobiochile.cl/noticias/nacional/region-de-los-lagos/2017/07/23/intendente-molesto-por-fracaso-de-relleno-sanitario-en-chiloe-no-podemos-hacer-magia.shtml>>. [Consulta: 27 de Septiembre de 2017].
- 3.- CEGESTI. 2014. Tratamientos mecánico-biológicos y su aporte al manejo integral de residuos sólidos municipales. Éxito Empresarial, N°257.
- 4.- CONAMA. 2010. Primer reporte del manejo de residuos sólidos en Chile [en línea]. <http://www.sinia.cl/1292/articles-49564_informe_final.pdf>. [Consulta: 24 de Agosto de 2016]
- 5.- CONAMA. 2005. Política de gestión integral de residuos sólidos [en línea]. <http://www.sinia.cl/1292/articles-26270_pol_rsd>. [Consulta: 24 de Agosto de 2016].
- 6.- CONTRERAS, E. 2009. Evaluación de inversiones bajo incertidumbre: teoría y aplicaciones a proyectos en Chile [en línea]. <<https://www.dii.uchile.cl/wp-content/uploads/2011/06/Manual63-lpes.pdf>>. [Consulta: 27 de Agosto de 2016].
- 7.- DEPARTMENT FOR ENVIRONMENT, FOOD AND RURAL AFFAIRS (DEFRA). 2013. Mechanical Biological Treatment of Municipal Solid Wastes [en línea]. <<https://www.gov.uk/government/publications/mechanical-biological-treatment-of-municipal-solid-waste>>. [Consulta: 24 de Agosto de 2016].
- 8.- ELLEN MACARTHUR FOUNDATION (EMF). 2014. Hacia una economía circular [en línea]. <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/languages/EMF_Spanish_exec_pages-Revise.pdf>. [Consulta: 24 de Agosto de 2016].
- 9.- GUERRERO, F., 2017. Intendente y futuro del relleno sanitario de Osorno: "Se requieren \$3.500 millones más". [en línea] Soy Osorno en internet. 22 de septiembre de 2017. <<http://www.soychile.cl/Osorno/Sociedad/2017/09/22/488624/Intendente-y-futuro-del-relleno-sanitario-de-Osorno-Se-requiere-un-aumento-de-3500-millones.aspx>>. [Consulta: 27 de Septiembre de 2017]
- 10.- HAMEL Y PRAHALAD. 1995. Compitiendo por el futuro. 1° edición. Barcelona, Editorial Ariel. 416 p.

- 11.- HERRERA, J. 2017. Vida útil de Santa Marta se redujo ocho años y reabre discusión de nuevo relleno sanitario. [en línea] Economía y negocios en internet. 09 de septiembre, 2017 <<http://www.economiaynegocios.cl/noticias/noticias.asp?id=396192>>. [Consulta: 27 de Septiembre de 2017]
- 12.- KARMENU, VELLA. 2016. Economía circular: propósito para el 2016 [en línea]. <http://elpais.com/elpais/2016/03/22/planeta_futuro/1458663473_414453.html>. [Consulta: 24 de Agosto de 2016].
- 13.- LEIKAM, K; STEGMANN R. 1999. Influence of mechanical-biological pretreatment of municipal solid waste on landfill behavior. Waste Manage Res 17: 424-429.
- 14.- MARTINEZ ALIER, J. y ROCA, J. 2000. Economía ecológica y política ambiental. 3° edición. México. Editorial Fondo cultura económica. 499 p.
- 15.- MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE (MMA). 2011. Informe del estado del medioambiente [en línea]. <http://www.mma.gob.cl/1304/articles-52016_resumen_ejecutivo2011.pdf>. [Consulta: 24 de Agosto de 2016].
- 16.- OECD. 2012. Sustainable materiales management – making better use of resources [en línea]. <<http://www.oecd.org/environment/waste/smm-makingbetteruseofresources.htm>>. [Consulta: 27 de Agosto de 2016].
- 17.- OECD. 2015. Material resources, productivity and the environment [en línea]. <<http://www.oecd.org/environment/waste/material-resources-productivity-and-the-environment-9789264190504-en.htm>>. [Consulta: 27 de Agosto de 2016].
- 18.- OECD. 2016. Evaluaciones del desempeño ambiental Chile 2016 [en línea]. <<http://portal.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2016/07/Evaluacion-desempeno-Chile-WEBV2.pdf>>. [Consulta: 26 de Julio de 2017].
- 19.- OSTERWALSER Y PIGNEUR. 2011. Generación de Modelo de Negocio. 1° edición. Barcelona, Deusto S.A ediciones. 288p.
- 20.- SALAZAR, D., 2017. Preocupación en Osorno por futuro de relleno sanitario de Curaco. [en línea]. Biobío Chile en internet. 01 de agosto de 2017. <<http://www.biobiochile.cl/noticias/nacional/region-de-los-lagos/2017/08/01/preocupacion-en-osorno-por-futuro-de-relleno-sanitario-de-curaco.shtml>>. [Consulta: 27 de Septiembre de 2017]
- 21.- SAPAG, N y SAPAG, R. 2003. Preparación y evaluación de proyectos. 4° edición. Santiago, McGraw-Hill Interamericana. 439 p.
- 22.- SEPÚLVEDA, J. 2017. Dirigentes de Til Til caminan hasta La Moneda en rechazo a nuevo relleno sanitario. [en línea] Biobío Chile en internet. 03 de Agosto de 2017. <<http://www.biobiochile.cl/noticias/nacional/region-metropolitana/2017/08/03/dirigentes->

de-til-til-caminan-hasta-la-monedas-en-rechazo-al-nuevo-relleno-sanitario.shtml >.
[Consulta: 27 de Septiembre de 2017].

23.- SEREMI MEDIO AMBIENTE COQUIMBO, 2014. Gestión de residuos sólidos [en línea].
<http://www.crdp.cl/biblioteca/calidad/Presentacion_Seremi_Medio_Ambiente.pdf>.
[Consulta: 24 de Agosto de 2016].

24.- SOYEZ, K y PLICKERT, S. 2002. Mechanical-Biological Pre-Treatment of Waste: State of the Art and Potentials of Biotechnology. Acta Biotechnol 22: 3-4, 271-284.

25.- WORLD ECONOMIC FORUM. 2016. We can recycle everything we use, including cigarette butts and toothbrushes So why don't we? [en línea].
<https://www.weforum.org/agenda/2016/10/we-can-recycle-everything-we-use-so-why-don-t-we?utm_content=bufferd3215&utm_medium=social&utm_source=twitter.com&utm_campaign=buffer>. [Consulta: 26 de Julio de 2017].

ANEXOS.

ANEXO A: Aspectos generales cálculo costo de equipos

Para los equipos que serán adquiridos en Chile, se considera el valor de equipo observado o entregado por los proveedores (incluyendo IVA).

En el caso de los equipos adquiridos en China, se consideran para el cálculo del costo total de cada máquina el costo del equipo en sí y los costes en que debe incurrirse por concepto de transporte (a puerto origen + puerto destino). Otro costo que se considera es el impuesto de importación, que corresponde a un 6% sobre el valor del equipo más el transporte asociado hasta lugar de destino (ad valorem). En ocasiones si se presenta certificado de origen forma F con la información pertinente puede quedarse excluido el pago del impuesto de importación, pero si este no se presenta se debe pagar el impuesto del 6%. Se decidió optar por escenario pesimista y considerar el pago del impuesto de importación.

ANEXO B: Cálculo costo báscula para camiones – Capacidad 60 toneladas

BÁSCULA PARA CAMIONES - Capacidad 60 toneladas						
ÍTEM	VALOR MONETARIO	UNIDAD MEDIDA	VALOR MONETARIO	UNIDAD MEDIDA	VALOR MONETARIO	UNIDAD MEDIDA
Costo equipo	7.200	USD	4.671.000	CLP	4,7	MM\$
Costo transporte (hasta destino)	3.450	USD	2.238.188	CLP	2,2	MM\$
Costo Seguro	50	USD	32.449	CLP	0,0	MM\$
Total	10.700	USD	6.941.636	CLP	6,9	MM\$
Impuesto importación (6%)	642	USD	416.498	CLP	0,4	MM\$
Total sin IVA	11.342	USD	7.358.134	CLP	7,4	MM\$
IVA (19%)	2.155	USD	1.398.046	CLP	1,4	MM\$
Costo total báscula	13.497	USD	8.756.180	CLP	8,8	MM\$



Changzhou Hener Weighing Equipment Co., Ltd

QUOTATION

Date: 2017-07-26
Destination: Chile

To:
Attn: Daniela Saavedra

Dear Daniela Saavedra,

Thank you for your interests in our products, the price of the products which you are interested in are as follows:

QUANTITY	DESCRIPTION	UNIT PRICE (USD/Ex-work)
1 set	60ton 3.4mx16m Truck scale (8mm)	7,200.00
	Transport and customs cost in China	650.00
	Sea freight cost from Shanghai port to Valparaiso Port	2800.00
	Total CFR Valparaiso Port	10,650.00

Truck scale details		
Product Name:	Truck scale	Description
Platform size:	3.4m X 16m	Platform structure of U beam, the main beam is made of rigid sections modular like I-Steel and more than 330mm beam height bending by machine to ensure the complete structure of platform is durable and good quality.
Weigh Capacity:	60ton 80ton	
Top plate thickness:	8mm plate 10mm plate	
Height of U-beam:	330mm	
No. of U-beam	6 pieces	
Surface Painting	Anti-rust and Anti-corrosion epoxy zinc Painting.	
Safe overload:	120%	
Body	3 sections 6 pcs	
NO. of load cells	8pcs	
MOQ:	1 set	
Port of loading:	Shanghai port, China	
H.S. code:	8423 8910 90	

<p>1. Delivery time: 10 days after down payment</p> <p>2. Warranty: 2 years (from delivery date) for the scale body and 1 year (from delivery date) for electrical equipment and lifetime technique support</p> <p>3. Payment: 30% down payment by T/T, the balance paid by T/T before shipment.</p> <p>4. Packing detail: 1 set 3.4x16m truck scales can be loaded in one 20ft container</p>
<p>Standard accessories part details of every weighbridge (Including in offer)</p>

ANEXO C: Cálculo costo Trommel

TROMMEL						
ÍTEM	VALOR MONETARIO	UNIDAD MEDIDA	VALOR MONETARIO	UNIDAD MEDIDA	VALOR MONETARIO	UNIDAD MEDIDA
Costo equipo	2.879	USD	1.867.751	CLP	1,9	MM\$
Costo transporte (hasta destino)	256	USD	166.080	CLP	0,2	MM\$
Costo Seguro	20	USD	12.975	CLP	0,0	MM\$
Total	3.155	USD	2.046.806	CLP	2,0	MM\$
Impuesto importación (6%)	189	USD	122.808	CLP	0,1	MM\$
Total sin IVA	3.344	USD	2.169.615	CLP	2,2	MM\$
IVA (19%)	635	USD	412.227	CLP	0,4	MM\$
Costo total Trommel	3.980	USD	2.581.841	CLP	2,6	MM\$



郑州金马矿山机械有限公司

Zhengzhou Jinma Mining Machinery Co., Ltd.

ADD.: NO. 8, DIANCHANG ROAD, ZHENGZHOU, CHINA Tel: +86-371-67511065

Fax: +86-371-85098580 Email: helen@zzjmjx.cn

QUOTATION SHEET

Quotation NO: 2017JM230	Date: 2017-07-25
To: Mr. Daniela Saavedra Email: daniela.saavedra.jara@gmail.com	From: Zhengzhou Jinma Mining Machinery Co., Ltd. Add.: NO. 8, Dianchang Road, Zhengzhou, China Tel: +86-371-67511065 Email: helen@zzjmjx.cn

The Specifications and Price of GTS-1015 Waste Trommel Screen (For Reference)

I. Trommel Screen Basic Information

Model: GTS-1015 waste trommel screen

Drum diameter:1000mm

Effective drum length:1500mm

Steel wrap hoop outside the trommel screen:100 # Channel steel welded

Drum supporting leg: rectangular square pipe



Installation angle:0°

Capacity: 50TPH

Mesh material: steel plate punching



II. Price & Trade Terms:

-Price: FOB Qingdao Total Price is 2879 USD/SET

Sea Freight total amount in USD from Qingdao Port to Valparaiso, Chile is 256 USD

Insurance total amount is 20 USD

CIF Valparaiso Port Total Amount is 3155 USD

-Delivery: get ready for the equipment in 20 working days after received 30% advance payment

-Payment: 30% deposit by T/T, the balance be paid before delivery;

-Price validity: within 50 days since 2017-07-25

-Warranty: 12 months under normal use except for wearing parts

III. Bank Information:

BENEFICIARY: Zhengzhou Jinma Mining Machinery Co., Ltd.

BANK: Citibank, N.A., Hong Kong Branch

ACCOUNT NO.: 3355004371192

SWIFT: CITIHKHX

BANK ADDRESS: 26/F TOWER ONE TIME SQUARE 1 MATHESON STREET

CAUSEWAY BAY HK

ANEXO D: Cálculo costo Enfardadora

ENFARDADORA						
ÍTEM	VALOR	UNIDAD	VALOR	UNIDAD	VALOR	UNIDAD
	MONETARIO	MEDIDA	MONETARIO	MEDIDA	MONETARIO	MEDIDA
Costo equipo	34.500	USD	22.381.875	CLP	22,4	MM\$
Costo transporte (hasta destino)	2.450	USD	1.589.438	CLP	1,6	MM\$
Costo Seguro	240	USD	155.484	CLP	0,2	MM\$
Total	37.190	USD	24.126.796	CLP	24,1	MM\$
Impuesto importación (6%)	2.231	USD	1.447.608	CLP	1,4	MM\$
Total sin IVA	39.421	USD	25.574.404	CLP	25,6	MM\$
IVA (19%)	7.490	USD	4.859.137	CLP	4,9	MM\$
Costo total enfardadora	46.911	USD	30.433.541	CLP	30,4	MM\$

 QUNFENG MACHINERY	QUOTE SHEET		
Quote date:	27-07-2017	Quote valid date:	26-08-2017
Company:	Dezhou Qunfeng	Customer:	
Current contact:	Chia Wong	ATTN:	Daniela Saavedra
Tel:	86-10-182 1058 6019	Tel:	
Fax:		Fax:	
Email:	chia@dzqunfeng.com	Email:	daniela.saavedra.jara@gmail.com

PRODUCT DETAILS			
Product name:	Full-Automatic waste Tyre baler machine	Description	
Item No.:	FDY-850	FDY-850 Series Full-Automatic waste paper baler machine is suitable for baling all kinds of waste paper, cardboard, and similar products. It can reduce storage space, saving up to 80% of stacking space. reduce transportation and labor costs, also conducive to environmental protection and waste recycling.	
Operation Efficiency:	7-10 bales/hour		
Main Cylinder:	Φ220 mm		
Bale Size:	1100*850*L(adjustable:1500-2000mm)		
Capacity:	10-15 t/h		
Main Power:	41 KW		
Feed Opening Size:	1100*2000 mm		
Strapping:	3 lines		
Mainframe Dimension:	9000(L)*12000(W)*3500(H)	Product parameters	
MOQ:	1 SET	<ol style="list-style-type: none"> 1. PLC control, man-machine interaction (touch-screen) and window monitor, synchronous action indication with error warning. 2. Floating contraction design, Dispersing pressure all around. 3. Distributed shear knife in the feeding door. Economic and efficiency. 4. Strapping automatically with high speed and setting the length of the bale free. 	
Country of origin:	China		
Port of loading:	Qingdao		
H.S. code:	8422400000		
Certificate:	ISO, OHSAS, CE		
3rd party factory audit:	TUV		
Tax refund:	13%		
PHOTO DETAILS			
			
PRICING DETAILS			
Specifications	FOB price(USD/SET)	Per weight(KG)	MEAS(CBM)
FDY-850	34.500,00	14500	90
ADDITIONAL COMMENTS & REMARK			
Price: This Price including Mainframe, Conveyor and Cooler.			
Exchange Rate: Price quoted based on exchange rate USD:RMB not less than 1:6.7.			
Delivery time for sample: 10 days after get your samples request and sample charge.			
Delivery time for mass production: 30-60 days after order confirmed, based on order quantity.			
Payment terms: 30% deposit before Production by T/T, and the balance before delivery.			
Package: Price quoted based on factory original box, original design on product,original package for export If need change buyer's box, MOQ ≥ 200PCS free of charge.			
If need change package quantity in outer carton, or carton material or carton thickness, it may cause price increase.			

ANEXO E: Cálculo costo Volteadora

VOLTEADORA						
ÍTEM	VALOR MONETARIO	UNIDAD MEDIDA	VALOR MONETARIO	UNIDAD MEDIDA	VALOR MONETARIO	UNIDAD MEDIDA
Costo equipo	7.600	USD	4.930.500	CLP	4,9	MM\$
Costo transporte (hasta destino)	2.900	USD	1.881.375	CLP	1,9	MM\$
Costo Seguro	50	USD	32.438	CLP	0,0	MM\$
Total	10.550	USD	6.844.313	CLP	6,8	MM\$
Impuesto importación (6%)	633	USD	410.659	CLP	0,4	MM\$
Total sin IVA	11.183	USD	7.254.971	CLP	7,3	MM\$
IVA (19%)	2.125	USD	1.378.445	CLP	1,4	MM\$
Costo total volteadora	13.308	USD	8.633.416	CLP	8,6	MM\$

TAGRM LIMITED

Tel : 86-771-5384871 Fax : 86-771-5384371
 Add:NO.78, Minzu Road, Qingxiu District, Nanning, Guangxi, China 530012
 E-mail:sale@tagrm.com Mobile:86-18070929871

M2000 COMPOST TURNER



Features

High efficiency

400-500 cbm/hr, the same of 100 workers labor, it can produce 160-200tone compound fertilizer.

Suggest to small fertilizer plant which the yearly capacity 10000-30000tons.

Main technical specifications

Model	M2000	Mate power	27.5hp
Working width	2000mm	Working height	600-800mm
Working row space	600-800mm	Max Dia granule	250mm
Roller diameter	600mm	Productivity	400-500CBM /hour
Overall dimension	2100*2600*2700mm	Total weight	1500kg

TAGRM LIMITED

Tel : 86-771-5384871 Fax : 86-771-5384371
 Add:NO.78, Minzu Road, Qingxiu District, Nanning, Guangxi, China 530012
 E-mail:sale@tagrm.com Mobile:86-18070929871

Engine

MODEL	ZH1130
Cylinder diameter	130mm
Piston stroke	120mm
Rate speed	2200r/min
Roted Power	27.5hp
Fuel consumption	≤240.7g/kW·h(177g/PS·h)



Supplied Accessories(FREE)

Screwdriver	4PIC	Open spanner	1SET
Spanner	2PIC	Inner hexagon spanner	1SET
Limb wrench	1SET	Diesel engine filter element	1PIC
Diesel engine tools box	1PIC	Diesel engine cylinder botton	1PIC
Blade	30PIC		

M2000 compost turner price is 7600 usd/set. One set need one 20 ft container to load.

Shipping cost to port of Valparaíso in Chile is 2900 usd.

Insurance total amount is 50 USD

ANEXO F: Costo mini cargador frontal.

MINICARGADOR				
ÍTEM	VALOR MONETARIO	UNIDAD MEDIDA	VALOR MONETARIO	UNIDAD MEDIDA
Costo neto equipo	18.000.000	CLP	18,0	MM\$
IVA (19%)	3.420.000	CLP	3,4	MM\$
Costo total minicargador	21.420.000	CLP	21,4	MM\$

También puede interesarte: [motos choperas](#), [autos automáticos](#), [motos iquique](#), [autos santiago](#)

[Volver al listado](#) | [Autos, Motos y Otros > Maquinaria Pesada](#)

Publicación #446127296 [Denunciar](#) | [Vender uno igual](#)



FORWAY WS50

Me gusta

\$ 18.000.000

Rm (metropolitana) - Pudahuel

Anunciante: Motorman

[Ver teléfono](#)

Escribe tu consulta

Consultar



Consejos de seguridad

- No uses servicios de pago anónimos (por ej. Western Union), ni envíes dinero al exterior.
- No pagues sin verificar personalmente la documentación y el estado del vehículo.
- Mercado Libre y sus afiliadas no tienen vehículos bajo su custodia.
- Cuidate si mencionan ventas rápidas por mudanza.
- Desconfía de ofertas debajo del precio de mercado.

¿Crees que este no es un vendedor seguro? [Denúncialo](#).

Marca:
FORWAY

Modelo:
WS50

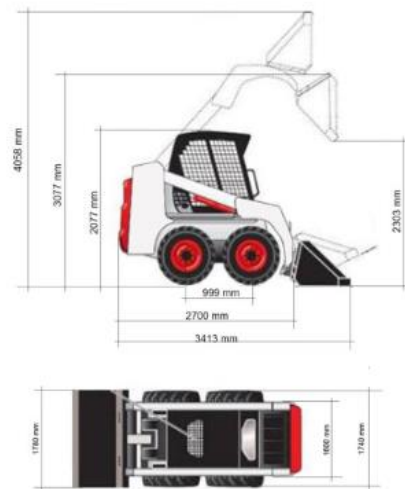
Tipo de maquinaria:
Mini cargadores



NUEVO CHAT
ESCRIBENOS EN VIVO EN LA WEB

MINICARGADOR FORWAY WS50 Capacidad de Carga 800 Kg

Creado de acuerdo con las últimas normas de diseño, es muy eficaz, seguro y fiable. Tracción en las cuatro ruedas, funciona con varios accesorios según el trabajo a realizar, se adapta a diferentes condiciones operacionales. Fácil de mantener.



FICHA TÉCNICA

- Marca: Forway WS60
- Motor: Kubota V2403 Diesel de 4 cilindros, Turbo
- Potencia: 50 Hp
- Transmisión: Hidrostática
- Bombas Hidráulicas: Sauer Danfoss
- Caudal Bomba Hidráulica: 66,2 lts/min
- Cabina: Rops/Fops Cerrada Completa, calefacción y A/A.
- Comandos: Mandos hidráulicos Manuales
- Neumáticos: 10 x 16.5
- Peso Operacional: 3.000 kilos
- Capacidad de Carga: 800 kilos
- Capacidad del Balde: 0.40 mts³
- Altura de Levante: 2.996 mm
- Tercera Función
- Nuestros Precios no Incluyen IVA



CONTÁCTANOS

A partir de las 8:00 hasta las 18:00
de LUNES a VIERNES

Teléfonos:
+56 9 6531 5200
+56 2 2435 6666

También puedes escribirnos a nuestro
Chat en vivo en el sitio web de Motorman.

ENTREGAS



<https://vehiculo.mercadolibre.cl/MLC-446127296-minicargador-forway-gato-ws50-800-kilos-motorman-m4q-JM>

ANEXO G: Costo chipeadora.

CHIPEADORA				
ÍTEM	VALOR MONETARIO	UNIDAD MEDIDA	VALOR MONETARIO	UNIDAD MEDIDA
Costo neto equipo	789.000	CLP	0,8	MM\$
IVA (19%)	149.910	CLP	0,1	MM\$
Costo total chipeadora	938.910	CLP	0,9	MM\$



CHIPEADORA DE MADERA GASOLINA POWER PRO KIPOR TCK1300 400 CC

Precio Neto: \$789.000

Disponible para reserva

1

Añadir al carrito

Categorías: <<[Chipeadora Madera](#), [Chipeadoras](#)

Descripción

Ficha Técnica

Descripción del Producto

Chipeadora de Madera Gasolina Marca Power Pro Motor Kipor 400 cc
 Chipeadora de Madera Gasolina TCK1300
 Marca: POWERPRO
 Cilindrada 398 cc
 Potencia nominal 13HP
 Tanque combustible 3,6L
 Velocidad de giro 2000rpm
 Motor monocilíndrico 4 tiempos
 20 Cuchillos giratorios
 Titurado: ejes con martillos
 Combustible gasolina 93 octanos
 Partida manual
 Refrigeración por aire
 Garantía 6 meses
 Diám. máx. corte rama

(Tolva lateral) 7,9cm Ø
Dimensiones(LAH) 76x47x115cm
Peso 113kg
Precio Oferta Sólo Pago Contado Transferencia o Efectivo

Chipeadoras: En Induventa encontrarás las mejoras Chipeadoras que usted necesita para realizar un gran trabajo. En nuestra empresa contamos con una gama de Chipeadoras que trituran las hojas, como también pican la madera. Estas Chipeadoras sirven para Jardines, casas, parcelas y también empresas.

Chipeadoras para Jardines
Chipeadoras para Casas
Chipeadoras para Parcelas
Chipeadoras para Empresas

<http://www.induventa.cl/producto/chipeadora-de-madera-gasolina-power-pro-kipor-tck1300-400-cc/>

ANEXO H: Explicación costos de transporte y de disposición final para escenarios con PTMB versus escenarios sin PTMB.

Como bien se ha indicado en otros apartados del presente trabajo, el PTMB permite una reducción de la cantidad de toneladas que son transportadas hasta los rellenos sanitarios y dispuestas en éstos. Lo anterior, en comparación con el sistema de gestión actual de residuos que considera la disposición directa de los RSD en los rellenos sin una fase de pretratamiento previa. Con la finalidad de clarificar esta reducción del Q de toneladas transportadas y dispuestas, y los menores costos asociados, se entregará a continuación una explicación detallada haciendo uso de los datos de la evaluación económica de la alternativa 1, presentada más adelante.

PRETRATAMIENTO San Felipe	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Toneladas recibidas por día	85,0	88,6	92,4	96,4	100,5	104,8	109,3	114,0	118,9	124,0	129,3	134,8	140,6	146,6	152,9	159,4	166,3	173,4	180,8	188,5	196,6
Toneladas recibidas por año	31.025	32.353	33.739	35.184	36.690	38.261	39.899	41.608	43.390	45.247	47.185	49.205	51.312	53.509	55.801	58.190	60.682	63.280	65.990	68.815	71.762
Toneladas fracción gruesa (no recuperada)		12.941	13.496	14.073	14.676	15.304	15.960	16.643	17.356	18.099	18.874	19.682	20.525	21.404	22.320	23.276	24.273	25.312	26.396	27.526	28.705
Toneladas fracción gruesa (recuperación)		3.235	3.374	3.518	3.669	3.826	3.990	4.161	4.339	4.525	4.718	4.921	5.131	5.351	5.580	5.819	6.068	6.328	6.599	6.882	7.176
Toneladas fracción fina bioestabilizado		9.706	10.122	10.555	11.007	11.478	11.970	12.482	13.017	13.574	14.155	14.762	15.394	16.053	16.740	17.457	18.205	18.984	19.797	20.645	21.529
Toneladas fracción fina biodegradadas		6.471	6.748	7.037	7.338	7.652	7.980	8.322	8.678	9.049	9.437	9.841	10.262	10.702	11.160	11.638	12.136	12.656	13.198	13.763	14.352

En la tabla previa es posible visualizar en la primera fila un Q total de toneladas generadas o recibidas por día. En la situación base optimizada (disposición directa en relleno sin pretratamiento), es este Q total de toneladas el que sería transportado y dispuesto en los rellenos sanitarios, siendo multiplicado por las tarifas de transporte y disposición por tonelada para lograr la obtención de los costos totales asociados.

En la situación propuesta que consiste en incorporar el PTMB, no todo el material va hasta los sitios de disposición final ya que una parte de la fracción gruesa de residuos son recuperados por ser materiales reciclables y una parte de la fracción fina desaparece por biodegradación. Así, van hasta sitios de disposición final sólo las toneladas de la fracción gruesa de residuos no recuperados y las toneladas de fracción fina bioestabilizada que se observan en la tabla. Ahora bien, debiera entonces existir menores costos de transporte y de disposición final para la alternativa que considera PTMB: ¿Cómo se reflejan en los flujos que se presentarán en los siguientes apartados? Esto se explica a continuación.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Costo de transporte		21	22	23	24	25	26	27	28	29	31	32	33	35	36	38	39	41	43	45	47
Costo de disposición		362	378	394	411	429	447	466	486	507	528	551	575	599	625	652	680	709	739	771	804
Costo total sin PTMB	0	383	400	417	435	453	473	493	514	536	559	583	608	634	661	690	719	750	782	815	850
Ahorro costo por ingresos por cuota aseo municipal (16,3%)	0	62	65	68	71	74	77	80	84	87	91	95	99	103	108	112	117	122	127	133	139
Total considera ahorro sin PTMB	0	321	335	349	364	379	396	413	430	449	468	488	509	531	553	577	602	628	655	683	712

La tabla previa, muestra en la primera línea los costos de transporte a relleno asociados a la situación base que considera transporte directo de los residuos a los sitios de disposición final sin pretratamiento. Se observa entonces que para el año 1 existe un costo de 21 MM\$ y para el año 20 existe un costo de 47 MM\$. La segunda línea, muestra los costos de disposición en relleno sanitario. Como se observa, para la situación base el costo de disposición en el año 1 es de 362 MM\$ mientras que para el año 20 es de 804 MM\$. Lo que sigue, es la tabla de costos de transporte a relleno sanitario y de disposición asociados a la alternativa propuesta: incorporar el PTMB. Como ya se ha indicado, estos costos debieran ser inferiores.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Costos de transporte																					
Transporte BioEst PTMB RS [MM\$]		6	7	7	7	7	8	8	8	9	9	10	10	10	11	11	12	12	13	13	14
Transporte FGr PTMB RS [MM\$]		8	9	9	10	10	10	11	11	12	12	13	13	14	15	15	16	16	17	18	19
Subtotal costos de transporte a relleno sanitario [MM\$]		15	15	16	17	17	18	19	20	21	21	22	23	24	25	26	28	29	30	31	33
RELLENO SANITARIO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Toneladas fracción gruesa		12.941	13.496	14.073	14.676	15.304	15.960	16.643	17.356	18.099	18.874	19.682	20.525	21.404	22.320	23.276	24.273	25.312	26.396	27.526	28.705
Toneladas bioestabilizado		9.706	10.122	10.555	11.007	11.478	11.970	12.482	13.017	13.574	14.155	14.762	15.394	16.053	16.740	17.457	18.205	18.984	19.797	20.645	21.529
Tarifa		11200																			
Costo de disposición RS		254	265	276	288	300	313	326	340	355	370	386	402	420	437	456	476	496	517	540	563

Como puede observarse en las tablas presentadas, el costo de transporte a relleno sanitario para el año 1 es de 15 MM\$ y de 33 MM\$ para el año 20 versus los 21 y 47 MM\$ para los mismos periodos de la situación base expuesta en forma previa. Para el caso del costo de disposición en relleno, puede indicarse que para el escenario que considera PTMB este asciende a 254 MM\$ en el año 1 y 563 MM\$ en el año 20 en comparación con los 383 y los 850 MM\$ para los mismos periodos de la situación base que no considera PTMB.

Entonces, con base en los antecedentes explicados en la sección 9.8 es posible corroborar que efectivamente los costos de transporte a relleno sanitario y de disposición final de la situación propuesta (incorporar PTMB) son inferiores a los de la situación base. Por tanto, existe un ahorro en este sentido. Sin embargo, el PTMB incorpora otros costos que la situación base no, razón por la cual en los resultados o evaluaciones finales el PTMB puede resultar más caro que la situación base.

Con el objeto de evitar repeticiones innecesarias, se explicita que la información entregada anteriormente con respecto al análisis de costos de transporte a relleno sanitario y de disposición en este tipo de sitios, es válida para los cuatro escenarios evaluados.

ANEXO I: Flujo del proyecto para alternativa 1: Incorporación de pretratamiento mecánico biológico (PTMB) de los residuos y disposición en relleno sanitario La Hormiga sin tarifa diferenciada

<i>PRETRATAMIENTO San Felipe</i>	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Toneladas recibidas por día	85,0	88,6	92,4	96,4	100,5	104,8	109,3	114,0	118,9	124,0	129,3	134,8	140,6	146,6	152,9	159,4	166,3	173,4	180,8	188,5	196,6
Toneladas recibidas por año	31.025	32.353	33.739	35.184	36.690	38.261	39.899	41.608	43.390	45.247	47.185	49.205	51.312	53.509	55.801	58.190	60.682	63.280	65.990	68.815	71.762
Toneladas fracción gruesa (no recuperada)		12.941	13.496	14.073	14.676	15.304	15.960	16.643	17.356	18.099	18.874	19.682	20.525	21.404	22.320	23.276	24.273	25.312	26.396	27.526	28.705
Toneladas fracción gruesa (recuperación)		3.235	3.374	3.518	3.669	3.826	3.990	4.161	4.339	4.525	4.718	4.921	5.131	5.351	5.580	5.819	6.068	6.328	6.599	6.882	7.176
Toneladas fracción fina bioestabilizado		9.706	10.122	10.555	11.007	11.478	11.970	12.482	13.017	13.574	14.155	14.762	15.394	16.053	16.740	17.457	18.205	18.984	19.797	20.645	21.529
Toneladas fracción fina biodegradadas		6.471	6.748	7.037	7.338	7.652	7.980	8.322	8.678	9.049	9.437	9.841	10.262	10.702	11.160	11.638	12.136	12.656	13.198	13.763	14.352

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
<i>Inversiones</i>																					
Terreno [MM\$]	400																				
Construcciones [MM\$]	46																				
Equipos [MM\$]	76										97										
Subtotal inversiones [MM\$]	522	0	0	0	0	0	0	0	0	0	97	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Costos de operación</i>																					
RRHH [MM\$]		67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71
Insumos y servicios [MM\$]		119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	178	178	178	178	178	178	178	178	178	178
Subtotal costos de operación [MM\$]		186	186	186	186	186	186	186	186	186	186	248	248	248	248	248	248	248	248	248	248

Costo transporte \$/ ton- km i/v	65
Kms San Felipe - PTMB	10
Kms PTMB - RS (La Hormiga)	10

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
<i>Costos de transporte</i>																					
Transporte San Felipe PTMB [MM\$]		21	22	23	24	25	26	27	28	29	31	32	33	35	36	38	39	41	43	45	47
Transporte BioEst PTMB RS [MM\$]		6	7	7	7	7	8	8	8	9	9	10	10	10	11	11	12	12	13	13	14
Transporte FGr PTMB RS [MM\$]		8	9	9	10	10	10	11	11	12	12	13	13	14	15	15	16	16	17	18	19
Subtotal costos de transporte [MM\$]		35,8	37,3	38,9	40,5	42,3	44,1	46,0	47,9	50,0	52,1	54,4	56,7	59,1	61,7	64,3	67,1	69,9	72,9	76,0	79,3
Flujo de caja PTMB [MM\$]	522	222	223	225	227	228	230	232	234	236	335	303	305	307	310	313	315	318	321	324	328

RELLENO SANITARIO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Toneladas fracción gruesa	12.941	13.496	14.073	14.676	15.304	15.960	16.643	17.356	18.099	18.874	19.682	20.525	21.404	22.320	23.276	24.273	25.312	26.396	27.526	28.705	
Toneladas bioestabilizado	9.706	10.122	10.555	11.007	11.478	11.970	12.482	13.017	13.574	14.155	14.762	15.394	16.053	16.740	17.457	18.205	18.984	19.797	20.645	21.529	

Tarifa	11200																			
Costo de disposición RS	254	265	276	288	300	313	326	340	355	370	386	402	420	437	456	476	496	517	540	563

TOTAL (PTMB + Disposición)	522	475	488	501	514	528	543	558	574	591	705	688	707	727	747	769	791	814	839	864	890
Recuperación de costos por ingresos por cuota aseo municipal (16,3%)		81	83	85	87	89	92	94	97	100	102	117	120	123	127	130	134	138	142	146	150
Recuperación de inversión por FNDR	122																				
Valor residual																					423
Total considera ahorro	400	395	405	416	427	439	451	464	477	491	603	571	587	604	621	639	657	677	697	718	317

Con respecto al valor residual, puede indicarse que su cálculo incorpora la suma del valor que tendrán al final del proyecto dos activos fijos: el terreno y las construcciones. Para el caso del terreno se ha considerado tendrá el mismo valor de adquisición (lo conservará), aunque se sabe este podría ser incluso superior. Para el caso de las construcciones se considera éstas valdrán la mitad de su valor de adquisición producto del desgaste. La maquinaria no se considera puesto que cumpliría su vida útil.

Ingresos por cobro derechos aseo																				
Costo operación PTMB	186,0	186,0	186,0	186,0	186,0	186,0	186,0	186,0	186,0	186,0	248,3	248,3	248,3	248,3	248,3	248,3	248,3	248,3	248,3	248,3
Costo de transporte	35,8	37,3	38,9	40,5	42,3	44,1	46,0	47,9	50,0	52,1	54,4	56,7	59,1	61,7	64,3	67,1	69,9	72,9	76,0	79,3
Costo disposición RS	253,7	264,5	275,8	287,7	300,0	312,8	326,2	340,2	354,7	369,9	385,8	402,3	419,5	437,5	456,2	475,7	496,1	517,4	539,5	562,6
Terreno (linealizado)	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0
Reinversión (no subsidiada) (linealizado)											9,7	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7
COSTO A RECUPERAR	495	508	521	534	548	563	578	594	611	628	718	737	757	777	799	821	844	868	894	920
TASA RECUPERACIÓN	16,30%	16,30%	16,30%	16,30%	16,30%	16,30%	16,30%	16,30%	16,30%	16,30%	16,30%	16,30%	16,30%	16,30%	16,30%	16,30%	16,30%	16,30%	16,30%	16,30%
INGRESOS POR DERECHOS DE ASEO	80,8	82,8	84,9	87,1	89,4	91,8	94,3	96,8	99,6	102,4	117,1	120,1	123,3	126,7	130,2	133,8	137,6	141,5	145,7	150,0

Alternativa propuesta (incluir PTMB y disponer en La Hormiga sin tarifa diferenciada)		
VAN (10%)	4.572	MM\$
CAUE (10%)	537	MM\$
Promedio toneladas	49.605	ton/año
Costo por tonelada	10.826	\$/ton

Opción - Situación base corregida (sin PTMB)																					
Distancia al relleno	10																				
Tarifa de disposición	\$ 11.200																				
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Costo de transporte	21	22	23	24	25	26	27	28	29	31	32	33	35	36	38	39	41	43	45	47	
Costo de disposición	362	378	394	411	429	447	466	486	507	528	551	575	599	625	652	680	709	739	771	804	
Costo total sin PTMB	0	383	400	417	435	453	473	493	514	536	559	583	608	634	661	690	719	750	782	815	850
Ahorro costo por ingresos por cuota aseo municipal (16,3%)	0	62	65	68	71	74	77	80	84	87	91	95	99	103	108	112	117	122	127	133	139
Total considera ahorro sin PTMB	0	321	335	349	364	379	396	413	430	449	468	488	509	531	553	577	602	628	655	683	712

Opción - Situación base corregida (sin PTMB)		
VAN (10%)	3.682	MM\$
CAUE (10%)	433	MM\$
Promedio toneladas	49.605	ton/año
Costo por tonelada	8.720	\$/ton

ANEXO J: Flujo del proyecto para alternativa 2: Incorporación de pretratamiento mecánico biológico (PTMB) de los residuos y disposición en relleno sanitario La Hormiga con tarifa diferenciada (50% dcto)

PRETRATAMIENTO San Felipe	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Toneladas recibidas por día	85,0	88,6	92,4	96,4	100,5	104,8	109,3	114,0	118,9	124,0	129,3	134,8	140,6	146,6	152,9	159,4	166,3	173,4	180,8	188,5	196,6
Toneladas recibidas por año	31.025	32.353	33.739	35.184	36.690	38.261	39.899	41.608	43.390	45.247	47.185	49.205	51.312	53.509	55.801	58.190	60.682	63.280	65.990	68.815	71.762
Toneladas fracción gruesa (no recuperada)		12.941	13.496	14.073	14.676	15.304	15.960	16.643	17.356	18.099	18.874	19.682	20.525	21.404	22.320	23.276	24.273	25.312	26.396	27.526	28.705
Toneladas fracción gruesa (recuperación)		3.235	3.374	3.518	3.669	3.826	3.990	4.161	4.339	4.525	4.718	4.921	5.131	5.351	5.580	5.819	6.068	6.328	6.599	6.882	7.176
Toneladas fracción fina bioestabilizado		9.706	10.122	10.555	11.007	11.478	11.970	12.482	13.017	13.574	14.155	14.762	15.394	16.053	16.740	17.457	18.205	18.984	19.797	20.645	21.529
Toneladas fracción fina biodegradadas		6.471	6.748	7.037	7.338	7.652	7.980	8.322	8.678	9.049	9.437	9.841	10.262	10.702	11.160	11.638	12.136	12.656	13.198	13.763	14.352

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Inversiones																					
Terreno [MM\$]	400																				
Construcciones [MM\$]	46																				
Equipos [MM\$]	76										97										
Subtotal inversiones [MM\$]	522	0	0	0	0	0	0	0	0	0	97	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
<i>Costos de operación</i>																					
RRHH [MM\$]		67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71
Insumos y servicios [MM\$]		119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	178	178	178	178	178	178	178	178	178	178
Subtotal costos de operación [MM\$]		186	186	186	186	186	186	186	186	186	186	248	248	248	248	248	248	248	248	248	248

Costo transporte \$/ ton- km i/v	65
Kms San Felipe - PTMB	10
Kms PTMB - RS (La Hormiga)	10

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
<i>Costos de transporte</i>																					
Transporte San Felipe PTMB [MM\$]		21	22	23	24	25	26	27	28	29	31	32	33	35	36	38	39	41	43	45	47
Transporte BioEst PTMB RS [MM\$]		6	7	7	7	7	8	8	8	9	9	10	10	10	11	11	12	12	13	13	14
Transporte FGr PTMB RS [MM\$]		8	9	9	10	10	10	11	11	12	12	13	13	14	15	15	16	16	17	18	19
Subtotal costos de transporte [MM\$]		36	37	39	41	42	44	46	48	50	52	54	57	59	62	64	67	70	73	76	79
Flujo de caja PTMB [MM\$]	522	222	223	225	227	228	230	232	234	236	335	303	305	307	310	313	315	318	321	324	328

RELLENO SANITARIO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Toneladas fracción gruesa		12.941	13.496	14.073	14.676	15.304	15.960	16.643	17.356	18.099	18.874	19.682	20.525	21.404	22.320	23.276	24.273	25.312	26.396	27.526	28.705
Toneladas bioestabilizado		9.706	10.122	10.555	11.007	11.478	11.970	12.482	13.017	13.574	14.155	14.762	15.394	16.053	16.740	17.457	18.205	18.984	19.797	20.645	21.529
Tarifa		5600																			
Costo de disposición RS		127	132	138	144	150	156	163	170	177	185	193	201	210	219	228	238	248	259	270	281

TOTAL	522	349	356	363	370	378	387	395	404	413	520	496	506	517	529	541	553	566	580	594	609
Recuperación de costos por ingresos por cuota aseo municipal (16,3%)		60	61	62	64	65	66	68	69	71	72	86	87	89	91	93	95	97	99	102	104
Recuperación de inversión por FNDR	122																				
Valor residual																					423
Total considera ahorro	400	289	294	300	307	313	320	327	335	343	448	410	419	428	438	448	458	469	481	492	82

Ingresos por cobro derechos aseo	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Costo operación PTMB	186,0	186,0	186,0	186,0	186,0	186,0	186,0	186,0	186,0	186,0	186,0	248,3	248,3	248,3	248,3	248,3	248,3	248,3	248,3	248,3	248,3
Costo de transporte	35,8	37,3	38,9	40,5	42,3	44,1	46,0	47,9	50,0	52,1	54,4	56,7	59,1	61,7	64,3	67,1	69,9	72,9	76,0	79,3	79,3
Costo disposición RS	126,8	132,3	137,9	143,8	150,0	156,4	163,1	170,1	177,4	185,0	192,9	201,1	209,8	218,7	228,1	237,9	248,1	258,7	269,8	281,3	281,3
Terreno (linealizado)	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0
Reinversión (no subsidiada) (linealizado)												9,7	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7
COSTO A RECUPERAR	369	376	383	390	398	407	415	424	433	443	525	536	547	558	570	583	596	610	624	639	639
TASA RECUPERACIÓN	16,30%	16,30%	16,30%	16,30%	16,30%	16,30%	16,30%	16,30%	16,30%	16,30%	16,30%	16,30%	16,30%	16,30%	16,30%	16,30%	16,30%	16,30%	16,30%	16,30%	16,30%
INGRESOS POR DERECHOS DE ASEO	60,1	61,2	62,4	63,6	64,9	66,3	67,7	69,1	70,6	72,2	85,6	87,3	89,1	91,0	93,0	95,0	97,2	99,4	101,7	104,1	104,1

Alternativa propuesta (incluir PTMB y disponer en La Hormiga sin tarifa diferenciada)

VAN (10%)	3.354	MM\$
CAUE (10%)	394	MM\$
Promedio toneladas	49.605	ton/año
Costo por tonelada	7.942	\$/ton

Opción - Situación base corregida (sin PTMB)

Distancia al relleno	10
Tarifa de disposición	\$ 11.200

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Costo de transporte		21	22	23	24	25	26	27	28	29	31	32	33	35	36	38	39	41	43	45	47
Costo de disposición		362	378	394	411	429	447	466	486	507	528	551	575	599	625	652	680	709	739	771	804
Costo total sin PTMB	0	383	400	417	435	453	473	493	514	536	559	583	608	634	661	690	719	750	782	815	850
Ahorro costo por ingresos por cuota aseo municipal (16,3%)	0	62	65	68	71	74	77	80	84	87	91	95	99	103	108	112	117	122	127	133	139
Total considera ahorro sin PTMB	0	321	335	349	364	379	396	413	430	449	468	488	509	531	553	577	602	628	655	683	712

Opción - Situación base corregida (sin PTMB)		
VAN (10%)	3.682	MM\$
CAUE (10%)	433	MM\$
Promedio toneladas	49.605	ton/año
Costo por tonelada	8.720	\$/ton

ANEXO K: Flujo del proyecto para alternativa 3: Incorporación de pretratamiento mecánico biológico (PTMB) de los residuos y disposición en relleno sanitario Til Til sin tarifa diferenciada.

PRETRATAMIENTO San Felipe	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Toneladas recibidas por día	85,0	88,6	92,4	96,4	100,5	104,8	109,3	114,0	118,9	124,0	129,3	134,8	140,6	146,6	152,9	159,4	166,3	173,4	180,8	188,5	196,6
Toneladas recibidas por año	31.025	32.353	33.739	35.184	36.690	38.261	39.899	41.608	43.390	45.247	47.185	49.205	51.312	53.509	55.801	58.190	60.682	63.280	65.990	68.815	71.762
Toneladas fracción gruesa (no recuperada)		12.941	13.496	14.073	14.676	15.304	15.960	16.643	17.356	18.099	18.874	19.682	20.525	21.404	22.320	23.276	24.273	25.312	26.396	27.526	28.705
Toneladas fracción gruesa (recuperación)		3.235	3.374	3.518	3.669	3.826	3.990	4.161	4.339	4.525	4.718	4.921	5.131	5.351	5.580	5.819	6.068	6.328	6.599	6.882	7.176
Toneladas fracción fina bioestabilizado		9.706	10.122	10.555	11.007	11.478	11.970	12.482	13.017	13.574	14.155	14.762	15.394	16.053	16.740	17.457	18.205	18.984	19.797	20.645	21.529
Toneladas fracción fina biodegradadas		6.471	6.748	7.037	7.338	7.652	7.980	8.322	8.678	9.049	9.437	9.841	10.262	10.702	11.160	11.638	12.136	12.656	13.198	13.763	14.352

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Inversiones																					
Terreno [MM\$]	400																				
Construcciones [MM\$]	46																				
Equipos [MM\$]	76										97										
Subtotal inversiones [MM\$]	522	0	0	0	0	0	0	0	0	0	97	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Costos de operación																					
RRHH [MM\$]		67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71
Insumos y servicios [MM\$]		119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	178	178	178	178	178	178	178	178	178	178
Subtotal costos de operación [MM\$]		186	186	186	186	186	186	186	186	186	186	248	248	248	248	248	248	248	248	248	248

Costo transporte \$/ ton-km	
i/v	65
Kms San Felipe - PTMB	10
Kms PTMB - RS (TiI TiI)	60

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Costos de transporte																					
Transporte San Felipe PTMB [MM\$]		21	22	23	24	25	26	27	28	29	31	32	33	35	36	38	39	41	43	45	47
Transporte BioEst PTMB RS [MM\$]		38	39	41	43	45	47	49	51	53	55	58	60	63	65	68	71	74	77	81	84
Transporte FGr PTMB RS [MM\$]		50	53	55	57	60	62	65	68	71	74	77	80	83	87	91	95	99	103	107	112
Subtotal costos de transporte [MM\$]		109	114	119	124	129	135	141	147	153	159	166	173	181	189	197	205	214	223	233	243
Flujo de caja PTMB [MM\$]	522	295	300	305	310	315	321	327	333	339	443	415	422	429	437	445	453	462	471	481	491

RELLENO SANITARIO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Toneladas fracción gruesa		12.941	13.496	14.073	14.676	15.304	15.960	16.643	17.356	18.099	18.874	19.682	20.525	21.404	22.320	23.276	24.273	25.312	26.396	27.526	28.705
Toneladas bioestabilizado		9.706	10.122	10.555	11.007	11.478	11.970	12.482	13.017	13.574	14.155	14.762	15.394	16.053	16.740	17.457	18.205	18.984	19.797	20.645	21.529

Tarifa	8000
Costo de disposición RS	181
	189
	197
	205
	214
	223
	233
	243
	253
	264
	276
	287
	300
	312
	326
	340
	354
	370
	385
	402

TOTAL	522	477	489	502	516	530	544	560	576	592	707	690	709	729	749	771	793	817	841	866	893
Recuperación de costos por ingresos por cuota aseo municipal (16,3%)		81	83	85	87	90	92	94	97	100	103	117	120	124	127	130	134	138	142	146	150
Recuperación de inversión por FNDR	122																				
Valor residual																					423
Total considera ahorro	400	396	406	417	428	440	452	465	479	493	604	573	589	605	622	640	659	679	699	720	319

Ingresos por cobro derechos aseo	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Costo operación PTMB		186,0	186,0	186,0	186,0	186,0	186,0	186,0	186,0	186,0	186,0	248,3	248,3	248,3	248,3	248,3	248,3	248,3	248,3	248,3	248,3
Costo de transporte		109,4	114,0	118,9	124,0	129,3	134,9	140,6	146,7	152,9	159,5	166,3	173,4	180,9	188,6	196,7	205,1	213,9	223,0	232,6	242,6
Costo disposición RS		181,2	188,9	197,0	205,5	214,3	223,4	233,0	243,0	253,4	264,2	275,6	287,3	299,7	312,5	325,9	339,8	354,4	369,5	385,4	401,9
Terreno (linealizado)		20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0
Reinversión (no subsidiada) (linealizado)												9,7	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7
COSTO A RECUPERAR		497	509	522	536	550	564	580	596	612	630	720	739	759	779	801	823	846	871	896	922
TASA RECUPERACIÓN		16,30%	16,30%	16,30%	16,30%	16,30%	16,30%	16,30%	16,30%	16,30%	16,30%	16,30%	16,30%	16,30%	16,30%	16,30%	16,30%	16,30%	16,30%	16,30%	16,30%
INGRESOS POR DERECHOS DE ASEO		80,9	83,0	85,1	87,3	89,6	92,0	94,5	97,1	99,8	102,7	117,3	120,4	123,6	127,0	130,5	134,1	137,9	141,9	146,0	150,4

**Alternativa propuesta
(incluir PTMB y disponer
en La Hormiga sin tarifa
diferenciada)**

VAN (10%)	4.583	MM\$
CAUE (10%)	538	MM\$
Promedio toneladas	49.605	ton/año
Costo por tonelada	10.852	\$/ton

**Opción - Situación base
corregida (sin PTMB)**

Distancia al relleno	60
Tarifa de disposición	\$ 8.000

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Costo de transporte		126	132	137	143	149	156	162	169	176	184	192	200	209	218	227	237	247	257	268	280
Costo de disposición		259	270	281	294	306	319	333	347	362	377	394	410	428	446	466	485	506	528	551	574
Costo total sin PTMB	0	385	401	419	437	455	475	495	516	538	562	586	611	637	664	692	722	753	785	819	854
Ahorro costo por ingresos por cuota aseo municipal (16,3%)	0	63	65	68	71	74	77	81	84	88	92	95	100	104	108	113	118	123	128	133	139
Total considera ahorro sin PTMB	0	322	336	350	365	381	397	414	432	451	470	490	511	533	556	580	604	630	657	685	715

VAN (10%)	3.698	MM\$
CAUE (10%)	434	MM\$
Promedio toneladas	49.605	ton/año
Costo por tonelada	8.757	\$/ton

Ingresos por cobro derechos aseo	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Costo operación PTMB		186,0	186,0	186,0	186,0	186,0	186,0	186,0	186,0	186,0	186,0	248,3	248,3	248,3	248,3	248,3	248,3	248,3	248,3	248,3	248,3
Costo de transporte		109,4	114,0	118,9	124,0	129,3	134,9	140,6	146,7	152,9	159,5	166,3	173,4	180,9	188,6	196,7	205,1	213,9	223,0	232,6	242,6
Costo disposición RS		181,2	188,9	197,0	205,5	214,3	223,4	233,0	243,0	253,4	264,2	275,6	287,3	299,7	312,5	325,9	339,8	354,4	369,5	385,4	401,9
Terreno (linealizado) Reversión (no subsidiada) (linealizado)		20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0
												9,7	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7
COSTO A RECUPERAR		497	509	522	536	550	564	580	596	612	630	710	729	749	769	791	813	837	861	886	913
TASA RECUPERACIÓN		16,30%	16,30%	16,30%	16,30%	16,30%	16,30%	16,30%	16,30%	16,30%	16,30%	16,30%	16,30%	16,30%	16,30%	16,30%	16,30%	16,30%	16,30%	16,30%	16,30%
INGRESOS POR DERECHOS DE ASEO		80,9	83,0	85,1	87,3	89,6	92,0	94,5	97,1	99,8	102,7	115,8	118,8	122,1	125,4	128,9	132,6	136,4	140,3	144,5	148,8

ANEXO L: Flujo del proyecto para alternativa 4: Incorporación de pretratamiento mecánico biológico (PTMB) de los residuos y disposición en relleno sanitario La Hormiga con tarifa diferenciada (25% de descuento)

<i>PRETRATAMIENTO San Felipe</i>	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Toneladas recibidas por día	85,0	88,6	92,4	96,4	100,5	104,8	109,3	114,0	118,9	124,0	129,3	134,8	140,6	146,6	152,9	159,4	166,3	173,4	180,8	188,5	196,6
Toneladas recibidas por año	31.025	32.353	33.739	35.184	36.690	38.261	39.899	41.608	43.390	45.247	47.185	49.205	51.312	53.509	55.801	58.190	60.682	63.280	65.990	68.815	71.762
Toneladas fracción gruesa (no recuperada)		12.941	13.496	14.073	14.676	15.304	15.960	16.643	17.356	18.099	18.874	19.682	20.525	21.404	22.320	23.276	24.273	25.312	26.396	27.526	28.705
Toneladas fracción gruesa (recuperación)		3.235	3.374	3.518	3.669	3.826	3.990	4.161	4.339	4.525	4.718	4.921	5.131	5.351	5.580	5.819	6.068	6.328	6.599	6.882	7.176
Toneladas fracción fina bioestabilizado		9.706	10.122	10.555	11.007	11.478	11.970	12.482	13.017	13.574	14.155	14.762	15.394	16.053	16.740	17.457	18.205	18.984	19.797	20.645	21.529
Toneladas fracción fina biodegradadas		6.471	6.748	7.037	7.338	7.652	7.980	8.322	8.678	9.049	9.437	9.841	10.262	10.702	11.160	11.638	12.136	12.656	13.198	13.763	14.352

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
<i>Inversiones</i>																					
Terreno [MM\$]	400																				
Construcciones [MM\$]	46																				
Equipos [MM\$]	76										97										
Subtotal inversiones [MM\$]	522	0	0	0	0	0	0	0	0	0	97	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
<i>Costos de operación</i>																					
RRHH [MM\$]		67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71
Insumos y servicios [MM\$]		119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	178	178	178	178	178	178	178	178	178	178
Subtotal costos de operación [MM\$]		186	186	186	186	186	186	186	186	186	186	248	248	248	248	248	248	248	248	248	248

Costo transporte \$/ ton- km i/v	65
Kms San Felipe - PTMB	10
Kms PTMB - RS (La Hormiga)	10

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Costos de transporte																					
Transporte San Felipe PTMB [MM\$]		21	22	23	24	25	26	27	28	29	31	32	33	35	36	38	39	41	43	45	47
Transporte BioEst PTMB RS [MM\$]		6	7	7	7	7	8	8	8	9	9	10	10	10	11	11	12	12	13	13	14
Transporte FGr PTMB RS [MM\$]		8	9	9	10	10	10	11	11	12	12	13	13	14	15	15	16	16	17	18	19
Subtotal costos de transporte [MM\$]		36	37	39	41	42	44	46	48	50	52	54	57	59	62	64	67	70	73	76	79
Flujo de caja PTMB [MM\$]	522	222	223	225	227	228	230	232	234	236	335	303	305	307	310	313	315	318	321	324	328

RELLENO SANITARIO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Toneladas fracción gruesa		12.941	13.496	14.073	14.676	15.304	15.960	16.643	17.356	18.099	18.874	19.682	20.525	21.404	22.320	23.276	24.273	25.312	26.396	27.526	28.705
Toneladas bioestabilizado		9.706	10.122	10.555	11.007	11.478	11.970	12.482	13.017	13.574	14.155	14.762	15.394	16.053	16.740	17.457	18.205	18.984	19.797	20.645	21.529

Tarifa	\$ 8.400
Costo de disposición RS	190 198 207 216 225 235 245 255 266 277 289 302 315 328 342 357 372 388 405 422

TOTAL	522	412	422	432	442	453	465	477	489	502	613	592	607	622	638	655	672	690	709	729	750
Recuperación de costos por ingresos por cuota aseo municipal (16,3%)		70	72	74	75	77	79	81	83	85	87	101	104	106	109	112	114	117	120	124	127
Recuperación de inversión por FNDR	122																				
Valor residual																					423
Total considera ahorro	400	342	350	358	367	376	386	396	406	417	526	491	503	516	529	543	558	573	589	605	200

Ingresos por cobro derechos aseo																				
Costo operación PTMB	186,0	186,0	186,0	186,0	186,0	186,0	186,0	186,0	186,0	186,0	186,0	248,3	248,3	248,3	248,3	248,3	248,3	248,3	248,3	248,3
Costo de transporte	35,8	37,3	38,9	40,5	42,3	44,1	46,0	47,9	50,0	52,1	54,4	56,7	59,1	61,7	64,3	67,1	69,9	72,9	76,0	79,3
Costo disposición RS	190,2	198,4	206,9	215,7	225,0	234,6	244,7	255,1	266,1	277,4	289,3	301,7	314,6	328,1	342,2	356,8	372,1	388,0	404,6	422,0
Terreno (linealizado) Reinversión (no subsidiada) (linealizado)	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0
												9,7	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7
COSTO A RECUPERAR	432	442	452	462	473	485	497	509	522	536	551	566	582	598	615	632	650	668	687	706
TASA RECUPERACIÓN	16,30%	16,30%	16,30%	16,30%	16,30%	16,30%	16,30%	16,30%	16,30%	16,30%	16,30%	16,30%	16,30%	16,30%	16,30%	16,30%	16,30%	16,30%	16,30%	16,30%
INGRESOS POR DERECHOS DE ASEO	70,4	72,0	73,6	75,4	77,1	79,0	81,0	83,0	85,1	87,3	101,3	103,7	106,2	108,9	111,6	114,4	117,4	120,5	123,7	127,0

**Alternativa propuesta
(incluir PTMB y disponer
en La Hormiga sin tarifa
diferenciada)**

VAN (10%)	3.963	MM\$
CAUE (10%)	465	MM\$
Promedio toneladas	49.605	ton/año
Costo por tonelada	9.384	\$/ton

**Opción - Situación base
corregida (sin PTMB)**

Distancia al relleno	10
Tarifa de disposición	\$ 11.200

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Costo de transporte	21	22	23	24	25	26	27	28	29	31	32	33	35	36	38	39	41	43	45	47	
Costo de disposición	362	378	394	411	429	447	466	486	507	528	551	575	599	625	652	680	709	739	771	804	
Costo total sin PTMB	0	383	400	417	435	453	473	493	514	536	559	583	608	634	661	690	719	750	782	815	850
Ahorro costo por ingresos por cuota aseo municipal (16,3%)	0	62	65	68	71	74	77	80	84	87	91	95	99	103	108	112	117	122	127	133	139
Total considera ahorro sin PTMB	0	321	335	349	364	379	396	413	430	449	468	488	509	531	553	577	602	628	655	683	712

Opción - Situación base corregida (sin PTMB)		
VAN (10%)	3.682	MM\$
CAUE (10%)	433	MM\$
Promedio toneladas	49.605	ton/año
Costo por tonelada	8.720	\$/ton