

An aerial photograph of a coastal city, likely Necochea, Argentina. The image shows a dense urban area with numerous high-rise apartment buildings and commercial structures. A wide river or estuary flows through the city, with a sandy beach and waves visible on the right side. The background features a large body of water and a distant horizon. The overall scene is a mix of urban development and natural coastal features.

**Diseño de un plan de separación en origen,
logística y post tratamiento de residuos sólidos
urbanos orgánicos para el Partido de Necochea.**

BALCEDO, Zarina – GUARDIA, Melissa Giselle

Trabajo Final de la Carrera Ingeniería Industrial
Departamento de Ingeniería Industrial
Facultad de Ingeniería Universidad Nacional de Mar del Plata



RINFI se desarrolla en forma conjunta entre el INTEMA y la Biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Mar del Plata.

Tiene como objetivo recopilar, organizar, gestionar, difundir y preservar documentos digitales en Ingeniería, Ciencia y Tecnología de Materiales y Ciencias Afines.

A través del Acceso Abierto, se pretende aumentar la visibilidad y el impacto de los resultados de la investigación, asumiendo las políticas y cumpliendo con los protocolos y estándares internacionales para la interoperabilidad entre repositorios



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-
NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

An aerial photograph of a coastal city, likely Necochea, Argentina. The image shows a dense urban area with numerous high-rise buildings and residential structures. A wide river or estuary flows through the city, and a sandy beach is visible on the right side. The ocean waves are breaking on the shore. The overall scene is a mix of urban development and natural coastal features.

**Diseño de un plan de separación en origen,
logística y post tratamiento de residuos sólidos
urbanos orgánicos para el Partido de Necochea.**

BALCEDO, Zarina – GUARDIA, Melissa Giselle

Trabajo Final de la Carrera Ingeniería Industrial
Departamento de Ingeniería Industrial
Facultad de Ingeniería Universidad Nacional de Mar del Plata

Diseño de un plan de separación en origen, logística y post tratamiento de residuos sólidos urbanos orgánicos para el Partido de Necochea.

Autoras:

Balcedo, Zarina

Guardia, Melissa Giselle

Evaluadores:

Ing. Nicolao García, José Ignacio. Facultad de Ingeniería UNMdP

Ing. Vignolo, Juan Pablo. Facultad de Ingeniería UNMdP

Director:

Ing. Zucal, Ricardo Javier. Facultad de Ingeniería UNMdP

Codirectora:

Ing. Ambrústolo, Mariela Beatriz. Facultad de Ingeniería UNMdP

ÍNDICE

ÍNDICE DE GRÁFICOS	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS	IX
TABLA DE SIGLAS	X
RESUMEN.....	XII
PALABRAS CLAVES	XIII
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Descripción de la situación inicial	1
1.2. Descripción del problema y motivación	2
1.3. Objetivos.....	4
1.3.1. Objetivos generales	4
1.3.2. Objetivos específicos	4
2. MARCO TEÓRICO.....	5
2.1. Residuos Sólidos Urbanos (RSU).....	5
2.1.1 Definición de Residuos Sólidos Urbanos	5
2.1.2. Origen, clasificación y composición de los residuos sólidos urbanos	5
2.1.3. Propiedades físicas y químicas de los residuos sólidos urbanos.....	7
2.2 Impacto ambiental y social de los residuos sólidos urbanos.....	8
2.3. Aprovechamiento energético de los residuos y la economía circular	10
2.4. Gestión Integral de residuos sólidos urbanos.....	12
2.4.1. ¿Qué es la Gestión Integral de residuos sólidos urbanos?	12
2.4.2. Etapas	12
2.5. Separación en origen y puntos verdes	14
2.5.1. Separación en origen.....	14
2.5.2. Puntos verdes	14
2.6. Campañas de sensibilización y educación ambiental	15
2.6.1. Campañas de sensibilización ambiental	15
2.6.2. Educación ambiental	15
2.7. Digestión Anaeróbica	16
2.7.1. ¿Qué es la digestión anaeróbica?.....	16
2.7.1.1. Tipos de digestión anaeróbica.....	17
2.7.1.2. Etapas de la digestión anaeróbica	17
2.8. Biogás.....	19

2.8.1. ¿Qué es el biogás?.....	19
2.8.2. Composición y características	20
2.8.3. Principales usos del biogás	21
2.8.4. Biogás en Argentina	22
2.8.5. Beneficios de la producción de biogás.....	24
2.9. Biodigestores	25
2.9.1. ¿Qué es un biodigestor?	25
2.9.2. Clasificación de biodigestores	25
2.9.3. Ventajas y desventajas del uso de biodigestores	26
2.10. Marco Legal.....	27
2.10.1. Marco legal de los residuos sólidos urbanos en Argentina	27
2.10.2. Normas para la habilitación de plantas de biogás	28
3. METODOLOGÍA.....	32
3.1. Análisis FODA	32
3.1.1 Matriz de Evaluación de Factores Internos.....	33
3.1.2. Matriz de Evaluación de Factores Externos.....	33
3.2. Entrevistas	34
3.3. Matriz sectores involucrados.....	35
3.4. Planificación estratégica.....	35
3.5. Matriz de ponderación	36
4. DESARROLLO	37
4.1. Características principales del Partido de Necochea	37
4.1.1. Localización	37
4.1.2. Clima	38
4.1.3. Población	38
4.2. Gestión de Residuos Sólidos Urbanos	38
4.2.1. Situación actual de los RSU	38
4.2.1.1. Generación.....	38
4.2.1.2. Composición física de los RSU	39
4.2.1.2.1. Estimación de la fracción orgánica de los RSU producidos.....	39
4.2.1.3. Recolección y transporte de residuos	41
4.2.1.4. Tratamiento de RSU	43
4.2.1.5. Disposición final	43

4.2.1.6. Micro basurales	44
4.3. Análisis FODA	45
4.3.1. MEFI.....	47
4.3.2. MEFE	49
4.4. Plan de separación en origen de los residuos	51
4.4.1. Sectores involucrados	51
4.4.2. Planificación estratégica de la Campaña de Comunicación y Educación Ambiental	55
4.4.2.1 Experiencias similares en Educación ambiental	60
4.4.3. Cronograma	61
4.5. Recolección y transporte de RSU	65
4.5.1. Selección de alternativas de recolección	65
4.5.1.1. Recolección domiciliaria de residuos orgánicos, inorgánicos y recuperables	65
4.5.1.1.1. Recolección de residuos orgánicos, inorgánicos y recuperables	68
4.5.2. Transporte de residuos	69
4.5.3. Puntos verdes	72
4.5.3.1. Recolección de los puntos limpios y verdes	75
4.5.4. Diagrama de flujo del modelo propuesto para la recolección de los residuos sólidos urbanos	75
4.5.5. Disposición de las distintas fracciones de RSU	76
4.6. Tratamiento de RSU: Alternativa para residuos orgánicos	76
4.6.1. Aplicación al tratamiento de los FORSU	76
4.6.2. Diagrama simplificado de los procesos implicados en el tratamiento de la FORSU	77
4.6.3. Materias primas y acondicionamiento del sustrato previo a la producción de biogás	78
4.6.4. Almacenamiento y pre-tratamiento del sustrato	79
4.6.4.1. Recepción	79
4.6.4.2. Reducción y homogeneización de tamaño	79
4.6.4.3. Separación de cuerpos extraños	79
4.6.5. Biodigestor	80
4.6.5.1. Cámara de carga	80

4.6.5.2. Parámetros físico-químicos ambientales y operacionales.....	80
4.6.5. Productos de la digestión anaerobia	87
4.7.1. Tecnologías de biodigestión	88
4.7.2. Análisis de alternativas	90
4.7.3 Matriz de ponderación para la selección de la alternativa tecnológica	91
4.7.3.1. Descripción y ponderación de los criterios considerados para la selección del tipo de tecnología	92
4.7.3.2. Calificación de cada criterio	93
4.7.3.3. Selección de la alternativa tecnológica	95
4.7.4. Dimensionamiento del biodigestor	96
4.7.4.1. Alimentación del biodigestor	96
4.7.4.2. Estimación de la producción de biogás	98
4.7.4.3. Estimación de la producción de biofertilizantes	100
4.7.5. Procesamiento del biogás	100
4.7.6. Uso de subproductos	101
4.7.6.1. Uso del biogás	101
4.7.6.2. Uso del digestato	102
4.7.7. Experiencias similares de obtención de biogás a partir de RSU	102
4.7.6. Mantenimiento y controles diarios	103
5. CONCLUSIONES.....	107
6. BIBLIOGRAFÍA	109
7. ANEXO	115
Anexo I: Biodigestores convencionales	115
Anexo II: Población.....	118
Anexo III: Estimación de la fracción orgánica de los RSU a tratar producidos en el municipio.....	119
Anexo IV: Biodigestores semicontinuos o continuos húmedos sin manejo del sustrato .	121

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tipo de residuos por fuente de generación.	6
Tabla 2. Características generales del biogás.	21
Tabla 3. Composición física promedio de los RSU en la ciudad de Necochea, Quequén, La Dulce y Juan N. Fernández.	40
Tabla 4. Cantidad y capacidad de los camiones actuales para la recolección de los distintos residuos generados.	42
Tabla 5. Matriz EFI.	48
Tabla 6. Matriz EFE.	49
Tabla 7. Matriz de sectores involucrados respecto a la disposición de los residuos.	54
Tabla 8. Plan de separación en origen de residuos sólidos urbanos.	64
Tabla 9. Ejemplos de residuos orgánicos, inorgánicos y recuperables.	66
Tabla 10. Fracción de residuos orgánicos que se generará en Necochea, Quequén, La Dulce y Juan N. Fernández.	69
Tabla 11. Recolección de residuos orgánicos en los días propuestos para cada sector.	69
Tabla 12. Camiones necesarios para la recolección de la fracción orgánica para la frecuencia y sectorización propuesta.	70
Tabla 13. Fracción de residuos inorgánicos que se generará en Necochea, Quequén, La Dulce y Juan N. Fernández.	70
Tabla 14. Recolección de residuos inorgánicos en el día propuesto para cada sector.	70
Tabla 15. Camiones necesarios para la recolección de la fracción inorgánica para la frecuencia y sectorización propuesta.	71
Tabla 16. Fracción de residuos recuperables que se generará en Necochea, Quequén, La Dulce y Juan N. Fernández.	71
Tabla 17. Recolección de residuos recuperables en los días propuestos para cada sector.	71
Tabla 18. Camiones necesarios para la recolección de la fracción recuperable para la frecuencia y sectorización propuesta.	72
Tabla 19. Tipos de residuos orgánicos.	78
Tabla 20. Rangos de temperaturas y tiempos de fermentación anaeróbica.	81
Tabla 21. Valores de TRH según el proceso.	82
Tabla 22. Porcentaje de sólidos totales y sólidos volátiles para FORSU.	84
Tabla 23. Ejemplos de inhibidores y concentraciones inhibidoras.	85
Tabla 24. Reglas empíricas para la evaluación de relaciones FOS/ TAC.	86
Tabla 25. Ponderación de los criterios a evaluar para la selección de la tecnología.	92
Tabla 26. Matriz de ponderación.	95

Diseño de un plan de separación en origen, logística y post tratamiento de residuos sólidos urbanos orgánicos para el Partido de Necochea

Tabla 27. Provincia de Buenos Aires. Población total y variación intercensal absoluta y relativa por partido. Años 2001-2010..... 118

Tabla 28. Composición física total de la CABA 2011..... 120

Diseño de un plan de separación en origen, logística y post tratamiento de residuos sólidos urbanos orgánicos para el Partido de Necochea

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Composición de los residuos orgánicos en la ciudad de Necochea, Quequén, La Dulce y Juan N. Fernández.....	40
Gráfico 2. EFI-EFE.....	50

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. El principio de la Economía Circular. El papel de las tecnologías de aprovechamiento energético de residuos se indica en los recuadros.	11
Figura 2. Etapas de la digestión anaerobia en un biodigestor, con producción de biogás y biofertilizante.	19
Figura 3. Tipos de sustratos.	23
Figura 4. Ubicación geográfica del Partido de Necochea.	37
Figura 5. Mapa de la ciudad de Necochea-Quequén con zonas y horarios de recolección de RSU, temporada invernal.	41
Figura 6. Ubicación geográfica del basural municipal.	43
Figura 7. Basural municipal a cielo abierto.	44
Figura 8. Ex basurero municipal en la calle 82 entre 93 y 107, Necochea.	45
Figura 9. Mapa de la ciudad de Necochea y la localidad de Quequén con sectores y turnos de recolección de RSU.	67
Figura 10. Días y horarios de recolección de las distintas fracciones de residuos.	68
Figura 11. Puntos limpios de la Asociación Civil “Todo para Ellos”	73
Figura 12. Diagrama de flujo de la recolección de residuos urbanos propuesto.	75
Figura 13. Diagrama simplificado de los procesos implicados en el tratamiento de la FORSU mediante la tecnología propuesta.	77
Figura 14. Equivalencia de biogás con otras fuentes de energía.	99
Figura 15. Biodigestor de campana flotante o modelo hindú.	116
Figura 16. Biodigestor con cúpula fija o modelo chino.	116
Figura 17. Biodigestor tubular o modelo Taiwán.	117

Diseño de un plan de separación en origen, logística y post tratamiento de residuos sólidos urbanos orgánicos para el Partido de Necochea

TABLA DE SIGLAS

ABS: Alquilbencenosulfonatos

BTX: Benceno, Tolueno, Xileno

CEAMSE: Coordinación Ecológica Área Metropolitana

EIA: Evaluación de Impacto Ambiental

EFE: Evaluación de Factores Externos

EFI: Evaluación de Factores Internos

ENARGAS: Ente Nacional Regulador del Gas

FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura

FODA: Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas

FORS: Fracción Orgánica de Recogida Separada

FORSU: Fracción Orgánica de los Residuos Sólidos Urbanos

FOS: Ácidos Orgánicos Volátiles

GEF: Global Environment Fund

GEI: Gases de Efecto Invernadero

GIRSU: Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos

INDEC: Instituto Nacional de Estadística y Censos

INTI: Instituto Nacional de Tecnología Industrial

MEFE: Matriz de Evaluación de Factores Externos

MEFI: Matriz de Evaluación de Factores Internos

MS: Materia Seca

ONG: Organización no Gubernamental

OPDS: Organización Provincial para el Desarrollo Sostenible

PEAD: Polietileno de Alta Densidad

PEBD: Polietileno de Baja Densidad

PET: Tereftalato de Polietileno

pH: Potencial de Hidrógeno

PP: Polipropileno

PS: Poliestireno

ppm: Partes por millón

PNUD: Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo

PNUMA: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente

PVC: Policloruro de Vinilo

RSU: Residuos Sólidos Urbanos

SV: Sólidos Volátiles

TAC: Carbonato Inorgánico Total

Diseño de un plan de separación en origen, logística y post tratamiento de residuos sólidos urbanos orgánicos para el Partido de Necochea

TRH: Tiempo de Retención Hidráulico

RESUMEN

La basura es uno de los problemas ambientales más grandes de nuestra sociedad y ha ido aumentando en las últimas décadas provocando la degradación del medio ambiente y problemas en la salud de las personas. No obstante, para minimizar su impacto negativo, es crucial contar con una adecuada gestión integral de los residuos, basados en el desarrollo sostenible con el fin de disminuir la cantidad de residuos enviados a disposición final. Así, se puede evitar la contaminación por emanaciones tóxicas y reutilizar los residuos, convirtiéndolos en recursos que pueden ser reinsertados en el sistema productivo. En este sentido, la gestión de los residuos resulta una cuestión tanto ambiental, como sanitaria, social y económica en donde se debe considerar la participación de los ciudadanos tanto en el ciclo de generación como de desecho de la basura. El presente trabajo tiene como objetivo diseñar un plan de separación en origen, la logística de recolección y el post tratamiento de los residuos sólidos urbanos orgánicos que permitan minimizar los impactos ambientales generados por estos en el municipio de Necochea para el año 2030.

En primera instancia se relevó la situación actual del municipio en cuanto a la generación de los residuos, la recolección y su disposición final, sin ningún tratamiento, en el basural a cielo abierto. Posteriormente, como una de las formas en donde se refleja la participación de los ciudadanos, se diseñó un plan de separación de residuos sólidos urbanos que promueve la diferenciación en origen, contemplando el diseño de la campaña de comunicación y educación ambiental. Asimismo, se determinó un cronograma tentativo, estableciendo metas e indicadores para el seguimiento del proceso. Seguidamente, se establecieron las alternativas de recolección para los residuos sólidos urbanos y su logística, considerando principalmente la separación en origen de tres fracciones: orgánicos, inorgánicos y recuperables, de manera de favorecer y permitir el tratamiento de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos.

Como una alternativa para el aprovechamiento energético de la fracción orgánica de los RSU, se propuso la biodigestión de los mismos, con el fin de disminuir la cantidad de residuos que finalmente se disponen y logrando obtener subproductos útiles, tales como biogás y biofertilizante.

Considerando que existen diferentes tipos de biodigestores se presentó una clasificación de cada uno de ellos y se expusieron las ventajas y desventajas de su uso. Luego, se seleccionó el biodigestor que mejor se adecua al proyecto y se determinó su volumen. También se estimó la producción de biogás y biofertilizantes que se podrá generar y se establecieron los parámetros que conllevan a un buen funcionamiento del biodigestor.

Diseño de un plan de separación en origen, logística y post tratamiento de residuos sólidos urbanos orgánicos para el Partido de Necochea

PALABRAS CLAVES

Residuos sólidos urbanos, Partido de Necochea, fracción orgánica, biodigestores, biogás.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Descripción de la situación inicial

Desde sus inicios, la especie humana ha explotado los recursos que la naturaleza ha puesto a su alcance. Si bien los residuos que nuestra especie generaba no planteaban un problema significativo, con el paso del tiempo, la cantidad que se genera ha ido aumentando y constituye un gran problema para la población.

Desde los orígenes hasta el Neolítico, hace unos 8.000 años, el hombre vivió como cazador-recolector, agrupado en pequeñas aglomeraciones y haciendo un uso extensivo del medio. Al ser la cantidad de individuos pequeña, los materiales utilizados de origen natural y la generación y disposición de residuos no puntual, el ambiente degradaba fácilmente los desechos producidos sin que estos derivaran en un gran impacto. (Nadia M. Mazzeo, 2012)

A finales del siglo XVIII cuando se inicia la Revolución Industrial, gracias al progreso de la ciencia y la técnica, surgen nuevas actividades industriales y se desarrolla extraordinariamente el comercio. Se produce entonces una auténtica explosión demográfica y económica que se manifiesta en el imparable desarrollo de la urbanización, lo que generó una variación muy significativa en la composición de los residuos y de las cantidades en que son producidos. Se han incorporado materiales nuevos como los plásticos, de origen sintético, otros han aumentado su proporción como los metales, los derivados de la celulosa o el vidrio, que antes se reutilizaban abundantemente y que ahora se desechan con gran profusión. A esto hay que añadir la aparición en la basura de otros de gran potencial contaminante, como pilas, aceites minerales, lámparas fluorescentes, medicinas caducadas, etc. (UNED, 2021)

En esta época se empiezan a arbitrar las primeras medidas con vistas a tratar técnicamente el incipiente problema de los residuos, que se generan ahora en tal ritmo y son de tal naturaleza, como resultado de los nuevos procesos productivos, que ya no pueden asimilarse por los ciclos naturales como hasta entonces.

Pero es a partir del siglo XX, con la expansión de la economía basada en el consumo, la cultura del usar y tirar, y los extraordinarios avances técnicos experimentados cuando el problema empieza a tomar proporciones críticas y a generar un gravísimo impacto en el medio ambiente. (UNED, 2021)

La eliminación y disposición de los residuos ha sido, y es actualmente, un gran problema de la sociedad moderna. El incremento de la población lleva a que, por un lado, se disponga de menos espacio físico para la disposición final y, por otro lado, haya un aumento en la generación de residuos, presentando variaciones con la cantidad de habitantes, con la incidencia de factores como el nivel de vida y poder adquisitivo, con los hábitos de consumo,

Diseño de un plan de separación en origen, logística y post tratamiento de residuos sólidos urbanos orgánicos para el Partido de Necochea

los sistemas productivos, los métodos de embalaje y envasado de bienes y servicios y, en general, con los aspectos relacionados al crecimiento económico de los países.

La contaminación generada a través de los residuos ha tenido un gran crecimiento debido al aumento de la población. No solo provoca daños en la estética y vida del municipio, sino que también influye en la sostenibilidad de la naturaleza.

No contar con adecuadas actividades de reciclaje para la reutilización de los residuos como fuente de materia prima, contribuye al deterioro ambiental y consecuentemente al cambio climático.

La forma de abordar la problemática que genera un manejo inadecuado de los residuos sólidos es a través de la implementación de un Sistema de Gestión Integral. Este implica un entendimiento del problema relacionado con el ciclo de vida de cada residuo, entendiendo que son, por una parte, un recurso natural y por otra, un producto de la ineficiencia de las actividades humanas. En la Gestión Integral de los residuos se establece la necesidad de prevenir el destino y la forma de gestión de cada uno de ellos aplicando un concepto preventivo a partir de una visión ampliada del ciclo de vida del producto, más el ciclo de vida del residuo. (Valdés, 2003)

En la actualidad, una de las técnicas que pueden utilizarse para colaborar con el medio ambiente es la digestión anaeróbica de los residuos, aumentando la capacidad natural de tratamiento de los mismos, y brindando biofertilizantes. En este sentido, avanzar en la implementación del biogás demuestra un compromiso ambiental, y constituye una gran oportunidad en nuestro país tanto para generar energía como para reducir la contaminación.

1.2. Descripción del problema y motivación

El crecimiento acelerado de la población, el desarrollo de las industrias, el consumo irreflexivo y la falta de culturización en el reciclaje son algunas de las causas del incremento de la generación de residuos sólidos urbanos. Este incremento sumado a la gestión actual de los residuos por parte de los organismos responsables ocasiona una problemática que se mantiene a través de los años en el Partido de Necochea, la incorrecta disposición de los residuos sólidos urbanos en distintos puntos del municipio. En estos no se realiza ningún tipo de tratamiento ni una apropiada disposición final, lo que produce graves problemas ambientales, la invasión de espacios vitales o de esparcimiento y el desmejoramiento de la imagen del municipio.

El Partido de Necochea se encuentra ubicado al sudeste de la provincia de Buenos Aires sobre el Mar Argentino. Las localidades que integran el Partido de Necochea son: Necochea, Quequén, Costa Bonita, Balneario Los Ángeles, Nicanor Olivera (La Dulce), Juan Nepomuceno Fernández, Ramón Santamarina y Energía.

Actualmente, estas localidades no implementan un programa integral de separación de residuos sólidos urbanos en origen. El sistema se limita a la recolección domiciliaria, el barrido y la limpieza de calles y de los lugares públicos. Los residuos recolectados tienen como destino final el basural a cielo abierto ubicado en el kilómetro 5,5 del viejo camino a La Dulce, encontrándose en proyecto de ser declarado en estado de emergencia ambiental.

Los residuos son dispuestos en el basural sin ningún tipo de tratamiento ni medidas de seguridad. La disposición final de los residuos bajo esta circunstancia genera fuentes de contaminación que producen daños en el ambiente y en la salud de la comunidad como lo son: la contaminación del suelo donde son depositados, la contaminación de las aguas subterráneas y superficiales circundantes, la contaminación del aire por humos nocivos derivados de la combustión incompleta de los residuos que se queman clandestinamente, la emisión de gases metánicos producto de la descomposición de la materia orgánica y la transmisión de enfermedades por la acción de vectores. (Ministerio de Salud y Ambiente, 2005).

A causa de la enorme cantidad de desechos generados por la población surge la necesidad de llevar a cabo una separación en la fuente de los mismos, para evitar que los residuos se contaminen y así poder volver a reutilizarlos o valorizarlos.

La separación en origen es una acción fundamental para efectuar procesos más eficientes luego de la generación. Para poder lograrlo, es fundamental la participación y el compromiso por parte de toda la comunidad. Todos somos generadores de residuos en mayor o menor medida y debemos hacernos responsables de su correcta disposición. Por ello, se debe promover un mayor nivel de responsabilidad social por parte de cada habitante en cuanto al cuidado del medioambiente, la mitigación del cambio climático y los riesgos para la salud que provoca la contaminación.

Además, ante el problema del no tratamiento de los residuos y la necesidad de encontrar fuentes de energía renovables, existe la posibilidad de aprovechar el potencial energético de la fracción orgánica de los residuos de forma eficiente y obtener biogás. A través de la generación de biogás, se busca que los sistemas de gestión de residuos eviten emitir gas metano a la atmósfera, uno de los causantes principales del calentamiento global.

De acuerdo con la problemática presente, se busca plantear una alternativa en el tratamiento de los residuos sólidos urbanos que involucra la separación en origen, la logística de recolección diferenciada, incluyendo puntos verdes, y el tratamiento de residuos orgánicos a fin de propiciar un adecuado manejo de los residuos sólidos urbanos desde su origen, considerándolos como recursos y promoviendo la reducción, reutilización y reciclado de los mismos. Es por esto que la razón principal para llevar a cabo este trabajo se debe a la contribución social que puede representar, además de la posibilidad de reutilizar parte de

Diseño de un plan de separación en origen, logística y post tratamiento de residuos sólidos urbanos orgánicos para el Partido de Necochea

los desechos que se generan, reduciendo el impacto negativo que tienen en el medio ambiente y en la sociedad. De esta forma, se aspira a obtener ciudades más limpias, saludables y sostenibles con el medioambiente.

Para la realización del proyecto las localidades del partido de Necochea que se considerarán son: Necochea, Quequén, Nicanor Olivera (La Dulce) y Juan Nepomuceno Fernández, debido a que comparten el servicio de recolección de los residuos sólidos urbanos y el predio donde son dispuestos. Además, el proyecto se planteará para el año 2030 con el fin de permitir una adaptación al plan de separación en origen de los RSU por parte de la comunidad y proporcionar el tiempo necesario para la realización de la planta de tratamiento de los RSU con la capacidad óptima para la generación de residuos en el año 2030.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivos generales

Diseñar un plan de separación en origen, la logística de recolección y el tratamiento de los residuos sólidos urbanos orgánicos que permitan minimizar los impactos ambientales en el Partido de Necochea.

1.3.2. Objetivos específicos

- Diseñar un plan de separación de residuos sólidos urbanos para promover la diferenciación en origen por parte de los ciudadanos, incluyendo el diseño de campañas de comunicación y educación ambiental.
- Planificar la logística de recolección de los residuos sólidos urbanos incluyendo puntos verdes para la disposición de los residuos por parte de la comunidad.
- Proponer una alternativa para el aprovechamiento energético de la fracción orgánica de los RSU.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Residuos Sólidos Urbanos (RSU)

2.1.1 Definición de Residuos Sólidos Urbanos

El artículo 2 de la Ley provincial 13.592, Gestión integral de los residuos sólidos urbanos los define de la siguiente manera:

Art. 2º– “Residuos Sólidos Urbanos: son aquellos elementos, objetos o sustancias generados y desechados producto de actividades realizadas en los núcleos urbanos y rurales, comprendiendo aquellos cuyo origen sea doméstico, comercial, institucional, asistencial e industrial no especial asimilable a los residuos domiciliarios. Quedan excluidos del régimen de la presente Ley aquellos residuos que se encuentran regulados por las Leyes 11.347 (residuos patogénicos, excepto los residuos tipo “A”), 11.720 (residuos especiales), y los residuos radioactivos.”

Se debe tener en cuenta que todos los residuos no tienen las mismas características. La cantidad y el tipo de residuo varían de comunidad en comunidad, dependen del tipo de actividad a la que se dedica la población, de las características socioeconómicas, el tamaño de la población, factores culturales y variaciones estacionales.

2.1.2. Origen, clasificación y composición de los residuos sólidos urbanos

Los residuos sólidos urbanos son análogos a los denominados domiciliarios y pueden ser de origen residencial, urbano, comercial, asistencial, sanitario, industrial o institucional, con excepción de aquellos que se encuentren regulados por normas específicas.

En la tabla 1 se observan los tipos de residuos por fuente de generación.

FUENTE DE RSU	LUGAR O FORMA DE GENERACIÓN	TIPO
Doméstica	Vivienda, bloques de vivienda	Residuos de comidas, cartón, plásticos, textiles, cuero, residuos de jardín, aluminio, hojalata y otros metales, electrodomésticos pequeños o de hogar, pilas baterías, aceites y residuos domiciliarios peligrosos

Comercial	Restaurantes, bares, tiendas, negocios en general, talleres, etc.	Papel, cartón, vidrio, comida, metales, residuos peligrosos
Institucional	Escuelas, municipios, dependencias locales, hospitales, centros de salud, etc.	Símil comercial
Construcción y demolición	Obras públicas nuevas o de remodelación, ampliación de obra pública	Tierra, escombros, madera, hormigón, hollín, etc.
Servicios municipales	Calles, jardinería, limpieza urbana	Residuos especiales, animales muertos, residuos de poda y arbolada, vehículos abandonados
Industriales (régimen especial ley 25612)		Metales, plásticos, tejidos. Fibras. Maderas, vidrios, papel, cartones, chatarra, residuos de alimentos, cenizas, etc.
Agrícolas (en su mayoría considerados en ley 24051)	Relacionadas con actividades agrícolas, forestales o ganaderas y realizadas dentro del perímetro	Fertilizantes, productos agro sanitarios, residuos de cultivos, bidones con restos de agroquímicos

Tabla 1. Tipo de residuos por fuente de generación.

Fuente: Elaboración propia en base a (Ministerio del Interior y Transporte, 2010).

Los RSU pueden estar formados por un conjunto heterogéneo de materiales, pero principalmente se clasifican en función de su composición química y húmeda, en orgánicos e inorgánicos. (Ministerio del Interior y Transporte, 2010)

- Orgánicos: restos de materiales resultantes de la elaboración de comidas como los residuos de cocina, residuos de jardín y residuos de poda, arbolado urbano, parques y plazas. Estos se descomponen rápidamente, generando fuertes olores y proliferación bacteriana.

- **Inorgánicos:** restos de elementos que no provienen directamente de la naturaleza sino de la industrialización, integrando la cadena de comercialización y reciclaje. Entre ellos se encuentran: papel y cartón, vidrio, plástico y goma, metales, envases tetra pack, materiales textiles, materiales inertes.

2.1.3. Propiedades físicas y químicas de los residuos sólidos urbanos

Dentro de las propiedades físicas de los RSU, se destacan las siguientes:

- **Humedad**

Se encuentra presente en los residuos y varía alrededor del 40% en peso, con un margen que puede situarse entre el 25 y el 60%. El máximo aporte se obtiene por medio de las fracciones orgánicas, y el mínimo, a través de los productos sintéticos. Esta característica debe tenerse en cuenta por su importancia en los procesos de compresión de residuos, producción de lixiviados, transporte, procesos de transformación, tratamientos de incineración y recuperación energética y procesos de separación de residuos en plantas de reciclaje. En los residuos urbanos, la humedad tiende a unificarse y los productos ceden humedad unos a otros.

- **Peso específico**

La densidad de los residuos urbanos es un valor fundamental para dimensionar los recipientes de pre-recogida tanto de los hogares como de la vía pública. Igualmente, es un factor básico que marca los volúmenes de los equipos de recogida y transporte, tolvas de recepción, cintas, capacidad de vertederos, etc. Este valor soporta grandes variaciones según el grado de compactación al que están sometidos los residuos. La reducción de volumen tiene lugar en todas las fases de la gestión de los residuos y se utiliza para optimizar la operación, ya que el gran espacio que ocupan es uno de los problemas fundamentales en estas operaciones.

- **Granulometría**

El grado de segregación de los materiales y el tamaño físico de los componentes elementales de los residuos urbanos, constituyen un valor imprescindible para el dimensionado de los procesos mecánicos de la separación y, en concreto, para definir cribas, trómeles y elementos similares que basan su separación exclusivamente en el tamaño. Estos valores también deben tomarse con cautela, ya que las operaciones de recogida afectan al tamaño por efecto de la compresión o de los mecanismos trituradores.

También son de gran importancia las propiedades químicas de los residuos urbanos debido a que son factores condicionantes para algunos procesos de recuperación y tratamiento final.

- **Composición química**

Como consecuencia de la enorme variabilidad que experimenta la composición de los residuos sólidos urbanos, la composición química resultante de su conjunto también es muy variable. Es necesario conocer la composición para determinar sus características de recuperación energética y la potencialidad de producir fertilizantes con la adecuada relación carbono/nitrógeno. También es conveniente identificar la presencia y concentración de residuos tóxicos y peligrosos para evaluar el riesgo que su manejo, tratamiento, reprocesado y reutilización, puedan aportar a la salud humana y al medio ambiente.

- **Poder energético**

Las propiedades calorimétricas de los residuos urbanos son los parámetros sobre los que se diseñan las instalaciones de recuperación energética. Su valoración, fruto de la propia variabilidad de la composición, viene marcada por el poder calorífico de cada producto. En términos generales, puede indicarse que el poder calorífico de la totalidad de los residuos sólidos urbanos está entre 1.500 y 2.200 kcal/kg. Para los desperdicios de comida el valor del poder calorífico es de 1.112 kcal/kg aproximadamente. (Islam, 2016)

2.2 Impacto ambiental y social de los residuos sólidos urbanos

El desarrollo económico, la industrialización y la implantación de modelos económicos que basan el crecimiento en el aumento sostenido del consumo, han supuesto una variación muy significativa en la composición de los residuos y en las cantidades producidas.

El desmesurado crecimiento del volumen de los residuos en la sociedad actual está poniendo en peligro la capacidad de la naturaleza para mantener las necesidades de la sociedad moderna como también de las de futuras generaciones.

La basura se considera uno de los problemas ambientales más grandes de nuestra sociedad. La población y el consumo per cápita crece, y por ende la basura; pero no sucede lo mismo con el espacio y además su tratamiento no es el adecuado. (Grupo de Investigación de Economía Ecológica, 2016).

Según un informe del Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente¹ (PNUMA), en Argentina el promedio diario de generación de residuos es de 1,15 kg per

¹ El Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) es la autoridad ambiental líder en el mundo. Establece la agenda ambiental a nivel global, promueve la implementación coherente de la dimensión ambiental del desarrollo sostenible en el sistema de las Naciones Unidas y actúa como firme defensor del medio ambiente.

Diseño de un plan de separación en origen, logística y post tratamiento de residuos sólidos urbanos orgánicos para el Partido de Necochea

cápita, lo que representa unas 49.300 toneladas diarias, y alrededor de 18 millones de toneladas anuales. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2019)

El 80% de la basura generada en el país es enterrada en rellenos sanitarios y basurales a cielo abierto. Sólo el 6% de los residuos reciclables recibe alguna clase de tratamiento y vuelve al sistema de consumo. Además, del total que se entierra, el 50% es orgánico, es decir, podría llegar a recibir tratamiento. (GRASSO, 2021)

Esto conlleva a la gestión ineficiente de los residuos sólidos urbanos que trae consigo los siguientes impactos ambientales y sociales:

El consumo de energía y materiales que se utilizan para elaborar envases y productos que después se desechan. Esta energía y estos materiales con frecuencia provienen de recursos que no son renovables, por ejemplo, del petróleo y de minerales. Cuando desechamos lo que consideramos basura, en realidad estamos desperdiciando recursos naturales.

La contaminación del agua. En los lugares donde se concentra basura se filtran líquidos, conocidos como lixiviados, que contaminan el agua del subsuelo y de la que todos dependemos. La descarga de la basura en arroyos y canales o su abandono en las vías públicas, también trae consigo la disminución de los cauces y la obstrucción tanto de estos como de las redes de alcantarillado. En los periodos de lluvia provoca inundaciones que pueden ocasionar la pérdida de cultivos, de bienes materiales y, lo que es más grave aún, de vidas humanas. (Grupo de Investigación de Economía Ecológica, 2016)

La contaminación del suelo. Los residuos sólidos, dispuestos inadecuadamente sobre el suelo, constituyen factores de contaminación. Naturalmente la gravedad de esta situación dependerá del tipo de residuo contaminado, si fuesen residuos de industrias químicas, llevarán hasta el suelo productos no deseados que pudiesen llegar hacia los diferentes cuerpos del agua, colocando en peligro la salud. (Valdés, 2003). Además, la presencia de aceites, grasas, metales pesados y ácidos, entre otros residuos contaminantes, altera las propiedades físicas, químicas y de fertilidad de los suelos. (Grupo de Investigación de Economía Ecológica, 2016)

La contaminación del aire. Los residuos sólidos abandonados en los basurales a cielo abierto deterioran la calidad del aire que respiramos, tanto localmente como en los alrededores. Esto es a causa de las quemaduras y los humos, que reducen la visibilidad, y del polvo que levanta el viento en los periodos secos ya que puede transportar hacia otros lugares microorganismos nocivos que producen infecciones respiratorias e irritaciones nasales y de ojos, además de las molestias que dan los olores pestilentes. También, la degradación de la materia orgánica presente en los residuos produce una mezcla de gases conocida como biogás, compuesta fundamentalmente por metano (CH₄) y dióxido de

carbono (CO₂), los cuales son reconocidos gases de efecto invernadero (GEI) que contribuyen al proceso de cambio climático. (Grupo de Investigación de Economía Ecológica, 2016)

Efectos perjudiciales para la salud pública. El almacenamiento inadecuado de estos residuos es alimento y además un ambiente favorable para la reproducción de mosquitos, moscas, cucarachas, y ratas, que pueden actuar como portadores pasivos en la transmisión de enfermedades, por lo que se les atribuye a los residuos la transmisión de algunas enfermedades principalmente por vía indirecta. Pero también se le asocia riesgos directos, ocasionados por el contacto con el mismo; de manera que el público en general, y especialmente los que trabajan con los residuos sólidos, los recolectores, y recicladores informales, se encuentran expuestos a un mayor riesgo. (Grupo de Investigación de Economía Ecológica, 2016)

2.3. Aprovechamiento energético de los residuos y la economía circular

La preocupación de las personas con respecto a los recursos naturales limitados, la contribución de la gestión incorrecta de los residuos al calentamiento global y la escasez de fuentes de generación eléctrica cada vez es mayor y han desencadenado debates sobre los residuos como una fuente de recurso, y específicamente sobre su aprovechamiento energético. (Dieter Mutz, 2017)

Pero para realizar una correcta gestión municipal de los residuos se requiere de un cambio de paradigma, lo que implica dejar de enfocarse solo en la disposición final y comenzar a llevar adelante la conversión de los residuos en recursos y energía. Por lo tanto, es necesario que se produzca un cambio desde el modelo lineal: extraer, producir y desechar, a lo que es un modelo de economía circular donde el concepto de 'desecho' no existe.

La economía circular está basada en el principio de que en la naturaleza nada se desperdicia, todo se transforma. Por lo que, la transición hacia la economía circular es posible si se implementan medidas basadas en el concepto de las 3Rs: reducir, reutilizar y reciclar.

- Reducir: en la gestión de residuos la principal prioridad debe ser la reducción general del volumen de residuos sólidos, es decir residuos alimentarios, empaques, y el desperdicio innecesario de materias primas y energía durante los procesos de producción. Reducir los residuos también reduce el costo de la recolección y del tratamiento de los mismos.
- Reutilizar: la segunda prioridad debe ser la reutilización de materiales, es decir, la limpieza y reparación de un producto desechado para que pueda volver a ser utilizado.

Diseño de un plan de separación en origen, logística y post tratamiento de residuos sólidos urbanos orgánicos para el Partido de Necochea

- **Reciclar:** la tercera prioridad en el concepto de las 3Rs es el reciclado de materiales, es decir la recolección de residuos y su transformación en materias primas secundarias.

La figura 1 muestra el principio de la economía circular desarrollado por la Fundación Ellen MacArthur². La economía lineal atraviesa el centro, mientras que los círculos interiores representan las acciones que pueden tomarse para que los flujos de materiales sean más circulares con respecto a los residuos orgánicos e inorgánicos. (Dieter Mutz, 2017)

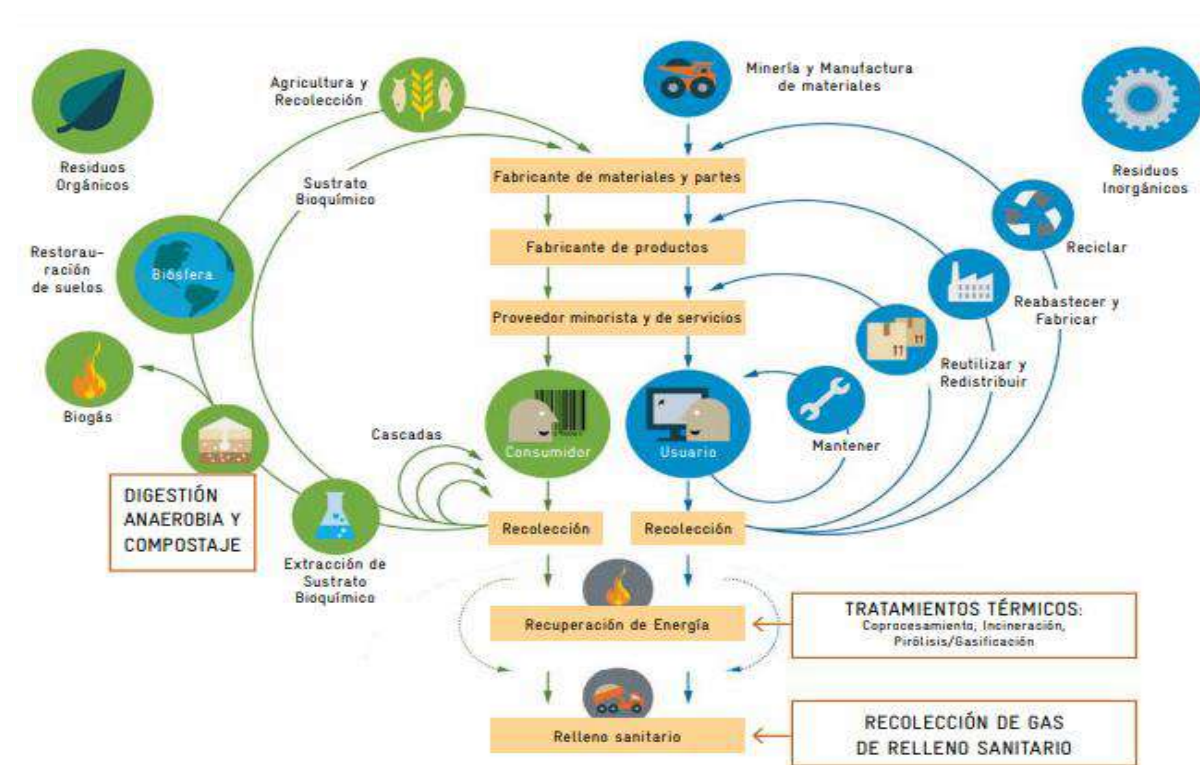


Figura 1. El principio de la Economía Circular. El papel de las tecnologías de aprovechamiento energético de residuos se indica en los recuadros.

Fuente: (Dieter Mutz, 2017)

Las diferentes tecnologías de aprovechamiento energético de residuos desempeñan diferentes papeles dentro de la economía circular. Incluso con un reciclado intensivo, siempre habrá residuos remanentes que no tienen valor material o de mercado y que, en algunos casos, se clasifican como peligrosos. Estos residuos con cierto poder

² La Fundación Ellen MacArthur es una organización benéfica registrada en el Reino Unido que tiene como objetivo inspirar a una generación a repensar, rediseñar y construir un futuro positivo a través del marco de una economía circular.

calorífico pueden aprovecharse para recuperar energía y sustituirse en el uso de combustibles fósiles. Un tratamiento térmico, como la incineración o el coprocesamiento, que cumpla con los estándares de emisiones ambientales, también puede jugar un papel en la destrucción de sustancias orgánicas tóxicas y su eliminación del flujo circular de materiales. Algunas materias valiosas, como los metales, se pueden recuperar de las escorias o cenizas remanentes del proceso de incineración; sin embargo, el resto debe ser tratado en forma independiente y disponerse en un relleno sanitario seguro. Si la fracción orgánica se puede separar en forma eficiente de la inorgánica, la digestión anaerobia también puede desempeñar un papel importante en la recuperación de biogás y compostaje en el ciclo biológico. La recolección de gases de un relleno sanitario permite la mitigación de metano liberado de los residuos orgánicos enviados a dichos rellenos sanitarios.

2.4. Gestión Integral de residuos sólidos urbanos

2.4.1. ¿Qué es la Gestión Integral de residuos sólidos urbanos?

La gestión integral es un sistema de manejo de los RSU que, basado en el desarrollo sostenible, tiene como objetivo primordial la reducción de los residuos enviados a disposición final. Ello deriva en la preservación de la salud humana y mejora de la calidad de vida de la población, como así también en el cuidado del ambiente y la conservación de los recursos naturales.

La Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos (GIRSU), está dirigida a disminuir los residuos generados –que son consecuencia inevitable de las actividades humanas– como medio idóneo para reducir sus impactos asociados y los costos de su manejo, a fin de minimizar los potenciales daños que causan al hombre y al ambiente. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2021)

2.4.2. Etapas

- **Generación**

La generación de residuos se refiere a la consecuencia directa de cualquier tipo de actividad desarrollada por el hombre, provenientes de diversos orígenes: residencial, comercial, industrial, etc. Se vincula a las prácticas de consumo cotidiano.

- **Recolección y transporte**

La recolección es la actividad que involucra el acopio y la carga de los residuos en los vehículos recolectores. Esta puede diferenciarse de la siguiente manera:

- General: sin discriminar los distintos tipos de residuos.
- Diferenciada: discriminando por tipo de residuo en función de su posterior tratamiento y valoración.

En lo que respecta a los métodos de recogida de los residuos, pueden encontrarse fundamentalmente dos:

- Sistema de recogida puerta a puerta o recolección domiciliaria: consiste en entregar los residuos al servicio municipal de recolección delante de la puerta de la vivienda o comercio (en bolsas, pequeños contenedores o a granel), según un calendario semanal para cada fracción recogida y en un horario estipulado. Mediante este sistema se pueden recoger todas las fracciones tanto domésticas como comerciales.
- Sistema en acera o recolección en puntos fijos: se basa en la entrega de los residuos selectivos, por parte de los domicilios y comercios generadores, a los sistemas de recogida presentes en la vía pública, contenedores, situados en las áreas de aportación. El método más común es el de recogida en áreas de aportación conformadas por contenedores situados en la superficie o soterrados, a disposición en la vía pública y de diferentes tipos, volúmenes y características, en función de los residuos que se vayan a recoger. Estos contenedores son a su vez recogidos periódicamente conforme a las frecuencias de vaciado que se establezcan para las características de generación de cada tipo de residuos y a su capacidad. Los contenedores se colocan con disposiciones estudiadas en la vía pública y las diferentes fracciones que ha de albergar cada uno se distinguen por colores según el contenedor sea de residuos orgánicos, inorgánicos o recuperables.

En cuanto al transporte, este consiste en el traslado de los residuos entre diferentes sitios: domicilios, contenedores, ecopuntos, cestos y residuos de lugares públicos, residuos de las áreas verdes y los provenientes de la limpieza y el barrido urbano. Deberá efectuarse en vehículos habilitados y debidamente acondicionados de manera de garantizar una adecuada contención de los residuos y evitar su dispersión en el ambiente.

- Transferencia y tratamiento

La transferencia se refiere al almacenamiento transitorio y/o acondicionamiento de residuos para su transporte. Esta actividad se lleva a cabo en instalaciones especialmente diseñadas, denominadas Estaciones de Transferencia. El tratamiento involucra todas las operaciones por las cuales los residuos son tratados para minimizar los impactos ambientales, son valorizados para maximizar su aprovechamiento, así como también su acondicionamiento para una disposición final adecuada. El tratamiento involucra procesos físicos, químicos y biológicos, tales como la incineración con aprovechamiento de energía, el compostaje y la producción de combustible auxiliar, el reciclaje, entre otros. Cada uno de estos métodos tiene sus ventajas y sus desventajas y su elección dependerá de las limitaciones existentes, los beneficios ambientales y sociales esperados y las limitaciones

MARCO TEÓRICO

Diseño de un plan de separación en origen, logística y post tratamiento de residuos sólidos urbanos orgánicos para el Partido de Necochea

económicas existentes. El tratamiento se realiza en instalaciones especialmente habilitadas para tal fin, denominadas Plantas de Tratamiento.

- Disposición final

La disposición final se refiere al conjunto de operaciones destinadas a lograr el depósito permanente de los residuos. Se realiza en lugares especialmente acondicionados, llamados Centros de Disposición Final. La técnica más difundida de disposición final es la de relleno sanitario, metodología para la disposición de los residuos sólidos que minimiza el impacto ambiental y los riesgos sanitarios para la población.

2.5. Separación en origen y puntos verdes

2.5.1. Separación en origen

La separación de residuos sólidos en origen antes de ser recogidos es un paso crítico e importante en la gestión de los residuos, especialmente donde se realiza el reciclaje o recuperación de los materiales. La separación de los residuos sólidos destinados al reciclaje, por ejemplo: papel, cartón, latas de aluminio, vidrio y envases de plástico es una de las formas más positivas y eficaces de lograr la recuperación y reutilización de materiales. La separación en origen depende siempre de lo que se pretenda hacer con los residuos separados, si se van a reciclar, si se van a reutilizar o si van a ser destinados a compostaje.

Generalmente la separación de los residuos se hace en el interior de la vivienda y se utilizan bolsas de diferente color: una para restos de comidas, otra para papel, otra para plásticos y una para el resto. Estas prácticas están relacionadas con la modalidad de recolección, el transporte y los horarios establecidos para recogerlos.

Las fracciones separadas de residuos son recogidas y transportadas en un vehículo especial a la planta de procesamiento. El resto de los residuos (inorgánicos y no separados) son recolectados de manera convencional y transportados directamente a disposición final.

2.5.2. Puntos verdes

Los puntos verdes son contenedores, fijos o móviles, que contribuyen a llevar a la cadena de reciclaje. Se ubican en lugares de uso o acceso público destinados a recibir residuos específicos entregados por la población (por ejemplo: plazas, supermercados, iglesias, condominios, oficinas), para su almacenamiento y envío a instalaciones de valorización o eliminación. (Ministerio del Medio Ambiente, 2020)

2.6. Campañas de sensibilización y educación ambiental

2.6.1. Campañas de sensibilización ambiental

La Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de Argentina define los siguientes lineamientos para estructurar planes de comunicación ambiental y social. (Óscar Julián Cuesta Moreno & Sandra Meléndez Labrador, 2015):

1. Definir los objetivos del plan de comunicación ambiental.
2. Realizar un mapeo de actores sociales y determinar su capacidad de influenciar la consecución de los objetivos. Se sugiere hacer análisis particulares a cada actor (observar sus intereses y necesidades). Señalar, entre otros, estos actores potenciales: vecinos del sector, empresarios, asociaciones civiles, centros educativos, medios de comunicación, personas influyentes en la opinión pública.
3. Efectuar un diagnóstico comunicacional. Este debe considerar, entre otros aspectos: cualidades del proyecto que se quiere efectuar, grupos sociales de interés, medios de comunicación existentes, acciones de comunicación ambiental realizadas en el pasado y el tratamiento de la prensa sobre la temática, análisis y definición de los potenciales problemas u obstáculos.
4. Establecer los mensajes, lo que implica determinar los conceptos claves en los que girará la estrategia.
5. Construir una estrategia de comunicación que sea consecuente al diagnóstico. Para ello hay que contemplar: líneas de acción y metas, actividades y productos para cada línea. Además, el presupuesto y el cronograma.
6. Realizar seguimiento y monitoreo que permita, mediante registros, conocer el grado de consecución de las metas (por ejemplo, número de folletos entregados, número de personas participantes en los talleres, etc.).

2.6.2. Educación ambiental

La educación ambiental es un campo de intervención político pedagógica que impulsa procesos educativos integrales orientados a la construcción de una racionalidad ambiental. En ese marco, distintos conocimientos, saberes, valores y prácticas ambientales confluyen y aportan a la formación ciudadana y al ejercicio del derecho a un ambiente sano, digno y diverso.

La educación ambiental es un proceso continuo que promueve la sostenibilidad como proyecto social, entendiendo que esto implica un desarrollo con justicia social, distribución de la riqueza, preservación y conservación de la naturaleza, igualdad de género, protección de la salud, democracia participativa y respeto por la diversidad cultural. La educación ambiental, en ese sentido, busca el equilibrio entre diversas dimensiones, como

la social, la ecológica, la política y la económica, en el marco de una ética que promueve una nueva forma de habitar nuestra casa común. (Argentina.gob.ar, 2021)

Para construir la Educación Ambiental se cuenta con diversas herramientas de trabajo, instrumentos que permiten llegar a numerosos destinatarios en situaciones muy diferentes: (Junta de Andalucía. Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio, 2002)

- La información y la comunicación ambiental: la información ambiental trata de dar a conocer los hechos de forma comprensible. Debe ser veraz, rigurosa, actualizada y contrastada. La comunicación va más allá; es un proceso de interacción social, que debe ayudar a entender los problemas ambientales claves, posibilitando también una respuesta ciudadana constructiva. Tiene el mismo objetivo que la educación ambiental, al que se suman una función divulgativa, concientizadora y transformadora.
- La formación y capacitación: la formación de todo profesional es clave para lograr cambios sociales dado que todas las actividades tienen consecuencias ambientales directas o indirectas. La capacitación debe entenderse como un proceso de formación continua, adaptable a la situación socioambiental presente y futura, que presenta distintos grados de complejidad.
- La participación: a través de la cual se posibilitan profundos cambios personales y sociales y se refuerza la responsabilidad respecto al medio ambiente.
- La investigación y la evaluación: con estas herramientas se conocerá mejor la situación ambiental, cuáles son los conocimientos, actitudes y comportamientos hacia el ambiente y los resultados de las acciones educativas.

2.7. Digestión Anaeróbica

2.7.1. ¿Qué es la digestión anaeróbica?

La digestión anaeróbica es un proceso biológico complejo y degradativo a través del cual, en ausencia de oxígeno, parte de los materiales orgánicos de un sustrato (residuos animales y vegetales) son convertidos en biogás. Utilizando el proceso de digestión anaeróbica es posible convertir gran cantidad de residuos como los residuos vegetales, estiércoles, efluentes de la industria alimentaria y fermentativa, de la industria papelera y de algunas industrias químicas, en subproductos útiles.

Para llevar a cabo el proceso de la digestión anaeróbica eficazmente y producir biogás se utilizan biodigestores. Estos son reactores especialmente diseñados para maximizar la eficiencia de conversión de los sustratos en energía y obtener subproductos con valor agregado, como lo son los biofertilizantes.

2.7.1.1. Tipos de digestión anaeróbica

- *Termofílica*

En la digestión termofílica las temperaturas más altas permiten reducir los patógenos y proporcionan velocidades de reacción más rápidas. Usualmente, se utiliza una temperatura de aproximadamente 55°C y es el tipo de digestión más eficiente en la producción de biogás, pero se asocia con un mayor costo de diseño y mantenimiento.

Sus principales ventajas son la mayor producción de biogás, menor volumen de reactor, mayor destrucción de patógenos y mejor deshidratación de los biosólidos digeridos.

Como desventajas se encuentra el elevado costo energético y la gran sensibilidad ante fallas en el sistema de calefacción.

- *Mesofílica*

La digestión se lleva a cabo a aproximadamente 35°C y por lo general se encuentra que esta temperatura combina las mejores condiciones de crecimiento de las bacterias con la mayor velocidad de producción de metano.

La digestión anaerobia mesofílica es el sistema más utilizado, ya que tiene una operación más estable y una tasa de producción de biogás media. Este tipo de digestión es la más recomendable para una escala pequeña-mediana.

- *Psicrofílica*

La digestión se realiza a temperatura ambiente. Hasta el momento, el rango psicrófilico ha sido poco estudiado y, resulta poco viable debido al gran tamaño del reactor que se requiere.

2.7.1.2. Etapas de la digestión anaeróbica

El proceso global puede ser dividido en tres etapas principales como se observa en la figura 2, aunque en los digestores muchas de estas reacciones ocurren de forma simultánea (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2019):

- Hidrólisis

Debido a que la materia orgánica compleja (hidratos de carbono, proteínas, lípidos, etc.) no puede ser utilizada en forma directa, se debe degradar por la acción de microorganismos en materia orgánica soluble (azúcares, aminoácidos, ácidos grasos).

Esta etapa puede ser el proceso limitante de la velocidad global del proceso, más aún en aquellos residuos que poseen un alto contenido de sólidos. Pero también depende de la temperatura del proceso, del tiempo de retención hidráulico, de la composición bioquímica del sustrato (porcentaje de lignina, carbohidratos, proteínas y grasas), del

Diseño de un plan de separación en origen, logística y post tratamiento de residuos sólidos urbanos orgánicos para el Partido de Necochea

tamaño de las partículas, del nivel de pH, de la concentración de amonio (NH_4^+) y de la concentración de los productos de la hidrólisis.

- Acidogénesis y acetogénesis

Distintos grupos de microorganismos, denominados acidogénicos y acetogénicos, procesan la materia orgánica soluble y liberan principalmente hidrógeno molecular (H_2), dióxido de carbono (CO_2) y acetato (CH_3COO^-).

Debido a que la acidogénesis es considerada la etapa más rápida del proceso global, es fundamental controlarla para evitar que el descenso de pH (acidificación) del medio interfiera en la acción del consorcio microbiano.

En el caso de las bacterias acetogénicas, su presencia no solo es importante porque produce el alimento para los grupos de bacterias que actúan posteriormente, sino que, además eliminan cualquier traza de oxígeno disuelto del sistema.

En estas etapas del proceso, la mayoría de las bacterias anaeróbicas ya han extraído todo el alimento de la biomasa y, como resultado de su metabolismo, eliminan sus propios productos de desecho. Estos productos, ácidos volátiles sencillos, son los que van a utilizar como sustrato las bacterias metanogénicas en la etapa siguiente.

- Metanogénesis

Los microorganismos metanogénicos pueden considerarse como los más importantes, porque son quienes forman el metano y eliminan del medio los productos de los grupos anteriores. Además, presentan dos vías metabólicas diferentes: la vía acetoclástica, que transforma el ácido acético en CH_4 y CO_2 , y la vía hidrogenotrófica, que a partir del H_2 y el CO_2 genera CH_4 .

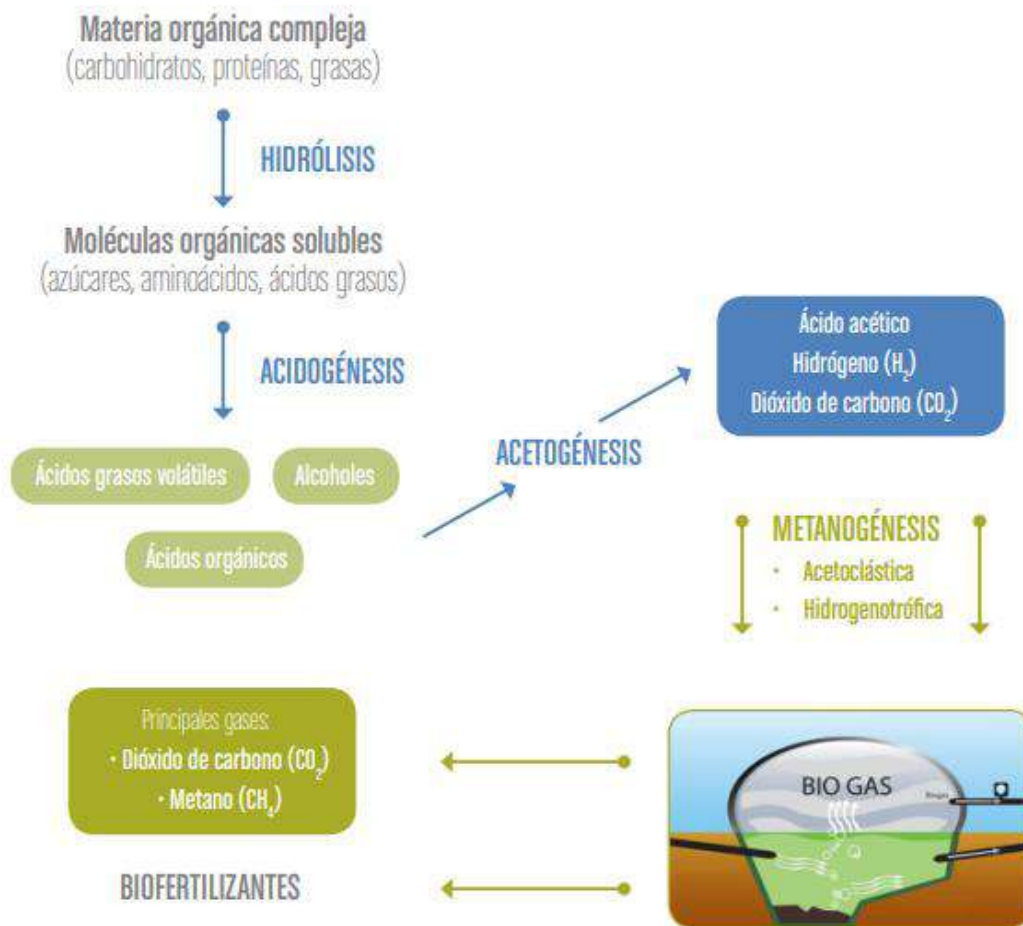


Figura 2. Etapas de la digestión anaerobia en un biodigestor, con producción de biogás y biofertilizante.

Fuente: (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura, 2019)

2.8. Biogás

2.8.1. ¿Qué es el biogás?

El biogás es una mezcla gaseosa constituida principalmente por CH₄, CO₂ y trazas de otros gases que pueden comportarse como impurezas.

La producción de biogás es un proceso complejo que requiere de la acción coordinada de un grupo de microorganismos especializados en la degradación de una amplia variedad de sustratos orgánicos (restos de comida, desperdicios orgánicos de industrias, subproductos orgánicos de bajo valor comercial, cultivos energéticos, residuos cloacales, estiércol de animales, etc.). La descomposición de estos residuos en el ambiente natural o en reactores especializados, bajo condiciones de anoxia (ausencia de oxígeno), genera las condiciones imprescindibles para el proceso. (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2019)

2.8.2. Composición y características

La composición del biogás depende del material digerido y del funcionamiento del proceso. Los componentes principales del biogás son (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2019):

- Metano (CH_4): gas combustible que se encuentra con una concentración de entre 45% (a partir de la cual se considera que el biogás es inflamable) y 70% molar.
- Dióxido de carbono (CO_2): es el segundo gas más importante por su proporción. Su concentración varía en un rango de 25% a 45% molar.
- Sulfuro de hidrógeno (H_2S): es generado por microorganismos anaeróbicos reductores de sulfato ante la presencia de este, en cantidades que varían en función de la composición del sustrato utilizado para alimentar el biodigestor. Aún en muy bajas concentraciones, el H_2S es tóxico para humanos y animales, además de altamente corrosivo. Si no es eliminado del biogás, provoca una drástica disminución de la vida útil de los equipos donde se emplea. En una muestra cruda de biogás, el valor de H_2S puede variar en un rango entre 5.000 y 50.000 ppm.
- Hidrógeno (H_2): normalmente, la concentración de este componente es inferior a las 5.000 ppm.
- Nitrógeno gaseoso (N_2): su presencia puede llegar a un máximo de 25% molar en biogases obtenidos de rellenos sanitarios y en sistemas con biodigestores, normalmente la concentración no supera el 5% molar.
- Oxígeno (O_2): el máximo valor que puede alcanzar en el biogás es de 5% molar.
- Agua (H_2O): es normal encontrar vapores de agua.

El biogás tiene las características generales que se indican en la tabla 2.

CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL BIOGAS	
Contenido de energía	6 - 6.5 kWh m ⁻³
Equivalente de combustible	0.6-0.65 L petróleo/m ³ biogás
Límites de explosión	6 – 12% biogás en el aire
Temperatura de ignición	650-750 °C (con el contenido de metano mencionado anteriormente)
Presión crítica	75 – 89 bar

Temperatura crítica	-82.5 °C
Densidad normal	1.2 kg m ⁻³
Olor	Huevos podridos (el olor a biogás desulfurado apenas se percibe)
Masa molar	16.043 kg kmol ⁻¹

Tabla 2. Características generales del biogás.

Fuente: Elaboración propia en base a (Dieter Deubelin & Angelika Steinhauser, 2008)

La composición que presente el biogás será el determinante del poder calorífico, es decir, la cantidad de energía por unidad de masa o unidad de volumen de materia que puede desprenderse al producirse una reacción química de oxidación.

2.8.3. Principales usos del biogás

El biogás se utiliza en todo el mundo, a nivel doméstico e industrial, como una fuente de energía renovable alternativa a los combustibles de origen fósil.

Existen diversas opciones para la utilización del biogás. Dentro de éstas se destacan la producción de calor o vapor, generación de electricidad y combustible de vehículos.

Generación de electricidad o combinación de calor y electricidad. Los sistemas combinados de calor y electricidad utilizan la electricidad generada por el combustible y el calor residual que se genera. Algunos sistemas combinados producen principalmente calor y la electricidad es secundaria. Otros sistemas producen principalmente electricidad y el calor residual se utiliza para calentar el agua del proceso. En ambos casos, se aumenta la eficiencia del proceso en contraste si se utilizara el biogás sólo para producir electricidad o calor.

Producción de calor o vapor. El uso más simple del biogás es para la obtención de energía térmica (calor). Los sistemas pequeños de biogás pueden proporcionar la energía calórica para actividades básicas como cocinar y calentar agua.

Combustible para vehículos. El biogás es posible también emplearlo de manera directa en los vehículos y maquinaria adaptados para el consumo de gas en lugar de gasolina. Para esto el biogás debe tener una calidad similar al gas natural y usarse en vehículos que se han acondicionado para su funcionamiento con gas natural. La mayoría de los vehículos de esta categoría han sido equipados con un tanque de gas y un sistema de suministro de gas, además del sistema de gasolina normal de combustible.

2.8.4. Biogás en Argentina

La matriz energética argentina está conformada, en su gran mayoría, por combustibles fósiles representando un 89,4%, donde el gas natural abarca un 49,2 %, el petróleo un 38,4 % y el carbón un 1,8 %. Esta situación presenta desafíos y oportunidades para el desarrollo de las energías renovables, ya que la gran disponibilidad de recursos biomásicos en todo el territorio nacional constituye una alternativa eficaz frente al contexto de crisis energética local e internacional.

El biogás constituye una parte muy importante en el mix de tecnologías aplicadas a la generación de energía limpia, el cuidado del medioambiente y la disminución del efecto invernadero. Sin embargo, contar con políticas y decisiones que impulsen el desarrollo de nuevas fuentes, a fin de poder ampliar la matriz energética es, sin dudas, el principal eslabón de esta cadena.

En el año 2012, se creó el Proyecto para la promoción de la energía derivada de biomasa – UTF/ARG/020/ARG (PROBIOMASA), una iniciativa impulsada por el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca y el Ministerio de Desarrollo Productivo, con la asistencia técnica y administrativa de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). El Proyecto tiene como principal objetivo incrementar la producción de energía térmica y eléctrica derivada de biomasa a nivel local, provincial y nacional, para asegurar un creciente suministro de energía limpia, confiable y competitiva y, a la vez, generar nuevas oportunidades agroforestales, estimular el desarrollo regional y contribuir a mitigar el cambio climático. (PROBIOMASA, 2020)

En el año 2016 se lanzó el programa de abastecimiento de energía eléctrica RenovAr, orientado a la contratación a largo plazo de energía eléctrica de fuentes renovables. (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2020). Desde su creación han sido 40 los proyectos adjudicados en lo que respecta a biogás, siendo tres de ellos los que se corresponden a la generación de energía, aprovechando el biogás generado por los rellenos sanitarios, y 37 pertenecen a distintos tipos de aplicaciones tanto agrícolas como industriales. (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2019)

A fines de diciembre de 2016 se firmó el proyecto GEF – PROBiogás, “Modelos de negocios sostenibles para la producción de biogás a partir de residuos sólidos urbanos orgánicos”. Este proyecto fue llevado adelante entre el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable y el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). El objetivo consiste en demostrar que las plantas y los sistemas de generación y aprovechamiento de biogás, como lo son los rellenos sanitarios y los biodigestores, son sostenibles desde el

punto de vista técnico, ambiental, institucional y económico financiero, de manera que se puedan incorporar a los proyectos de GIRSU que se implementan en los municipios.

De acuerdo con un relevamiento realizado en el año 2016 por el INTI, la Argentina contaba en ese momento con más de 105 instalaciones de biogás en operación. El 53,1% de las plantas pertenecían al sector privado, el 37,5% al sector público; mientras que las pertenecientes a cooperativas y ONG sumaban en conjunto un 4,7%.

Dentro del sector privado el 85,3% implementaron la tecnología como sistema de tratamientos de efluentes, y solo un 6% lo hizo con fines principalmente energéticos.

Con respecto a las instalaciones de carácter público, el 54,2% se construyeron con objetivos de tratamiento, principalmente como sistemas de tratamiento de efluentes cloacales y valorización de los FORSU.

Los sustratos más utilizados como alimentación del sistema en las distintas instalaciones se clasificaron en cinco grandes grupos: residuos agrícolas, residuos de ganadería, residuos industriales, residuos urbanos y biomasa virgen. Como se observa en la figura 3 los sustratos más frecuentemente empleados son los procedentes de la industria, seguidos en orden de importancia por los residuos sólidos urbanos y los de ganadería.

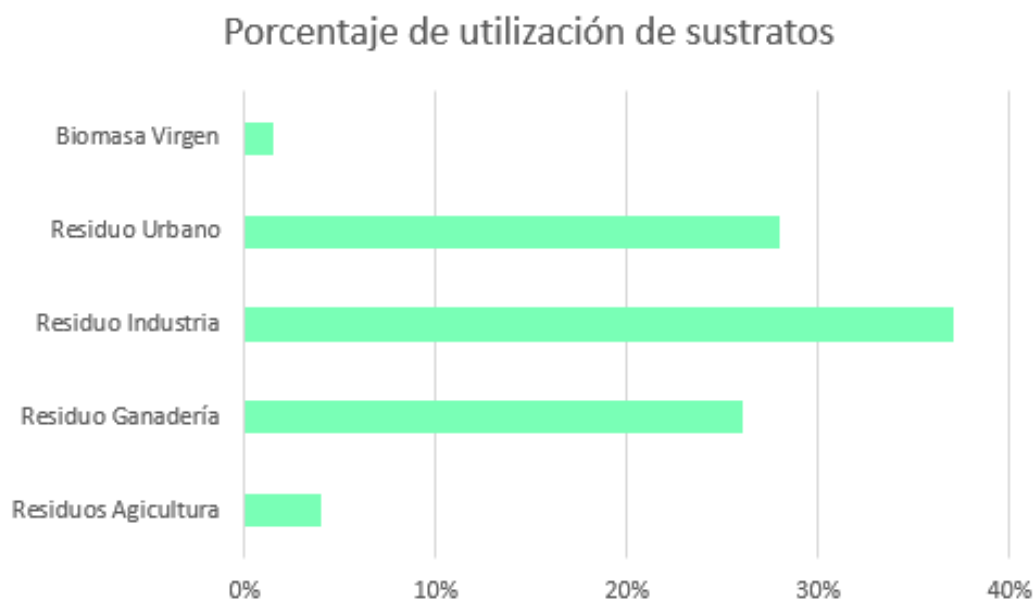


Figura 3. Tipos de sustratos.

Fuente: Elaboración propia en base a (GOICOA, 2014)

En los últimos años, el biogás en Argentina ha tenido un gran crecimiento y se encuentra en una fase de desarrollo tecnológico interesante. Han aumentado el número de plantas digestoras y ha mejorado la calidad y diversidad de materias primas que pueden ser procesadas.

2.8.5. Beneficios de la producción de biogás

Al igual que el gas natural, el biogás tiene una amplia variedad de usos, pero al ser un derivado de la biomasa, constituye una fuente de energía renovable. Existen diversos beneficios derivados del proceso de conversión de residuos orgánicos en biogás. (Ministerio de Energía, 2011)

Beneficios ambientales

- Genera una significativa reducción de la presión sobre los rellenos sanitarios, lo que permite una disminución en los costos de disposición de residuos orgánicos, e incluso se obtienen subproductos con valor agregado. Además, el tratamiento anaeróbico de los residuos orgánicos contribuye a la protección de las aguas subterráneas, reduciendo el riesgo de lixiviación de nitratos.
- Con el trato de los residuos de forma eficaz y la producción segura de biogás se reduce significativamente el riesgo de incendio y explosión en rellenos sanitarios.
- El biogás por lo general reemplaza alguna otra forma de energía, en muchos casos un combustible fósil. En el caso del biogás de residuos orgánicos reduce la emisión de gases de efecto invernadero adicionales a la atmósfera, porque el carbono contenido en la biomasa se origina del CO₂ atmosférico.
- Reemplaza parcial o totalmente la aplicación de fertilizantes sintéticos, mejorando los costos producción.
- Reduce considerablemente la contaminación atmosférica a escala local (así como las emisiones de GEI, la deforestación y la degradación de los bosques) y aminora los efectos que aquella conlleva para la salud, particularmente en mujeres y niños en los países en desarrollo.

Beneficios económicos

- Producción de gas metano, que puede ser utilizado para calefacción e iluminación, reduciendo el uso de energía eléctrica en la planta donde se desarrolla el proceso de producción de biogás. Esta es una manera de producir energía que no es contaminante en su proceso ni en su combustión, contrario a lo que sucede con los combustibles fósiles.
- Producción de biofertilizantes sólidos y líquidos de alta calidad, los cuales aportan el beneficio de su comercialización o usufructo directo.
- Reducción de costos por desplazamiento de energía eléctrica fósil por energías renovables.

Beneficios sociales

- Los biodigestores se pueden aplicar tanto a nivel industrial como local. Las personas que hagan uso de esta tecnología pueden generar una nueva fuente de ingreso y a su vez contribuyen al aprovechamiento de los residuos empleados, ya que se genera biol, abono orgánico natural que funciona como un estimulante foliar para las plantas y un excepcional potenciador para suelos, que resulta de la degradación de la materia orgánica. (Yang, 2015)
- Elimina problemas de sanidad: evita malos olores, insectos y controla los microorganismos capaces de generar enfermedades.
- Los biodigestores además de ofrecer nuevas oportunidades de trabajo y aprovechamiento de recursos a través de la valoración de residuos también pueden contribuir a evitar o eliminar las emisiones de olores y gases a la atmósfera, ya que el proceso de digestión anaerobia se da en condiciones herméticas y no se emplea aire.

2.9. Biodigestores

2.9.1. ¿Qué es un biodigestor?

Un biodigestor es un recipiente o tanque, cerrado herméticamente, donde se lleva a cabo el proceso de la biodigestión. El equipo cuenta con dos partes fundamentales: la cámara de digestión o digestor propiamente dicho, donde los microorganismos degradan la materia orgánica generando el biogás, y el gasómetro, donde se acumula el biogás generado. Existen de diversos modelos y tamaños, siendo los materiales para su construcción mampostería y hormigón, metal, plástico u otros. (Ver Anexo 7.I)

Se debe tener en cuenta que los microorganismos que trabajan dentro del biodigestor durante el proceso de la biodigestión son seres vivos, sensibles a los cambios bruscos de temperatura y alimentación, y por ende se los debe tratar con ciertos cuidados, procurando cambios progresivos. Un desequilibrio grave en alguna etapa del proceso puede afectar a las etapas posteriores, ser muy laborioso de revertir, y demandar mucho tiempo para ello, e incluso imposible. (Gobierno de la Provincia de Santa Fe, 2020)

2.9.2. Clasificación de biodigestores

Los biodigestores varían ampliamente de acuerdo con su complejidad y utilización. Los más sencillos se encuentran entre los digestores discontinuos o de cargas por lotes y los más complejos se caracterizan por contar con dispositivos que permiten alimentarlos, mientras se les proporcionan calefacción y agitación.

Resulta conveniente clasificarlos según su modo de operación con relación a su alimentación o carga en los siguientes tipos:

- **Discontinuos o régimen estacionario.** Los digestores son cargados con un solo lote de materias primas. Luego de un cierto período de fermentación, cuando el contenido de materias primas disminuye y el rendimiento de biogás decae a un bajo nivel, los digestores se vacían por completo y son alimentados nuevamente dando inicio a un nuevo proceso de fermentación. Al comienzo, se presenta gran cantidad de materia orgánica y pocas bacterias y al finalizar el proceso de digestión sucede lo contrario, la cantidad de materia orgánica es baja y se tienen bastantes bacterias. Esto genera que este tipo de biodigestores no sean tan funcionales, por no garantizar un equilibrio entre bacterias y materia orgánica. También se los conoce como digestores Batch.
- **Semi continuos.** A diferencia del sistema discontinuo, las cargas y descargas se realizan a plazos determinados durante el proceso de producción de biogás. La primera carga que se introduce al digestor consta de una gran cantidad de materias primas y posteriormente, se agregan volúmenes calculados en función del tiempo de retención hidráulico (TRH) y del volumen total del digestor. A su vez, el efluente se descarga regularmente en la misma cantidad que el afluente que se incorpora.
- **Continuos o de mezcla completa.** En este caso, la carga y descarga del biodigestor es un proceso continuo, por lo que, el efluente que se descarga es igual al afluente o material de carga. Esto permite que la producción de biogás se mantenga uniforme en el tiempo y sea un poco mayor a la que se genera en los sistemas discontinuos. Principalmente se utilizan en el tratamiento de aguas negras o en producciones a gran escala ya que requiere de un suministro constante de materia orgánica.

2.9.3. Ventajas y desventajas del uso de biodigestores

Las ventajas del uso de biodigestores son:

- **Reciclaje y contaminación:** la instalación de un biodigestor permite el reciclaje de los desechos orgánicos, reduciendo así la contaminación ambiental y obteniendo productos útiles.
- **Obtención de biogás:** el biogás representa una fuente de energía eficiente y económica, principalmente en zonas donde otras fuentes de energía no son accesibles.
- **Producción de fertilizante:** mediante los biodigestores se obtienen fertilizantes orgánicos sólidos (biosol) y líquidos (biol). Estos fertilizantes tienen un menor impacto ambiental y reducen los costos de la producción agrícola.

- Salubridad: al permitir un manejo adecuado de los desechos orgánicos se reducen los riesgos que estos representan para la salud.

Entre las desventajas que pueden encontrarse se tienen:

- Temperatura: el biodigestor debe mantener una temperatura constante cercana a los 35 °C y dentro de un rango entre los 20 y 60°C. Por lo tanto, puede ser requerido un aporte externo de calor.
- Subproductos dañinos: se puede producir ácido sulfhídrico (H₂S), que es tóxico y corrosivo, y siloxenos derivados de silicona contenidos en productos cosméticos y en la mezcla de desechos orgánicos. Estos siloxenos generan dióxido de silicio (SiO₂), el cual es abrasivo para maquinarias y componentes. La presencia y concentración de estos subproductos depende de la materia prima empleada, proporción de agua y sustrato sólido entre otros factores.
- Acumulación de desechos: se requiere acumular los desechos cerca del biodigestor, lo cual trae consigo problemas logísticos y sanitarios.
- Riesgos de explosión: al tratarse de un sistema generador de un gas combustible, implica un cierto riesgo de explosiones si no se toman las debidas precauciones.
- Costos: aunque el mantenimiento y manejo del biodigestor es relativamente económico, los costos iniciales de instalación y construcción pueden ser relativamente altos.

2.10. Marco Legal

2.10.1. Marco legal de los residuos sólidos urbanos en Argentina

Constitución nacional

De acuerdo con la Constitución Nacional, en el artículo 41, todos tenemos derecho a gozar de un ambiente sano y equilibrado, y estamos obligados a su vez, a protegerlo. Las autoridades de todos los niveles de gobierno (nacional, provincial, municipal y de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires) deben trabajar en el diseño de normas y políticas y realizar acciones concretas para que el goce de este derecho humano sea efectivo y tangible.

Leyes de Presupuestos Mínimos

En agosto de 2004, el Congreso Nacional al sancionar la ley 25.916 establece los presupuestos mínimos para un manejo adecuado de los residuos domiciliarios a partir de propender a una gestión integral de los mismos, propiciar su valorización, promover su minimización en la generación y disposición final. En términos generales, comprenden desechos de hogares y centros comerciales, oficinas e industrias que, dada su composición, son comparables con aquellos generados de domicilios particulares.

En la provincia de Buenos Aires se sancionó en diciembre de 2006 la ley provincial 13.592 que fija los procedimientos de la GIRSU. Lo define como el conjunto de operaciones que tienen por objeto dar a los residuos producidos en una zona, el destino y tratamiento adecuado, de una manera ambientalmente sustentable, técnica y económicamente factible y socialmente aceptable.

Se establecen como objetivos de la mencionada ley, en concordancia con la ley nacional, incorporar paulatinamente en la disposición inicial la separación de origen, la valorización, la reutilización y el reciclaje en la gestión integral por parte de todos los municipios de la provincia de Buenos Aires; minimizar la generación de residuos; diseñar e instrumentar campañas de educación ambiental y divulgación a fin de sensibilizar a la población respecto de las conductas positivas para el ambiente y las posibles soluciones para los residuos sólidos urbanos, garantizando una amplia y efectiva participación social que finalmente será obligatoria; y por último, incorporar tecnologías y procesos ambientalmente aptos y adecuados a la realidad local y regional.

Por medio del decreto 1215/10 se reglamenta la mencionada ley, estableciendo que será el Organismo Provincial para el Desarrollo Sustentable (OPDS) la autoridad de aplicación de la ley y el organismo provincial encargado de promover, coordinar, concertar y controlar el adecuado cumplimiento y aplicación de las mismas con las autoridades municipales, conforme sus respectivas competencias.

2.10.2. Normas para la habilitación de plantas de biogás

La Ley provincial 11.459 de Radicación Industrial regula la radicación y funcionamiento de las industrias en el ámbito de la provincia de Buenos Aires. Según el artículo 3, todos los establecimientos industriales deberán contar con el pertinente Certificado de Aptitud Ambiental como requisito obligatorio indispensable para que las autoridades municipales puedan conceder, en uso de sus atribuciones legales, las correspondientes habilitaciones industriales. El Certificado de Aptitud Ambiental será otorgado por la Autoridad de Aplicación, en los casos de establecimientos calificados de tercera categoría según el artículo 15, mientras que para los que sean calificados de primera y segunda categoría será otorgado por el propio Municipio.

La Ley nacional 26.093/2006 estableció un régimen de fomento de la producción y uso de biocombustibles, pero el biogás sólo es mencionado tangencialmente. No obstante, esta ley constituye un buen punto de partida para el dictado de la normativa sobre habilitación de plantas de producción de biogás y su utilización como combustible, con posibilidad de inyectarlo en los sistemas de gas natural.

El Decreto reglamentario 109/2007 y la Resolución Secretaría de Energía 1.296/2008 –que estableció las condiciones mínimas de seguridad que deben cumplir las

Diseño de un plan de separación en origen, logística y post tratamiento de residuos sólidos urbanos orgánicos para el Partido de Necochea

plantas de elaboración, almacenamiento y mezcla de biocombustibles– ponen el foco en la habilitación de plantas de biodiesel y bioetanol.

Ley 13.660/1949

La Ley nacional 13.660, en el artículo 1, aclara expresamente que la construcción, ampliación o modificación de usinas de producción de gas y depósitos de combustibles líquidos, gaseosos o sólidos minerales estarán sujetas a la autorización del Poder Ejecutivo, que dispondrá las excepciones que estime pertinentes en consideración a su menor importancia.

Decreto 10.877/1960

Este decreto aprueba la reglamentación de la Ley nacional 13.660 relativa a la seguridad de las instalaciones de elaboración, transformación y almacenamiento de combustibles sólidos, minerales, líquidos y gaseosos.

Ley 26.093/2006

La Ley nacional 26.093 define como biocombustibles el bioetanol, biodiesel y biogás que se produzcan a partir de materias primas de origen agropecuario, agroindustrial o desechos orgánicos, que cumplan los requisitos de calidad que establezca la autoridad de aplicación. Según dispone, sólo podrán producir biocombustibles las plantas habilitadas, con la calidad de biocombustibles y producción sustentable requerida, para lo cual los proyectos deberán someterse a una Evaluación de Impacto Ambiental³ (EIA) que incluya el tratamiento de efluentes y la gestión de residuos.

También ordena que el biocombustible gaseoso denominado biogás se utilizará en sistemas, líneas de transporte y distribución, de acuerdo con lo que disponga la autoridad de aplicación, según el artículo 11 de esta ley. Por otra parte, el artículo 12 establece la obligación del Estado nacional de utilizar biogás sin corte o mezcla.

Decreto 109/2007

El Decreto reglamentario de la Ley nacional 26.093 aclara que quedan sujetas al régimen las actividades de producción, mezcla, comercialización, distribución, consumo y uso sustentables de biocombustibles.

El artículo 3 de este decreto dispone que la autoridad de aplicación ejercerá –entre otras– las siguientes funciones:

³ Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) es el proceso que permite identificar, predecir, evaluar y mitigar los potenciales impactos que un proyecto de obra o actividad puede causar al ambiente, en el corto, mediano y largo plazo; previo a la toma de decisión sobre la ejecución de un proyecto.

Diseño de un plan de separación en origen, logística y post tratamiento de residuos sólidos urbanos orgánicos para el Partido de Necochea

b) Controlará las actividades y calidad del producto en las etapas de producción, mezcla y comercialización de biocombustibles.

d) Dictará la normativa técnica, definirá las condiciones mínimas de seguridad y los requerimientos de tratamiento de efluentes de las plantas de producción, mezcla, distribución y despacho de biocombustibles.

e) Controlará el cumplimiento de los requisitos y la documentación necesaria, y establecerá los formatos de presentación que deberán cumplir tanto las instalaciones que produzcan biocombustibles como el resto de las operaciones involucradas en la cadena comercial.

h) Realizará inspecciones y auditorías, sin previo aviso, a las instalaciones inscriptas y podrá inspeccionar aquellos establecimientos que se presume estén produciendo biocombustibles y no se hallen inscriptos en el registro, debiendo reglamentar el régimen sancionatorio aplicable.

j) Dictará, en el ámbito de su competencia, las normas complementarias que resulten necesarias para interpretar y aclarar el régimen establecido en la Ley 26.093 y en el presente decreto.

m) Creará un registro de todas las personas físicas o jurídicas que se dediquen a la producción, mezcla, almacenaje y comercialización de biocombustibles, en el que se llevará un legajo actualizado de cada uno de los sujetos que intervienen en la cadena de producción y comercialización.

n) Suscribirá acuerdos de cooperación con organismos públicos, privados, mixtos, y organizaciones no gubernamentales con el objeto de promover el desarrollo de tecnología de producción, el consumo de biocombustibles, a los fines de ejercer de manera eficiente sus potestades de fiscalización.

Ley 24.076/1992

La Ley nacional 24.076/1992 estableció el marco normativo de las actividades de transporte y distribución de gas natural. El artículo 50 de esta ley creó el ENARGAS como su autoridad de aplicación. En el artículo 52 se fijaron las facultades del ENARGAS, entre las cuales se incluye la de dictar reglamentos a los que deben ajustarse todos los sujetos de la ley en materia de seguridad, normas y procedimientos técnicos. Asimismo, el artículo 21 de esta ley obliga a todos los sujetos activos de la industria del gas a operar y mantener sus instalaciones y equipos en forma tal que no constituyan peligro para la seguridad pública, y a cumplir con los reglamentos y disposiciones del ENARGAS.

Diseño de un plan de separación en origen, logística y post tratamiento de residuos sólidos urbanos orgánicos para el Partido de Necochea

Decreto 1.738/1992

El Decreto reglamentario de la Ley nacional 24.076 define "gas" como "gas natural procesado o sin procesar, gas natural líquido vaporizado, gas sintético o cualquier mezcla de estos gases en estado gaseoso, y que consistan primordialmente en metano". Esta definición permite incluir al biogás dentro de los gases regulados por esta ley en cuanto a su transporte, distribución y almacenamiento.

3. METODOLOGÍA

Inicialmente, a través de la investigación y la realización de entrevistas se describió cómo se está llevando a cabo actualmente la gestión de los residuos sólidos urbanos en el municipio de Necochea.

Luego, por medio de herramientas de análisis de contexto como el Análisis FODA, la Matriz de Evaluación de Factores Externos (MEFE) y la Matriz de Evaluación de Factores Internos (MEFI) se expuso la situación actual del proyecto frente a factores internos y externos para la implementación del mismo. Además, con el fin de identificar y conocer las necesidades de los sectores interesados, se utilizó como herramienta de análisis la matriz de sectores involucrados.

Posteriormente, se realizó la planificación estratégica para diseñar un plan de separación de residuos sólidos urbanos y de esta forma promover la diferenciación en origen por parte de los ciudadanos. Asimismo, se propuso un cronograma tentativo, estableciendo metas e indicadores para el seguimiento del proceso. Para ello, se investigaron e identificaron estrategias y buenas prácticas en experiencias similares llevadas a cabo de manera exitosa en otras ciudades.

Seguidamente se establecieron las alternativas de recolección para los RSU, de manera de favorecer y permitir el tratamiento de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos. A continuación, se planeó una propuesta en la logística de recolección de los residuos del municipio, incluyendo los puntos verdes para la disposición de los desechos diferenciados por parte de la comunidad.

Para el aprovechamiento energético de la fracción orgánica de los RSU, se presentó el proceso de biodigestión. Luego, se seleccionó el biodigestor que mejor se apropió al proyecto por medio de la matriz de ponderación, se determinó su volumen y se estimó la producción de biogás y de biofertilizante que se obtendría. Finalmente, se establecieron aquellos parámetros que garantizan el buen funcionamiento del biodigestor.

3.1. Análisis FODA

Un elemento esencial al evaluar la situación general de una empresa es examinar sus recursos y capacidades competitivas en términos del grado en que le permiten aprovechar sus mejores oportunidades comerciales y defenderse de amenazas externas a su bienestar futuro. La herramienta más sencilla y fácil de aplicar para este examen se conoce ampliamente como análisis FODA, llamado así porque se trata de las fortalezas y debilidades de los recursos de una empresa, así como de sus oportunidades y amenazas externas. De igual importancia, un análisis FODA excelente ofrece las bases para idear una estrategia que capitalice los recursos de la empresa, se dirija a aprovechar sus mejores oportunidades y la proteja de las amenazas a su bienestar. (Arthur A. Thompson, 1998)

La plantilla del análisis FODA es generalmente presentada como una matriz de cuatro secciones, una para cada uno de los elementos: Debilidades, Oportunidades, Fortalezas y Amenazas.

- La situación interna está constituida por factores o elementos que forman parte de la misma organización, fortalezas y debilidades. Una fortaleza es algo que la empresa hace bien o un atributo que aumenta su competitividad en el mercado. En cambio, una debilidad, o deficiencia competitiva, es algo de lo que la empresa carece o realiza mal (en comparación con los demás), o bien una condición que la coloca en desventaja en el mercado.
- La situación externa está referida al análisis del ambiente que rodea a la organización y que le afecta, es decir las oportunidades y las amenazas. Las oportunidades constituyen aquellas fuerzas ambientales de carácter externo no controlables por la organización, pero que representan elementos potenciales de crecimiento o mejoría. En cambio, las amenazas representan la suma de las fuerzas ambientales no controlables por la organización, pero representan fuerzas o aspectos negativos y problemas potenciales.

3.1.1 Matriz de Evaluación de Factores Internos

La MEFI evalúa las fortalezas y las debilidades principales del proyecto identificadas asignándoles un peso según su importancia relativa para el éxito y una calificación según la relevancia que implique para la empresa. Luego el producto de estos puntajes permite obtener un valor ponderado que posteriormente sumados dan el valor total de las fortalezas y debilidades de la empresa. Este puede variar entre 1 y 4, siendo el promedio 2,5. Los puntajes de valor muy por debajo del promedio caracterizan a las empresas que son débiles internamente, mientras que los puntajes muy por arriba indican una posición interna sólida. (DAVID, 2003)

3.1.2. Matriz de Evaluación de Factores Externos

La MEFE permite evaluar factores que son externos como la información económica, social, cultural, demográfica, ambiental, política, gubernamental, legal, tecnológica y competitiva. A cada factor se le asigna un peso según su importancia relativa, considerando que las oportunidades deben tener más peso que las amenazas, y una calificación para evaluar si las estrategias son realmente eficaces. Luego, se realiza el producto de ambos puntajes obteniéndose de esta forma la calificación ponderada que una vez sumadas determinan el total ponderado de la organización.

El valor ponderado más alto posible es de 4, lo que indica que la empresa responde de manera sorprendente a las oportunidades y amenazas presentes, aprovechando en forma eficaz las oportunidades existentes y reduciendo al mínimo los efectos adversos

potenciales de las amenazas. En cambio, el valor más bajo posible es de 1 y determina que las estrategias de la empresa no aprovechan las oportunidades ni evitan las amenazas externas. (DAVID, 2003)

3.2. Entrevistas

Una entrevista es un intercambio de ideas u opiniones mediante una conversación que se da entre dos o más personas. Todas las personas presentes en una entrevista dialogan sobre una cuestión determinada. Según el grado de estructuración encontramos tres tipologías de entrevista; la estructurada, la semiestructurada y la entrevista no estructurada o en profundidad. (García Hernández, 2006)

- En las entrevistas estructuradas el investigador lleva a cabo una planificación previa de todas las preguntas que quiere formular. Prepara por tanto una gran batería de preguntas que irán coordinadas por un guion realizado de forma secuenciada y dirigida. El entrevistado no podrá realizar ningún tipo de comentarios, ni apreciaciones. Las preguntas serán de tipo cerrado y sólo se podrá afirmar, negar o responder una respuesta concreta y exacta sobre lo que se le pregunta.
- En las entrevistas semiestructuradas el investigador previamente a la entrevista lleva a cabo un trabajo de planificación de la misma elaborando un guion que determine aquella información temática que quiere obtener. Existe una acotación en la información y el entrevistado debe remitirse a ella. Las preguntas que se realizan son abiertas y se permite al entrevistado la realización de matices en sus respuestas que doten a las mismas de un valor añadido en torno a la información que den.
- En las entrevistas no estructuradas o abiertas no se requiere la realización de ningún tipo de guion previo a la entrevista. La información que se obtiene de ella es el resultado de la construcción simultánea a partir de las respuestas del entrevistado. Ahora bien, si se requiere de una gran documentación y preparación por parte del entrevistador. Debe preparar las estrategias que le permitan reconducir la entrevista cuando el entrevistado se desvía del tema propuesto.

Durante la realización del proyecto se llevaron a cabo entrevistas de tipo semiestructuradas. En primer lugar, se entrevistó al sub director de Obras Públicas e Higiene Urbana del municipio de Necochea, Adrián Ciancaglini. Durante la entrevista se obtuvo información sobre la situación actual del municipio respecto a los residuos sólidos urbanos, la recolección y transporte de los mismos, la disponibilidad de camiones de basura y los micros basurales existentes.

En segundo lugar, se entrevistó a Santiago Lenzi y Sebastián Longhi, ambos profesionales del INTI, en el área de Proyecto Sustentable. Actualmente se encuentran

Diseño de un plan de separación en origen, logística y post tratamiento de residuos sólidos urbanos orgánicos para el Partido de Necochea

desempeñando sus funciones en el tratamiento de líquidos, en temas relacionados con energías renovables y en el diseño de biodigestores. Durante la entrevista se obtuvo información sobre el tipo de biodigestor más utilizado para el tratamiento de FORSU, sobre los factores más importantes a tener en cuenta al momento de la selección de un biodigestor y su diseño, y sobre el mantenimiento y los controles diarios que deben llevarse a cabo para el correcto funcionamiento del biodigestor.

En tercer lugar, se entrevistó a María de los Ángeles Elia, vicedirectora de la Escuela Primaria N°4 Manuel y José Mariño de la ciudad de Necochea. Durante la entrevista se obtuvo información acerca de los programas y talleres relacionados con educación ambiental que actualmente se implementan en las instituciones. Además, se pudieron relevar los intereses, compromisos y necesidades que poseen las instituciones educativas respecto al cuidado del medio ambiente y a la gestión de los residuos que se lleva a cabo en el municipio.

En cuarto lugar, se realizaron entrevistas a la Asociación Civil “Todo para Ellos” que busca promover la separación en origen de los materiales recuperables. De las mismas se obtuvo información sobre los materiales que recuperan, la logística de recolección de sus puntos limpios distribuidos en distintas zonas de las localidades de Necochea, Quequén, La Dulce y Juan N. Fernández y de los trabajos que realizan con los mismos.

Finalmente, se entrevistó a María Enriqueta Roulier, presidenta de la Asociación para la Conservación del Parque Miguel Lillo donde se adquirió información acerca de sus intereses, compromisos y necesidades respecto al cuidado del medio ambiente y la gestión existente de los residuos como representante de grupos ambientalistas del municipio.

3.3. Matriz sectores involucrados

La matriz de sectores involucrados es una herramienta que se utiliza para identificar las necesidades y capacidades de los interesados de un proyecto, es decir todas aquellas personas que tiene algún interés en el desarrollo o en los resultados del mismo.

Una de las claves para el éxito de cualquier alianza estratégica es la de investigar previamente las necesidades y aspiraciones de todos los posibles interesados, ya sea que se prevea su implicación directa en el proyecto en cuestión o que sólo se vean involucrados indirectamente. (GRAMMATICO, 2009)

3.4. Planificación estratégica

La planificación estratégica consiste en interpretar que el escenario en donde se desarrollará el proyecto es un escenario móvil, es decir que en un momento inicial trazamos una línea o camino indicando como llegar a los objetivos, pero tales objetivos representan en un principio sólo una expresión de deseo.

En la planificación estratégica se hace imprescindible definir indicadores y establecer puntos de control que permitan verificar periódicamente el grado de avance del proyecto y la forma en que se va modificando el entorno. (GRAMMATICO, 2009)

3.5. Matriz de ponderación

La matriz de ponderación es una herramienta que permite la selección de opciones sobre la base de la ponderación y aplicación de criterios. Hace posible, determinar alternativas y los criterios a considerar para adoptar una decisión, clarificar problemas, oportunidades de mejora y proyectos. En general, establece prioridades entre un conjunto de elementos, para facilitar la toma de decisiones entre diferentes opciones de forma objetiva y consensuada. (Juan Martín, 2018)

La aplicación de la matriz de ponderación conlleva un paso previo de determinación de las opciones sobre las que decidir, así como de identificación de criterios y de valoración del peso o ponderación que cada uno de ellos tendrá en la toma de decisiones.

Los pasos esenciales para la implementación de la matriz de ponderación son (Project Management, 2021):

- **Definición del objetivo.** Todo proyecto recurre a la matriz de ponderación con un objetivo: jerarquizar las tareas, facilitar la toma de decisiones, visualizar problemas, etc.
- **Alternativas para alcanzar el objetivo.** En este paso se establecen las opciones para alcanzar el objetivo del apartado anterior. A veces se definen por sí solas; otras, en cambio, deben establecerse entre los distintos grupos de trabajo.
- **Criterios de decisión.** También en función del objetivo central, se deben definir los criterios a tener en cuenta.
- **Pesos ponderados de los criterios.** En este paso define el peso ponderado que tendrá cada criterio, asignándoles un valor que puede ser cuantitativo o cualitativo.
- **Calificar criterios.** Aquí se realiza la calificación de los distintos criterios, evaluando cada criterio en cada una de las alternativas y asignándole un valor. Se le puede dar el puntaje máximo a la mejor alternativa y luego se le va quitando a las otras en la medida que se aparta del mejor valor.
- **Seleccionar la mejor opción.** Por último, se relacionan los criterios y las alternativas. Se multiplica el peso ponderado del criterio con la calificación otorgada a cada criterio para cada una de las alternativas y, finalmente, se elige la opción que mejor puntuación tenga. Esa es la que se pondrá en marcha para alcanzar el objetivo del primer paso.

4. DESARROLLO

4.1. Características principales del Partido de Necochea

4.1.1. Localización

El Partido de Necochea se encuentra ubicado al sudeste de la provincia de Buenos Aires sobre el Mar Argentino en su lado Sur como se observa en la figura 4. Linda al Oeste con el Partido de San Cayetano, al Norte con el Partido de Benito Juárez y al Este con los Partidos de Tandil y Lobería. Las localidades que integran el Partido de Necochea son: Necochea, Quequén, Costa Bonita, Balneario Los Ángeles, Nicanor Olivera (La Dulce), Juan Nepomuceno Fernández, Ramón Santamarina y Energía.

La ciudad cabecera del partido es Necochea, la cual se encuentra ubicada al sudeste de la Provincia de Buenos Aires, sobre la costa atlántica Argentina. Cuenta con amplias playas y un importante puerto al encontrarse en la desembocadura del río Quequén Grande y el mar argentino.



Figura 4. Ubicación geográfica del Partido de Necochea.

Fuente: (Google, 2021)

Como se mencionó anteriormente, las localidades del Partido de Necochea que se considerarán para el proyecto son: Necochea, Quequén, Nicanor Olivera (La Dulce) y Juan Nepomuceno Fernández, debido a que comparten el servicio de recolección de los residuos sólidos urbanos y el predio donde son dispuestos.

4.1.2. Clima

El clima que se presenta es templado y cálido, siendo la temperatura media anual de 14,8 °C.

La temporada templada dura 3,3 meses desde el 9 de diciembre al 19 de marzo con una temperatura máxima promedio diario de 22°C. En el caso de la temporada fresca su duración es de 3,6 meses desde el 27 de mayo al 15 de septiembre, con una temperatura máxima promedio diaria menor a 15 °C, siendo el día ms frio el 19 de julio con una temperatura mínima promedio de 5°C, y una máxima de 12°C. (Weather Spark, 2021)

4.1.3. Población

Según los resultados del Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas realizado por el INDEC en los años 2001 y 2010 se estima que la población en la localidad de Necochea para el año 2030 será de 71.210 habitantes, para la localidad de Quequén será de 15.800 habitantes, para Juan Nepomuceno Fernández 2.960 habitantes y para Nicanor Olivera (La Dulce) 2.319 habitantes. (Ver Anexo 7.II)

4.2. Gestión de Residuos Sólidos Urbanos

4.2.1. Situación actual de los RSU

4.2.1.1. Generación

Según la entrevista realizada al sub director de Obras Públicas e Higiene Urbana del municipio de Necochea, Adrián Ciancaglini, actualmente no cuentan con estudios de clasificación de residuos y tampoco poseen datos estadísticos de los mismos.

Considerando que la tasa de generación de residuos per cápita de los partidos de la Provincia de Buenos Aires es de 0,82 kg/hab.día (SAyDS, 2005) se estima que, para la cantidad de habitantes de la ciudad de Necochea en el año 2030, se producirán aproximadamente 58.400 kilos de residuos sólidos urbanos diarios, para la localidad de Quequén serán de aproximadamente 13.000 kilos, para Juan Nepomuceno Fernández de 2.430 kilos y para La Dulce de 1.900 kilos.

Al ser Necochea y Quequén ciudades turísticas, durante la temporada de verano la generación de residuos aumenta entre un 20 y un 25%, según indicó Ciancaglini. Por lo tanto, se estima que durante este periodo entre la ciudad de Necochea y la localidad de Quequén se producirían alrededor de 89.300 kilos diarios de residuos. Además, considerando la cantidad de residuos generada por la localidad de Juan N. Fernández y La Dulce en época invernal, la cantidad de residuos que ingresarían al basural durante la temporada de verano serían de 93.630 kilos diarios para la cantidad de habitantes del año 2030. Asimismo, Ciancaglini informó que si bien en temporada estival, desde el 20 de diciembre al 15 de marzo, la recolección se mantiene constante, el servicio es reforzado con

mayores frecuencias en las áreas más concurridas. Estos refuerzos no se encuentran planificados, sino que son coordinados en función de la ocupación turística.

Para el proyecto se tomará la cantidad de residuos sólidos urbanos que se generan fuera de la temporada estival ya que la generación de residuos aumenta aproximadamente un 25% en los tres meses que se indicaron anteriormente. Sin embargo, se considerará para el dimensionamiento del biodigestor un porcentaje de seguridad para cubrir eventuales variaciones en la producción de biomasa y absorber las fluctuaciones y crecimientos en la generación de residuos en la temporada estival.

4.2.1.2. Composición física de los RSU

4.2.1.2.1. Estimación de la fracción orgánica de los RSU producidos

Realizando un análisis de los datos obtenidos, basados en valores promedios de los residuos sólidos urbanos de la ciudad de Mar del Plata (Ver Anexo 7.III), se puede inferir en la composición física promedio de los residuos domiciliarios de la localidad de Necochea, Quequén, Juan N. Fernández y La Dulce como se observa en la tabla 3. (Municipalidad de General Pueyrredon, 2021)

Se consideran los valores de la ciudad de Mar del Plata debido a su cercanía y a las características similares que presenta con el municipio de Necochea, además de que no se poseen datos concretos sobre la composición de los residuos sólidos urbanos del municipio.

COMPONENTES	COMPOSICIÓN TOTAL (%)	kg/día
Papeles	4,83%	3.657,76
Cartones	4,28%	3.241,24
Plásticos	13,95 %	10.564,34
Vidrio	3,55%	2.688,42
Metales Ferrosos	1,07%	810,31
Metales No Ferrosos	0,41%	310,49
Materiales Textiles	3,27%	2.476,37
Madera	0,41%	310,49
Goma, cuero, corcho	0,60%	454,38
Pañales Descartables y Apósitos	3,11%	2.355,20

Diseño de un plan de separación en origen, logística y post tratamiento de residuos sólidos urbanos orgánicos para el Partido de Necochea

Materiales de Demolición y Construcción	0,89%	674,00
Residuos de Poda y Jardín	6,90%	5.225,37
Residuos Peligrosos	0,26%	196,90
Desechos Alimenticios	49,51%	37.493,92
Misceláneos Menores a 25,4 mm	0,42%	318,07
Líquidos no acuosos	0,06%	45,44
Líquidos acuosos	0,23%	174,18
Envases Tetrabrick	0,39%	295,35
Otros	6,28%	4.755,84
TOTAL	100%	75.730
Peso Volumétrico (t/m³)		0,255

Tabla 3. Composición física promedio de los RSU en la ciudad de Necochea, Quequén, La Dulce y Juan N. Fernández.

Fuente: Elaboración propia en base a (Municipalidad de General Pueyrredon, 2021)

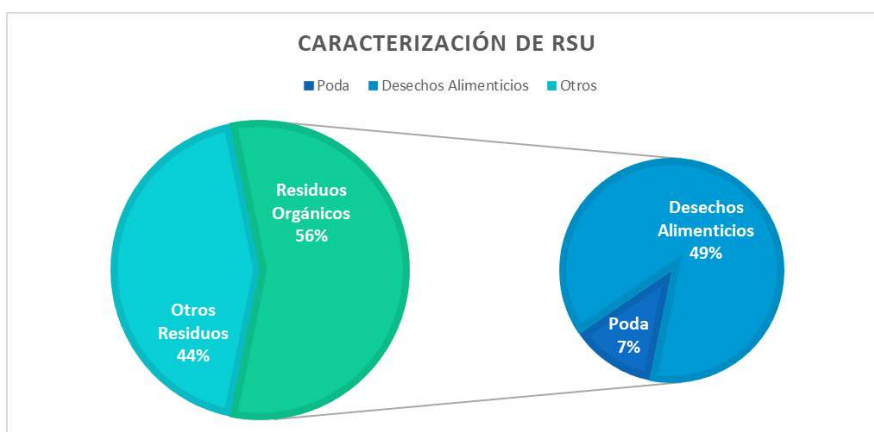


Gráfico 1. Composición de los residuos orgánicos en la ciudad de Necochea, Quequén, La Dulce y Juan N. Fernández.

Fuente: Elaboración propia en base a (CEAMSE, et al., 2010-2011)

Según la tabla 3 y el gráfico 1, aproximadamente el 56 % de la composición de los residuos sólidos urbanos corresponden a desechos alimenticios y residuos de poda y jardín, obteniéndose una producción diaria de 42.410 kilos. Por lo tanto, se evidencia que se estarían desechado gran cantidad de residuos sin ningún tipo de tratamiento que generan efectos en el ambiente y en las personas pero que podrían ser valorizados.

4.2.1.3. Recolección y transporte de residuos

Actualmente la empresa Relisa S.A., concesionaria del municipio de Necochea, es la encargada de realizar la recolección y el transporte de los residuos. Para los residuos domiciliarios, la recolección está dividida en cuatro sectores con un total de 14 recorridos, siete matutinos y siete nocturnos. En la ciudad de Necochea, la recolección durante la temporada invernal tiene una frecuencia de 3 días a la semana (frecuencia 3) y un horario que puede ser diurno (08:00 h) o nocturno (20:00 h) según corresponda como se detalla en la figura 5. Cabe mencionar que en temporada de verano los horarios se modifican, siendo la recolección diurna 7:00 h y la nocturna 21:00 h y a su vez, en la zona de la villa balnearia y el microcentro de la ciudad, la frecuencia es de 6 días a la semana (frecuencia 6).

En el caso de la ciudad de Quequén la recolección se realiza en horario diurno con una frecuencia diaria para la zona céntrica y una frecuencia de 3 días a la semana (frecuencia 3) para la zona periférica.

En la localidad de La Dulce la recolección es diurna con frecuencia 3 al igual que en la localidad de Juan N. Fernández.

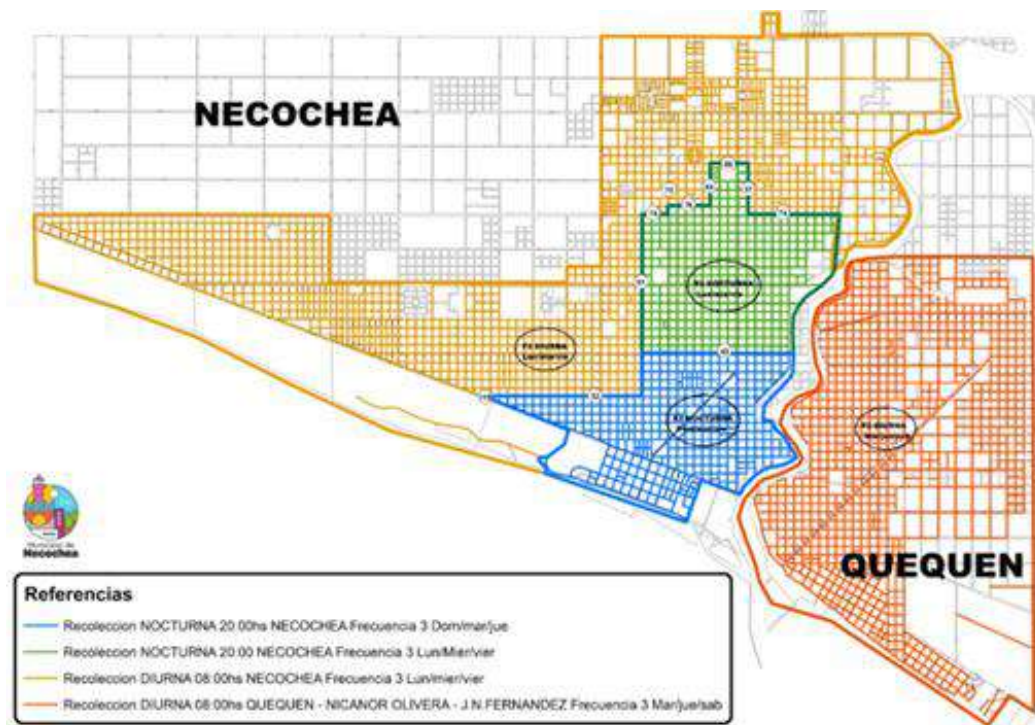


Figura 5. Mapa de la ciudad de Necochea-Quequén con zonas y horarios de recolección de RSU, temporada invernal.

Fuente: (Municipalidad de Necochea, 2020)

En el caso de la recolección voluminosa, el servicio se solicita por vía telefónica y se realiza por domicilio una vez por semana. Esta comprende los siguientes residuos con sus respectivos volúmenes:

Diseño de un plan de separación en origen, logística y post tratamiento de residuos sólidos urbanos orgánicos para el Partido de Necochea

- Ramas (hasta 2 m³)
- Chatarras (hasta 1 m³)
- Restos de obras embolsados y manipulables (hasta 1/4 m³)
- Pastos/hojas embolsado (hasta 1 m³)

La recolección de los cestos papeleros de la ciudad de Necochea y Quequén ubicados en la vía pública del microcentro, villa balnearia y Parque Miguel Lillo, se realiza cuando se efectúa el barrido de las calles. También, se lleva a cabo la recolección de PET ya que en distintos puntos de estas localidades se encuentran ubicados puntos limpios de la Asociación Civil “Todo Para Ellos”, en los que la población deposita este tipo de residuos para luego reutilizarlos. Dependiendo donde se encuentre el punto limpio, se recolectan entre una y cuatro veces por semana. Además, según la información proporcionada por la Asociación Civil “Todo Para Ellos”, en algunos casos la recogida se realiza cuando el encargado de los mismos da aviso de que se encuentran llenos. Esta actividad es realizada en conjunto entre la empresa Relisa S.A. y la Asociación. Para ello, las botellas que se encuentran en los puntos limpios son colocadas en bolsones con una capacidad aproximada de 300 botellas cada uno y luego, en los respectivos camiones para su traslado al lugar de acopio.

En la localidad de La Dulce y Juan N. Fernández los PET son recolectados en las oficinas de la delegación municipal y transportados por Relisa S.A. a la Asociación.

En la tabla 4, se detalla la cantidad y la capacidad de cada uno de los camiones que se utilizan para la recolección de los distintos residuos generados hoy en día. Además, se poseen dos camiones compactadores que se utilizan para guardia y/o para reforzar la recolección de residuos sólidos urbanos fuera de la temporada estival. Esto aplica a los fines de semana largos y el receso invernal.

TIPO DE RESIDUO	CANTIDAD DE CAMIONES	CAPACIDAD DE CADA CAMION	TIPO DE CAMION
Domiciliarios	7	8 toneladas	Compactador
Voluminosos	3	8 toneladas	Volquete
PET	1	8 toneladas	Playo
Cestos papeleros	1	8 toneladas	Playo

Tabla 4. Cantidad y capacidad de los camiones actuales para la recolección de los distintos residuos generados.

Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidos en la entrevista a Adrián Ciancaglini.

4.2.1.4. Tratamiento de RSU

No existen actividades de tratamiento, separación o reciclaje de manera determinada en el municipio. Sin embargo, el basural y los micro basurales existentes son visitados por familias que viven de la clasificación y venta de los residuos recuperables.

4.2.1.5. Disposición final

Los residuos de la localidad de Necochea, Quequén, La Dulce y Juan N. Fernández son dispuestos desde el año 2000 en el basural municipal que se encuentra ubicado en el kilómetro 5,5 del viejo camino a La Dulce y a 10 km del centro de la ciudad de Necochea como se observa en la figura 6.



Figura 6. Ubicación geográfica del basural municipal.

Fuente: (Google, 2021)

El predio posee 14 hectáreas y si bien en un principio comenzó siendo un relleno sanitario, luego se desbordó y hoy en día se asemeja a un basural a cielo abierto en donde pueden encontrarse cualquier tipo de residuos (figura 7) que se arrojan sin ningún tipo de control y tratamiento previo. Se estima que, de las 14 hectáreas, más del 90% se halla cubierto de basura, aunque en el 50% del terreno las montañas de basura alcanzan una altura de hasta 10 metros.



Figura 7. Basural municipal a cielo abierto.

Fuente: (Minuto Balcarce, 2020)

4.2.1.6. Micro basurales

En distintos puntos del municipio como terrenos baldíos, esquinas y espacios públicos suelen presentarse micro basurales y montículos de residuos, siendo el de mayor dimensión el que se encuentra ubicado en las cercanías del ex basurero municipal en la calle 82 entre 93 y 107 de la ciudad de Necochea como se observa en la figura 8.

El impacto directo que tiene el depósito de los residuos sin ningún tratamiento y en destinos no utilizados para tal fin, se produce en el paisaje, viéndose deteriorado por la presencia de estos residuos, en la generación de malos olores, en la contaminación de agua superficial y/o subterránea como consecuencia del filtrado de lixiviados y en la proliferación de vectores que desfavorecen la salud de la población. Asimismo, provocan contaminación del suelo y del aire debido a que estos lugares no están habilitados para dicha actividad.

En aquellos lugares de la ciudad de gran dimensión y en los que usualmente suele observarse el abandono de residuos, la municipalidad planifica su limpieza cada dos meses, según indicó Adrián Ciancaglini en la entrevista realizada.



Figura 8. Ex basurero municipal en la calle 82 entre 93 y 107, Necochea.

Fuente: (TSN noticias, 2020)

4.3. Análisis FODA

A continuación, se presenta el análisis FODA del proyecto. A través de esta herramienta, se expone la situación actual del proyecto frente a factores internos (fortalezas y debilidades) y externos (oportunidades y amenazas) para la implementación del mismo.

Fortalezas

- Aprovechamiento de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos.
- Proceso amigable con el medio ambiente.
- Generación de puestos de trabajo dignos y posibilidad de desarrollo local.
- Concientización a la población en la importancia de la separación en origen a través de acciones como la disposición de los residuos en puntos verdes.
- Implementación de un plan de separación de residuos sólidos urbanos que promueva la diferenciación en origen por parte de los ciudadanos.
- Implementación de un programa de educación ambiental en los centros educativos.
- Generación de biogás y bioabono con potencial aprovechamiento y valorización.

Debilidades

- Altos costos de inversión.
- Dependencia de financiamiento externo.
- Capacitación necesaria para las personas encargadas de la operación del biodigestor.

Diseño de un plan de separación en origen, logística y post tratamiento de residuos sólidos urbanos orgánicos para el Partido de Necochea

- Necesidad de contar con la infraestructura adecuada (planta de tratamiento de RSU) para la realización del proyecto.
- Bajo conocimiento del biogás y su proceso de obtención.
- Posible emisión de metano al medioambiente debido a pérdidas no controladas del biodigestor.

Oportunidades

- Concreción del proyecto existente en la ciudad de Necochea de instalación de una planta de tratamiento de residuos sólidos urbanos.
- Surgimiento de nuevos grupos de interés con mayor concientización y generación de actividades que promueven el cuidado del medio ambiente.
- Existencia de puntos limpios instalados por la Asociación “Todo para Ellos” en distintas zonas del municipio.
- Creación de alianzas estratégicas con empresas recicladoras.
- Mejor imagen de las localidades generando la posibilidad de imitación en otros municipios.
- Mitigación de los impactos ambientales.

Amenazas

- Incertidumbre financiera.
- Contexto socioeconómico.
- Existencia de energéticos sustitutos para la generación de energía.
- El municipio no cuenta con ordenanzas municipales sobre el tratamiento y la disposición de los residuos.
- Falta de concientización y cumplimiento por parte de la población en la correcta separación de los RSU.

Las principales fortalezas identificadas son tanto el aprovechamiento de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos del municipio con potencial aprovechamiento para la generación de biogás y bioabono como también el aumento de puestos de trabajo dignos y la posibilidad de desarrollo local. Un factor positivo que puede ser aprovechado por las localidades con la realización de este proyecto es la implementación de un plan de separación de residuos sólidos urbanos en origen para lograr mayor cantidad de materiales reciclables y la implementación de un programa de educación ambiental en los centros educativos. Además, las debilidades más relevantes que se presentan son el alto costo de inversión y la necesidad de contar con una planta de tratamiento de RSU para poder llevar a cabo la implementación del proyecto.

Entre las amenazas que mayormente pueden impedir el alcance de los objetivos se encuentran la incertidumbre financiera, la existencia de energéticos sustitutos para la generación de energía que poseen un mercado mucho más desarrollado y la falta de concientización y cumplimiento por parte de la población en la correcta separación en origen de los RSU.

Asimismo, las oportunidades identificadas que se deben aprovechar son el surgimiento de nuevos grupos de interés que promueven la concientización a través de actividades relacionadas con el cuidado del medio ambiente, la existencia de los puntos limpios instalados por la Asociación “Todo para Ellos” en distintas zonas del municipio que permiten avanzar en la educación de la comunidad y la posibilidad que da el proyecto de minimizar los impactos ambientales causados por la falta de tratamiento de los residuos sólidos urbanos.

4.3.1. MEFI

En la tabla 5 se presenta la Matriz de Evaluación de Factores Internos que permite analizar la efectividad de las estrategias aplicadas y conocer con detalle su impacto. De esta manera se evaluarán las fortalezas y debilidades más relevantes para el proyecto, determinadas en el análisis FODA.

La manera de ponderar y calificar los factores considerados en la tabla MEFI, se detalla a continuación (DAVID, 2003):

- Se asigna un peso entre 0 (no importante) hasta 1 (muy importante), el peso otorgado a cada factor, expresa la importancia relativa del mismo, y el total de todos los pesos en su conjunto debe dar como resultado la suma de 1.
- Se asigna una calificación entre 1 y 2 para las debilidades, y entre 3 y 4 para las fortalezas, donde 1 representa una debilidad mayor y 4 se evalúa como una fortaleza mayor.
- Se efectúa la multiplicación del peso de cada factor para su calificación correspondiente, para determinar una calificación ponderada de cada factor, ya sea fortaleza o debilidad.
- Se suman las calificaciones ponderadas de cada factor para determinar el total ponderado.

Diseño de un plan de separación en origen, logística y post tratamiento de residuos sólidos urbanos orgánicos para el Partido de Necochea

FACTORES	PESO	CALIFICACIÓN	PESO PONDERADO
FORTALEZAS			
Aprovechamiento de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos.	0,2	4	0,8
Proceso amigable con el medio ambiente.	0,05	3	0,15
Generación de puestos de trabajo dignos y posibilidad de desarrollo local.	0,1	4	0,4
Implementación de un plan de separación de residuos sólidos urbanos que promueva la diferenciación en origen por parte de los ciudadanos.	0,05	4	0,2
Implementación de un programa de educación ambiental en los centros educativos.	0,05	4	0,2
Generación de biogás y bioabono con potencial aprovechamiento y valorización.	0,1	3	0,3
SUBTOTAL FORTALEZAS			2,05
DEBILIDADES			
Altos costos de inversión.	0,1	1	0,1
Dependencia de financiamiento externo.	0,1	1	0,1
Necesidad de contar con la infraestructura adecuada (planta de tratamiento de RSU) para la realización del proyecto.	0,15	1	0,15
Posible emisión de metano al medioambiente debido a pérdidas no controladas del biodigestor.	0,1	2	0,2
SUBTOTAL DEBILIDADES			0,55
TOTAL	1		2,6

Tabla 5. Matriz EFI.

Fuente: Elaboración propia en base a (DAVID, 2003)

Debido a los resultados obtenidos podemos determinar que las fuerzas internas son favorables con un peso ponderado total de 2,05 contra 0,55 de las debilidades. A su vez, el valor total de 2,6 indica que el municipio es fuerte en el factor interno en su conjunto, ya que se trata de un valor mayor al promedio.

4.3.2. MEFE

En la tabla 6 se muestra la Matriz de Evaluación de Factores Externos que permite realizar un análisis externo a través de las oportunidades que el proyecto puede aprovechar y las amenazas que debe sortear.

El proceso de llevar a cabo esta matriz es similar a la matriz MEFI solo que, en este caso sobre las oportunidades y amenazas, y existiendo una única diferencia:

- Se pondera con una calificación de 1 a 4 para cada uno de los factores considerados determinantes para el éxito, con el propósito de evaluar si las estrategias son realmente eficaces, el 4 es una respuesta considerada superior, 3 es una respuesta superior a la media, 2 una respuesta de término medio y 1 una respuesta mala.

FACTORES	PESO	CALIFICACIÓN	PESO PONDERADO
OPORTUNIDADES			
Surgimiento de nuevos grupos de interés con mayor concientización y generación de actividades que promueven el cuidado del medio ambiente.	0,1	4	0,4
Existencia de puntos limpios instalados por la Asociación "Todo para Ellos" en distintas zonas del municipio.	0,15	4	0,6
Creación de alianzas estratégicas con empresas recicladoras.	0,1	4	0,4
Mitigación de los impactos ambientales.	0,1	3	0,3
Mejor imagen de las localidades generando la posibilidad de imitación en otros municipios.	0,05	3	0,15
SUBTOTAL OPORTUNIDADES			1,85
AMENAZAS			
Incertidumbre financiera.	0,1	2	0,2
Existencia de energéticos sustitutos para la generación de energía.	0,1	2	0,2
Falta de concientización y cumplimiento por parte de la población en la correcta separación de los RSU.	0,2	4	0,8
El municipio no cuenta con ordenanzas municipales sobre el tratamiento y la disposición de los residuos.	0,1	3	0,3
SUBTOTAL AMENAZAS			1,5
TOTAL	1		3,35

Tabla 6. Matriz EFE.

Fuente: Elaboración propia en base a (DAVID, 2003)

Apreciando los resultados obtenidos en la tabla 6 se observa que el valor total en las oportunidades es de 1,85 siendo este mayor a 1,5 que es el valor obtenido para las amenazas. Esto demuestra que el entorno externo es favorable para la realización del proyecto. En cuanto al valor total del peso ponderado, se obtuvo un valor de 3,35 es decir, se trata de un valor mayor al promedio 2,5 indicando que es posible aprovechar las oportunidades existentes y reducir los efectos negativos de las amenazas.

Con los valores obtenidos de las tablas 5 y 6 se realizó el gráfico 2 donde se observa la posición de la ciudad de modo de tener una visión general. En el gráfico se diferencian las siguientes tres zonas que sugieren decisiones estratégicas a implementar:

- Si la esfera se encuentra en los cuadrantes I, II o IV: Crecer y construir.
- Si la esfera se encuentra en los cuadrantes III, V o VI: Retener y mantener.
- Si la esfera se encuentra en los cuadrantes VII, VIII o IX: Cosechar o desinvertir.



Gráfico 2. EFI-EFE.

Fuente: Elaboración propia.

Los análisis realizados anteriormente demuestran que tanto los factores internos como los externos establecidos son favorables para implementar una separación en origen de residuos y posteriormente valorizar los residuos orgánicos para generar biogás a través de biodigestores. Por lo tanto, como se observa en el gráfico 2 el proyecto se encuentra frente a una posición de crecer y construir.

4.4. Plan de separación en origen de los residuos

Para poder alcanzar una gestión sostenible de los RSU es esencial que se produzca un cambio cultural. Para ello se debe lograr una comunicación eficiente y la apropiación de ese objetivo por parte de una amplia cantidad de actores.

En la gestión de los residuos un aspecto fundamental es la concientización y participación de los vecinos. El rol que ellos juegan en la correcta separación y disposición obligan a dedicar tiempo y esfuerzos a la educación y comunicación como un tema central de la gestión de RSU. Las actividades de educación refieren a tareas de concientización, motivación y educación, tanto formal (educación ambiental en todos los niveles educativos), no formal (vecinos, comercios, instituciones) como informal (medios masivos de comunicación, vía pública).

Contar con campañas de comunicación y un programa de educación ambiental es imprescindible para organizar y potenciar la gestión en origen de los RSU. Por lo tanto, para que los ciudadanos adopten nuevas prácticas y cambien sus hábitos, es necesario llevar a cabo una fuerte campaña de comunicación y educación.

4.4.1. Sectores involucrados

En esta sección se analizan los sectores involucrados que se vinculan a la actual problemática de las localidades de Necochea, Quequén, La Dulce y Juan N. Fernández.

Para erradicar con el vuelco de residuos en los diferentes puntos de las localidades que no se destinan a tal fin, se requiere de la participación y el compromiso de los actores involucrados. De esta forma, las personas implicadas con la problemática son las que pueden generar acciones más sostenibles para dar fin a los basurales a cielo abierto y mejorar las condiciones del municipio.

Para ello, en principio se identificaron los diversos grupos de interés y luego se procedió a investigar, entrevistar y dialogar con los distintos representantes de los sectores involucrados para determinar sus expectativas más comunes, sus responsabilidades y también sus necesidades respecto a la disposición de los residuos del municipio, como se observa en la tabla 7.

Por un lado, de la entrevista realizada al sub director de Obras Públicas e Higiene Urbana del municipio de Necochea, Adrián Ciancaglini, se obtuvo información sobre las expectativas, responsabilidades y necesidades que posee el Área de Planeamiento, Obras y Servicios Públicos de acuerdo a la situación actual de las localidades respecto a la disposición de los residuos sólidos urbanos.

Por otro lado, se llevaron a cabo entrevistas semiestructuradas con la vicedirectora de la Escuela Primaria N°4 Manuel y José Mariño de la ciudad de Necochea, María de los

Diseño de un plan de separación en origen, logística y post tratamiento de residuos sólidos urbanos orgánicos para el Partido de Necochea

Ángeles Elia, con la encargada administrativa de la Asociación Civil “Todo Para Ellos”⁴ y con María Enriqueta Roulier presidenta de la Asociación de Conservación del Parque⁵ donde se pudieron relevar sus intereses, compromisos y necesidades más relevantes respecto al cuidado del medio ambiente y la gestión actual de los residuos.

⁴ La Asociación Civil “Todo para Ellos” es una entidad sin fines de lucro perteneciente a la ciudad de Necochea que tiene como fines sociales la atención de personas jóvenes y adultas con discapacidad en el aspecto social, laboral y personal y la concientización en la comunidad de la problemática de la discapacidad. Se encargan de brindar servicios de atención integral tendientes a mejorar su calidad de vida mediante, la igualdad de oportunidades, la promoción de la inclusión social y el trabajo de apoyo a la familia.

⁵ La Asociación para la Conservación del Parque Miguel Lillo se forma con la finalidad de colaborar para que el Parque Miguel Lillo continúe siendo espacio público en toda su extensión. Es una ONG con personería jurídica cuyo objetivo es proteger este sitio de gran valor patrimonial que conforma una franja contigua y paralela al mar, rico en especies arbóreas.

SECTOR	EXPECTATIVAS	RESPONSABILIDADES	NECESIDADES
<p>Municipalidad de Necochea (Área de Planeamiento, Obras y Servicios Públicos)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Evitar la formación de basurales en distintos puntos de las localidades. - Mayor conciencia por parte de la población en no arrojar basura en los espacios no destinados para tal fin. - Conservar y potenciar los espacios públicos y mejorar la calidad de vida de residentes y visitantes. - Implementar un sistema de gestión integral de los residuos con el objetivo de obtener localidades más limpias. - Mejorar las obras e infraestructura pública del municipio. - Atender los reclamos de los residentes satisfactoriamente. - Cumplir con el servicio de recolección de residuos de forma eficiente. 	<ul style="list-style-type: none"> - Cumplir con las leyes vigentes asociadas al proyecto. - Proteger los valores públicos vinculados con la salud e integridad física de la comunidad, ayudando con la prevención y detección de formación de micro y macro basurales. - Comprometerse activamente con las necesidades de la población. - Controlar y asegurar que el proyecto se lleve a cabo satisfactoriamente. 	<ul style="list-style-type: none"> - Compromiso por parte de toda la comunidad para con el medio ambiente y la higiene en la vía pública. - La sociedad debe tomar conciencia de los impactos que generan sus malas prácticas en el medio ambiente.
<p>Relisa S.A</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Evitar la acumulación de residuos sólidos urbanos en las ciudades. - Brindar un servicio de recolección de residuos eficiente y eficaz. - Cumplimiento de los vecinos en la disposición de sus residuos según el cronograma estipulado. 	<ul style="list-style-type: none"> - Cumplimiento del servicio de recolección de residuos según el cronograma estipulado. - Cumplir con lo establecido previamente con la Municipalidad de Necochea. - Disponer los residuos sólidos urbanos recolectados en la planta de tratamiento. 	<ul style="list-style-type: none"> - Correcta separación de los residuos por parte de la comunidad. - Compromiso de la comunidad en el cumplimiento de las instrucciones de cómo disponer los residuos.
<p>Vecinos, comercios y negocios pertenecientes al municipio.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - No poseer micro basurales en sus cercanías. - Contar con espacios públicos limpios, ordenados, sin residuos y plagas. - Cumplimiento en la recolección de los residuos sólidos urbanos según los días y horarios establecidos. - Obtener ciudades más limpias para que se reduzca la posibilidad de contraer enfermedades. 	<ul style="list-style-type: none"> - Cumplir con las instrucciones de cómo disponer los residuos según lo dispuesto por la municipalidad. - Realizar la separación correcta de los residuos en origen. - Disponer correctamente los residuos en los puntos limpios/verdes. 	<ul style="list-style-type: none"> - Capacitación específica en temas de reciclado de residuos, el cuidado y la preservación del ambiente. - Información apropiada acerca de la correcta separación de los residuos. - Compromiso por parte de la Municipalidad y Relisa S.A en el cumplimiento de la recolección diferenciada de los residuos.
<p>Activistas / Ambientalistas</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Mejoras en el manejo y disposición final de los residuos sólidos urbanos del municipio. - Evitar la formación de fuentes de contaminación. - Contar con una gestión integral de los residuos. - Preservar y cuidar los espacios verdes del municipio. 	<ul style="list-style-type: none"> - Cumplir con las instrucciones de cómo disponer los residuos según lo dispuesto por la municipalidad. - Realizar la separación correcta de los residuos en origen. - Desarrollar actividades en beneficio del conjunto de 	<ul style="list-style-type: none"> - Capacitación específica en temas de reciclado de residuos, el cuidado y la preservación del ambiente. - Información apropiada acerca de la correcta separación de los residuos.

	<ul style="list-style-type: none"> - Fomentar la participación de la sociedad en el desarrollo de acciones ambientalistas y actividades que promuevan el cuidado del medio ambiente. 	<p>la comunidad, en lo referente al medio ambiente.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Gestionar ante los distintos organismos públicos y/o privados los reclamos y sugerencias que realiza la comunidad. - Colaborar en lo que se refiere a todo el perfeccionamiento y mejoramiento de los espacios públicos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Compromiso y participación por parte de la población para mantener la higiene en la vía pública. - Apoyo y colaboración por parte de la Municipalidad. - Recursos humanos, técnicos y financieros para el desarrollo de los proyectos.
Escuelas del municipio	<ul style="list-style-type: none"> - Contribuir en la sensibilización del cuidado del medio ambiente y en las buenas prácticas. - Promover procesos educativos que permitan sensibilizar, concientizar y capacitar a la comunidad educativa en general sobre el cuidado de medio ambiente y la correcta disposición de los residuos. - Concientizar desde la docencia a los alumnos/as y, a través de ellos a sus familias, a utilizar los cestos de residuos correctamente. 	<ul style="list-style-type: none"> - Utilizar correctamente las herramientas y espacios de la institución para fomentar el cuidado del medio ambiente y la correcta separación en origen. - Capacitarse para tener mejores herramientas a la hora de inculcar el cuidado del medio ambiente - Concientizar a los estudiantes y trabajar en conjunto con ellos en campañas de separación de residuos. - Realizar charlas, jornadas, talleres y eventos didácticos sobre el cuidado del medio ambiente, la separación de residuos, la problemática de los residuos a cielo abierto y los beneficios de reciclar los desechos domiciliarios. 	<ul style="list-style-type: none"> - Infraestructura y recursos adecuados para el desarrollo de actividades y actos con fines medio ambientales. - Capacitar a los docentes en temas de reciclado de residuos, el cuidado y la preservación del ambiente. - Compromiso de los estudiantes y sus familias. - Reforzar el diseño curricular educativo en temas relacionados con el medio ambiente y separación de residuos sólidos urbanos.

Tabla 7. Matriz de sectores involucrados respecto a la disposición de los residuos.
Fuente: Elaboración propia.

4.4.2. Planificación estratégica de la Campaña de Comunicación y Educación Ambiental

El objetivo de la campaña de comunicación y educación ambiental es contemplar la promoción de acciones para minimizar los residuos generados, motivar la separación en origen de los hogares e instituciones del municipio y mejorar los hábitos relativos a la higiene urbana. Para concretar este objetivo se proponen las siguientes estrategias.

ESTRATEGIA 1: Comunicación y concientización de la población

Resulta crucial desarrollar una campaña de comunicación para informar al público sobre la actividad que se está llevando a cabo y asegurar su cooperación. El mensaje debe llegar no sólo a los potenciales destinatarios sino también a todos los involucrados en el sistema: funcionarios, recolectores de residuos, agentes de sensibilización, entre otros.

Una buena comunicación permite crear mensajes que resuelven los problemas que el público objetivo ya reconoce. El tratamiento de la basura está claramente visible para los habitantes del municipio, por lo que la correcta comunicación del plan de separación en origen de los residuos tiene que orientarse a dar una solución que, en este caso, es la recolección diferenciada de los residuos sólidos urbanos.

Las acciones contenidas en la estrategia son:

- o Desarrollo de una campaña de comunicación:

Será importante la utilización de una amplia variedad de medios, dado que se requiere un nivel de exposición alto. Los medios de comunicación más afines que se seleccionan por ser puntos de contactos relevantes y que representan puertas de entrada para llegar a la comunidad con mayor eficiencia y eficacia en los mensajes son:

- Vía Pública ya que asegura impacto, masividad, fijación de conceptos y sensibilización.
- Uso de los medios de comunicación-redes sociales (radio, televisión, boletines informativos, revistas, periódicos, etc.) que facilitará la difusión del mensaje, llegando de este modo a un público más amplio.
- Redes sociales y páginas web debido a que los miembros de estas redes son en su gran mayoría, adolescentes y jóvenes de 10-12 hasta 25-30 años, aunque, en los últimos años se ha ido ampliando a generaciones mayores.
- Mailing está dirigido al seno de los hogares, a los decisores del consumo y de los gastos. Se enviarán junto con las facturas de impuestos municipales.
- Línea telefónica gratuita de consulta sobre la campaña. Constituye un canal muy recomendable para canalizar la demanda de información que despertará la misma.

A la hora de desarrollar los elementos de comunicación que se utilizarán en dichos canales, principalmente se destacará como se realizará la clasificación de residuos que deberán separarse en origen, así como también los iconos y colores que representan la clasificación realizada.

Los elementos de comunicación que se emplearan son:

- Bolsas reutilizables para la compra, ya que son un elemento que permite disminuir la utilización de las bolsas de nylon y además es portadora de mensajes de concientización ambiental.
- Afiches en la vía pública que permitan instalar la campaña y generar conocimiento masivo.
- Folletos para difundir la campaña ya que son explicativos, de fácil distribución y llegan hasta los hogares donde lo pueden ver todos los miembros de la familia.
- Cestos diferenciados que ayudarán a llevar a cabo la separación de residuos a todos los ámbitos.
- Puntos de entrega voluntaria de residuos reciclables. Sirven para ayudar a comunicar la importancia de la separación de residuos y a enseñar a identificar los reciclables. Se instalarán en puntos de las localidades con mucha concurrencia de personas, ya sean en lugares públicos como privados (estaciones de servicio, instituciones, etc.).
- Puntos informativos (fijos o itinerantes) con el fin de informar al ciudadano y facilitarle el material necesario, sin que esto le requiera un esfuerzo excesivo de desplazamiento y de tiempo. La ubicación de estos puede ser fija o itinerante, en función de la estabilidad de su localización y de la afluencia de población. Pueden estar situados en la vía pública, o bien, pueden situarse dentro de equipamientos municipales.
- Información Puerta a Puerta y a actividades comerciales. Se dispondrá de un equipo de educadores/informadores ambientales que visite a cada una de las viviendas con el objetivo de transmitir el mensaje de una forma directa.

ESTRATEGIA 2: Educación Ambiental

La educación ambiental es de importancia crítica para promover el desarrollo sostenible y aumentar la capacidad de la población para abordar cuestiones ambientales y de desarrollo. Se trata de una educación para el cambio, que promueve tanto modificaciones a nivel individual como social y, por tanto, la toma de acciones para lograrlo. Es por ello que resulta esencial para lograr un plan de separación en origen eficaz debido a que posibilita

Diseño de un plan de separación en origen, logística y post tratamiento de residuos sólidos urbanos orgánicos para el Partido de Necochea

que los conocimientos adquiridos en la institución educativa en materia ambiental alcance otras áreas de la sociedad.

Por esta razón, se requiere trabajar en conjunto con las escuelas del municipio y de esta forma generar concientización sobre el cuidado del ambiente a través de una adecuada gestión de residuos y un cambio en los hábitos de los ciudadanos.

Las acciones contenidas en la estrategia son:

- Elaboración de un Plan de Educación Ambiental

El objetivo de un plan de educación ambiental es formar una población consciente y preocupada por el ambiente y por los problemas que con él se vinculan. Una población con conocimientos, competencias, actitudes, motivaciones y compromiso puede trabajar individual y colectivamente en la resolución de los problemas actuales e impedir el surgimiento de nuevos.

Concientizar a los más pequeños y trabajar en conjunto con ellos en campañas de separación de residuos permite minimizar el impacto de la contaminación que genera la basura.

- Definición de las metas del plan de Educación Ambiental

El plan de educación ambiental posee tres metas principales:

- Conocer: se basa en difundir y comunicar temas ambientales como lo son el cambio climático, el consumo sustentable, la separación en origen, entre otros, a través de diversos medios de comunicación, actividades y acciones.
- Participar: fomentar e invitar a los jóvenes a formar parte de las estrategias y actividades. De esta forma se busca que no sólo sean beneficiarios de la campaña sino también que se involucren en ella a través de la participación intencional y voluntaria.
- Multiplicar: los mismos adolescentes serán los portadores del mensaje del plan y darán el ejemplo de cambio en la sociedad. Por medio de la identidad juvenil, las actividades y el desarrollo se logrará propagar, con hechos, el desarrollo positivo adolescente y serán capaces de promover en su entorno familiar y social, acciones dirigidas a favorecer la construcción colectiva de sostenibilidad, como uno de los caminos para solucionar la crisis ambiental.

- Actividades a desarrollar para cumplir las metas propuestas

- CONOCER

Para llevar adelante esta meta, como primera instancia se propone trabajar sobre los temas relacionados a los residuos, reforzando los conceptos: tipos de residuos, separación en origen, recolección diferenciada, compostaje in situ.

Dado que existen distintas formas de intervenir y concientizar en las escuelas, a continuación, se nombran algunas acciones que han tenido resultados exitosos en otras ciudades:

- Realizar charlas, jornadas, talleres y eventos didácticos sobre el cuidado del medio ambiente, la separación de residuos, la problemática de los residuos a cielo abierto y los beneficios de reciclar los desechos domiciliarios, con el fin de enseñarles desde una temprana edad a los alumnos/as que concurren a las instituciones la importancia de desarrollar hábitos y prácticas sostenibles.
- Compartir videos educativos útiles para generar reflexión y debate en el aula sobre cómo impactan las acciones de las personas en el ambiente y lo que se puede hacer desde la escuela y hacia la comunidad promoviendo su preservación. También, se pueden exponer una serie de videos que obtengan información sobre la gestión de los residuos, el rol y responsabilidad que se debe tener como consumidor y lo que se puede hacer para disminuir la generación de basura.
- Realizar salidas didácticas con compromiso ambiental. Esta propuesta constituye una oportunidad para que los alumnos/as conozcan, indaguen y experimenten en su entorno social y natural la temática ambiental de forma directa con la construcción de sus conocimientos.

- PARTICIPAR

La participación consiste en uno de los elementos más relevantes y de consideración primordial para asegurar el respeto de las opiniones de los niños y jóvenes. Plantea que todos los niños, niñas y adolescentes tienen derecho a ocupar un papel activo en su entorno.

La participación de los jóvenes supone colaborar, aportar y cooperar para el progreso común. Además, la participación ubica a los jóvenes y adolescentes como sujetos sociales con la capacidad de expresar sus opiniones y decisiones en los asuntos que les competen directamente como el medio ambiente y la sociedad en general.

Los espacios de participación deben ser lugares de intercambio, de encuentro de ideas, y el primer paso para que los niños y jóvenes participen es motivarlos y demostrarles que su participación es imprescindible en todas las esferas.

Algunas acciones a considerar en las escuelas para lograr la participación de los jóvenes son:

- Crear y colocar cestos diferenciados: los alumnos/as deberán reciclar objetos en desuso que tengan en sus casas como hierro o madera para construir cestos de basura que serán colocados en distintos puntos de la escuela para que todos los

integrantes de la institución puedan depositar allí la basura correctamente separada. Los cestos de basura serán pintados de diferentes colores, organizados según su contenido y con indicaciones sobre los desechos que deban colocarse en cada uno.

- Concurso ambiental-educativo: los estudiantes de las escuelas secundarias del municipio formarán equipos, y a través de la realización de diferentes actividades coordinadas propuestas por ellos, concientizarán a la comunidad sobre la importancia de la separación en origen y otras prácticas saludables para el medioambiente.
- Crear calcomanías, afiches y folletos para la separación de residuos: se llevará a cabo la formación de varios equipos compuestos por alumnos/as para efectuar el diseño y la impresión de folletos informativos, calcomanías y afiches acerca de la separación de los residuos en origen y de las distintas maneras en que pueden reciclarse los desechos domiciliarios.

- **MULTIPLICAR**

Los jóvenes y adolescentes pueden ser grandes generadores de conciencia ambiental y multiplicadores de ideales de conservación de los recursos, propiciando motivación para recuperar su entorno; concientización de las familias frente a las problemáticas ambientales de su entorno; además desarrollan el deseo de nuevos estudiantes para pertenecer al proyecto ambiental. Por lo que, a través de ellos, se logra un gran impacto en la comunidad y se genera una cultura consciente en temas medio ambientales.

Las actividades que se realizarán para transmitir el mensaje del plan de Educación Ambiental por los jóvenes son:

- Actos institucionales: se realizarán actos en las instituciones para otorgar premios individuales y grupales a los alumnos que participan de los concursos ambientales-educativos como también un reconocimiento a las escuelas que representan.
- Reparto de calcomanías, afiches y folletos para separación de residuos: por una parte, los diferentes grupos de estudiantes entregarán sus folletos informativos a sus familias, vecinos, negocios y comercios del barrio con el fin de promover en sus entornos acciones dirigidas a la separación de los residuos en origen y el cuidado del medio ambiente. Por otro parte, las calcomanías y afiches serán colocados en las aulas y pasillos de la institución para que alumnos y docentes puedan realizar una correcta separación de residuos. Asimismo, se colocarán carteles diseñados por los estudiantes en lugares de gran tránsito de personas.

4.4.2.1 Experiencias similares en Educación ambiental

Para la determinación de las propuestas expresadas anteriormente se tuvieron en cuenta las siguientes experiencias en Educación ambiental que se han llevado a cabo en otras ciudades.

- Laprida

Laprida es la ciudad cabecera del partido homónimo, ubicado en el centro-sur de la provincia de Buenos Aires, Argentina. En el año 1991 comenzó a funcionar la Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos en el municipio y se inició la tarea diaria de separar y clasificar los residuos domiciliarios con el objetivo de obtener una solución efectiva a la problemática de la generación de residuos. Fue así como se erradicaron los basurales a cielo abierto; y se resignificó el concepto de basura. Esta tarea se encaró, ayudados por los mejores transmisores y creadores de conciencia para consolidar este objetivo: los niños. (Laprida, 2021)

Por lo tanto, en el año 2018 el Gobierno Municipal comenzó a desarrollar en el marco del Programa Laprida Limpia, la Copa Laprida Recicla, una competencia que involucra a todas las instituciones educativas de nivel secundario del distrito, transformando a los jóvenes en los multiplicadores y promotores ecológicos de la ciudad, concientizando a los vecinos de Laprida y San Jorge sobre la importancia de la separación domiciliar de los residuos sólidos urbanos. (Municipalidad de Laprida, 2021)

- Trenque Lauquen

Trenque Lauquen es la ciudad cabecera del partido homónimo, ubicado al oeste de la provincia de Buenos Aires, Argentina. La Gestión de residuos en Trenque Lauquen se realiza desde 1987 bajo administración municipal.

El Programa PROLIM⁶ surgió como alternativa para el tratamiento de la basura en el distrito de Trenque Lauquen a principios de los años 90. La propuesta consistió en realizar el tratamiento integral de la basura a partir de su selección y posterior reciclado, el objetivo fue ordenar, seleccionar, reciclar y comercializar el producido.

Desde el 2016 se colocaron módulos para la recepción de materiales reciclables en diferentes puntos de la ciudad. Esta iniciativa posibilita la valorización de los residuos a partir de la separación de materiales, el posterior reacondicionamiento y finalmente el reingreso al circuito de economía circular.

⁶ El Programa "PROLIM" de tratamiento de Residuos Sólidos Urbanos y Efluentes Cloacales en la Planta Integral es una iniciativa originada en 1994 y llevada a cabo por el Municipio de Trenque Lauquen de la Provincia de Buenos Aires. Tiene como objetivos optimizar la gestión de los residuos urbanos y, al mismo tiempo, generar concientización social respecto del cuidado del medio ambiente, y del tratamiento de los residuos.

Diseño de un plan de separación en origen, logística y post tratamiento de residuos sólidos urbanos orgánicos para el Partido de Necochea

Además, el 5 de junio de 2017 lanzaron el Programa Escuelas Rurales Verdes, por el cual la escuela rural interesada, de manera voluntaria, se adhiere a la campaña de Reciclado abriendo un punto limpio. (Municipalidad de Trenque Lauquen, 2021)

4.4.3. Cronograma

En la tabla 8 se puede observar el cronograma tentativo que se propone para llevar a cabo el plan de separación en origen de los residuos domiciliarios en el municipio de Necochea. Se indican allí las estrategias y las actividades a realizar para poder afrontar el objetivo. Además, se incluyen los responsables de realizar cada una de las tareas propuestas, los resultados que se esperan y los indicadores de desempeño.

OBJETIVO	ESTRATEGIAS	ACTIVIDADES	CRONOGRAMA (MESES)												RESPONSABLES	RESULTADOS ESPERADOS	INDICADORES				
			1/22	2/22	3/22	4/22	5/22	6/22	7/22	8/22	9/22	10/22	11/22	12/22							
Diseñar un plan de separación de residuos sólidos urbanos para promover la diferenciación en origen por parte de los ciudadanos	Comunicar y concientizar a la comunidad de la necesidad de preservar el medio ambiente y promover la separación en origen de los residuos.	Elaborar el mensaje que se quiere comunicar a la comunidad.																Municipalidad de Necochea (Área de Planeamiento, Obras y Servicios Públicos).	Plan de mensajes que se quieren comunicar a la comunidad.	Número de mensajes elaborados	
		Determinar los medios y canales de comunicación a utilizar.																	Municipalidad de Necochea (Área de Planeamiento, Obras y Servicios Públicos).	Medios y canales de comunicación elegidos.	Número de medios y canales elegidos
		Trabajar con los medios de comunicación locales incentivando la difusión de la campaña en RSU.																	Municipalidad de Necochea (Área de Planeamiento, Obras y Servicios Públicos).	Medios y canales de comunicación dispuestos a difundir la campaña de RSU.	Número de medios y canales que difunden la campaña de RSU
		Trabajar con pymes, empresarios locales y comercios incentivando a difundir la campaña en RSU.																	Municipalidad de Necochea Área de Planeamiento, Obras y Servicios Públicos) / Vecinos, comercios y negocios pertenecientes al municipio.	Pymes, empresarios locales y comercios dispuestos a difundir la campaña de RSU.	Número de pymes, empresarios locales y comercios que difunden la campaña de RSU
		Trabajar con promotores ambientales que realicen la difusión de la temática.																	Municipalidad de Necochea (Área de Planeamiento, Obras y Servicios Públicos) / Activistas / Ambientalistas.	Promotores Ambientales dispuestos a difundir la campaña de RSU.	Número de Promotores Ambientales difunden la campaña de RSU
		Transmitir el mensaje elaborado a través de los medios de comunicación elegidos.																	Municipalidad de Necochea (Encargado de prensa del Área de Planeamiento, Obras y Servicios Públicos).	Plan de transmisión del mensaje.	Número de medios de comunicación que transmiten el mensaje
		Promover la utilización de bolsas reutilizables para la realización de las compras.																	Municipalidad de Necochea (Área de Planeamiento, Obras y Servicios Públicos).	Plan de promoción de bolsas reutilizables en supermercados.	Número de bolsas reutilizables utilizadas
		Fomentar la entrega de bolsas biodegradables en los supermercados.																	Municipalidad de Necochea (Área de ambiente).	Al menos 100.000 bolsas biodegradables entregadas.	Número de bolsas biodegradables entregadas
		Diseñar, elaborar e instalar afiches en la vía pública.																	Municipalidad de Necochea (Área de Planeamiento, Obras y Servicios Públicos).	Al menos 50.000 afiches instalados.	Número de afiches instalados
Diseñar y repartir folletos informativos en la vía pública.																	Municipalidad de Necochea (Área de Planeamiento, Obras y Servicios	Al menos 50.000 folletos repartidos.	Número de folletos repartidos		

4.5. Recolección y transporte de RSU

4.5.1. Selección de alternativas de recolección

Actualmente, se lleva a cabo una recolección general de los residuos sólidos urbanos. El sistema se limita a la recolección domiciliaria, el barrido y la limpieza de las calles y los lugares públicos.

A causa de la gran cantidad de desechos generados en el municipio y considerando que muchos de ellos corresponden a materiales reciclables que pueden recuperarse si son separados correctamente, surge la necesidad de llevar a cabo una separación de los mismos para evitar que se contaminen y así poder volver a reutilizarlos o valorizarlos. Pero, para contar con una separación de calidad, especialmente en los residuos orgánicos, es conveniente realizar la separación en origen, es decir, en el mismo punto de generación.

Debido a las características e importancia de la FORS (fracción orgánica de recogida separada), se propone implementar una recolección diferenciada por medio de un sistema de recogida puerta a puerta. Para ello se establece realizar la recolección considerando principalmente la separación en origen de tres fracciones: materiales orgánicos, materiales inorgánicos y materiales recuperables, de manera de favorecer y permitir el tratamiento de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos.

4.5.1.1. Recolección domiciliaria de residuos orgánicos, inorgánicos y recuperables

Para una correcta gestión de residuos, es necesaria la separación en origen. La manera adecuada de hacerlo sería considerar tres fracciones: orgánicos, inorgánicos y recuperables. Para ello se propone colocar los residuos orgánicos en bolsas blancas, los inorgánicos en bolsas negras y los residuos recuperables en bolsas verdes, o en su defecto, utilizar bolsas de cualquier color identificadas (rotuladas).

Los residuos generados deben estar bien embolsados y las bolsas deberán ser dispuestas para el traslado de las mismas en cestos en el frente de las casas, comercios o industrias.

Es importante destacar que:

- Si no se tiene bolsa del color correspondiente, ello no debe ser un impedimento para no separar. Lo importante es que se dispongan los residuos bien separados y los días correspondientes.
- Los días de bolsa verde NO debe sacarse la bolsa negra ni blanca para evitar mezclas entre las fracciones.
- Los días de bolsa negra NO debe sacarse la bolsa verde ni blanca para evitar mezclas entre las fracciones.

Diseño de un plan de separación en origen, logística y post tratamiento de residuos sólidos urbanos orgánicos para el Partido de Necochea

- Los días de bolsa blanca NO debe sacarse la bolsa negra ni verde para evitar mezclas entre las fracciones.
- Se recomienda sacar los residuos aproximadamente una hora antes de los horarios de recolección.

En la tabla 9 se detallan algunos ejemplos de residuos orgánicos, inorgánicos y recuperables que corresponde a bolsa blanca, bolsa negra y bolsa verde.

	BOLSA BLANCA	BOLSA NEGRA	BOLSA VERDE
DESECHOS ORGÁNICOS	Yerba, café, restos de frutas y verduras, restos de comidas, saquitos de té, residuos de jardín		
PAPEL CARTÓN		Papeles y cartones sucios, papel de fax, papel encerado, pañuelos y pañales descartables, papel higiénico, papel carbónico, bolsas y envases laminados en nylon (frituras, galletitas, golosinas, etc.), papel celofán, boletos de colectivo, fotos y plastificados.	Papel impreso o no, diarios, revistas cajas, fotocopias, libretas y cuadernos, formularios, sobres, guías telefónicas, folletos, libros, envases tipo tetrabrik.
VIDRIO		Lámparas de bajo consumo y tubos fluorescentes	Parabrisas de autos, frascos, vasos, botellas, vidrios de ventana.
PLÁSTICO		Vasos térmicos, envases sucios y con restos de comida, envases con restos de pintura y solventes, biromes.	Botellas, bidones, artículos de limpieza y perfumería, productos de bazar, bolsas de plástico, sillas, envases y sachet de yogures y leches. Limpios y secos.
METAL			Latas de aluminio y conservas, envases de aerosoles, herramientas de metal, electrodomésticos y llaves de bronce.
OTROS	Otros materiales degradables	Ropas y telas sucias, telgopor, curitas, pilas comunes alcalinas, cerámica y porcelana.	Corchos, cables, ropa, trapos, recortes de tela/tejido.

Tabla 9. Ejemplos de residuos orgánicos, inorgánicos y recuperables.

Fuente: Elaboración propia.

La recolección de residuos que se propone consiste en tres sectores que se encuentran conformados por Necochea, Quequén, La Dulce y Juan N. Fernández como se observa en la figura 9.

Para determinar estos sectores, se optó por dividir la ciudad de Necochea en dos, uno diurno y otro nocturno, con el fin de unificar la recolección nocturna actual en un mismo sector. Esto a su vez permite que en la zona de mayor tránsito de la ciudad, microcentro y villa balnearia, al realizarse en horario nocturno sea más rápida y no genere disturbio. El sector 3 estará integrado por la localidad de Quequén, La Dulce y Juan N. Fernández y se realizará en horario vespertino.



Figura 9. Mapa de la ciudad de Necochea y la localidad de Quequén con sectores y turnos de recolección de RSU.

Fuente: Elaboración propia.

Según la sectorización propuesta anteriormente y teniendo en cuenta que el sector 2 incluye el microcentro y la villa balnearia de la ciudad de Necochea, se considera que este sector genera el doble de residuos orgánicos, inorgánicos y recuperables que el sector 1.

4.5.1.1.1. Recolección de residuos orgánicos, inorgánicos y recuperables

Se propone realizar la recolección de residuos orgánicos con frecuencia 3, que comprende los días miércoles, viernes y domingos considerando la división de sectores determinada. La recolección de los residuos inorgánicos se establecerá con frecuencia 1, el día lunes y, considerando que los residuos recuperables no se degradan fácilmente y para que puedan ser recuperados o reciclados es importante que se encuentren limpios y secos, se propone realizar su recolección los días martes, jueves y sábados, es decir con frecuencia 3.

La frecuencia de recolección propuesta abarca tanto la temporada de invierno como de verano. Sin embargo, en función de la temporada de la que se trate se presentará un cambio en el horario como se lleva a cabo en la actualidad. Para la temporada invernal se plantea realizar la recolección y transporte de residuos en el horario matutino (07:00 - 13:00 h), vespertino (14:30 - 20:30) y nocturno (21:30 - 3:30 h) según corresponda con el sector. En cambio, durante la temporada de verano los horarios de recolección serán matutino (6:00 - 12:00 h), vespertino (15:00 - 21:00) y nocturno (22:30 - 4:30 h). En la figura 10 se presentan los turnos y días de recolección propuestos de las distintas fracciones de residuos.

RECOLECCIÓN DE RESIDUOS								
Tipo de residuos	Día							
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	
Residuos orgánicos								
Residuos inorgánicos								
Residuos recuperables								
Horarios								
	Invierno				Verano			
Diurno	7:00 - 13:00 h				6:00 - 12:00 h			
Vespertino	14:30 - 20:30 h				15:00 - 21:00 h			
Nocturno	21:30 - 3:30 h				22:30 - 4:30 h			

Figura 10. Días y horarios de recolección de las distintas fracciones de residuos.

Fuente: Elaboración propia.

4.5.2. Transporte de residuos

- **Residuos Orgánicos**

La fracción de residuos orgánicos que se generará para el año 2030 considerando la recolección domiciliaria y la de los puntos verdes se observa en la tabla 10.

TOTAL DE RESIDUOS (kg/día)	FRACCIÓN ORGÁNICA (kg/día)
75.730	56 % = 42.410

Tabla 10. Fracción de residuos orgánicos que se generará en Necochea, Quequén, La Dulce y Juan N. Fernández.

Fuente: Elaboración propia

Como se mencionó anteriormente, se considera que el sector 2 genera el doble de residuos orgánicos, inorgánicos y recuperables que el sector 1. Por lo que, se establece que la cantidad de residuos orgánicos que se tendrán en el sector 1 es de 10.902 kg/día mientras que en el sector 2 es 21.803 kg/día. En el caso del sector 3, la cantidad de residuos orgánicos sería de 9.705 kg/día.

En la tabla 11 se observa la recolección de residuos orgánicos en los días propuestos para cada sector.

DÍAS	RECOLECCIÓN DEL SECTOR 1 (kg/día)	RECOLECCIÓN DEL SECTOR 2 (kg/día)	RECOLECCIÓN DEL SECTOR 3 (kg/día)
Miércoles	32.706	65.409	29.115
Viernes	21.804	43.606	19.410
Domingos	21.804	43.606	19.410

Tabla 11. Recolección de residuos orgánicos en los días propuestos para cada sector.

Fuente: Elaboración propia.

Teniendo en cuenta que en promedio la capacidad de un camión es de 8 toneladas, se calcula con la ecuación 1, la cantidad de camiones necesarios para cada sector.

$$Unidades\ de\ camiones = \frac{Demanda\ diaria\ (t)}{Capacidad\ del\ camión\ (t)} \quad (1)$$

En la tabla 12, se presentan los resultados obtenidos al aplicar la ecuación 1.

DÍAS	UNIDADES DE CAMIONES PARA EL SECTOR 1	UNIDADES DE CAMIONES PARA EL SECTOR 2	UNIDADES DE CAMIONES PARA EL SECTOR 3
Miércoles	4,09 ~ 5	8,18 ~ 9	3,64 ~ 4
Viernes	2,73 ~ 3	5,45 ~ 6	2,43 ~ 3
Domingos	2,73 ~ 3	5,45 ~ 6	2,43 ~ 3

Tabla 12. Camiones necesarios para la recolección de la fracción orgánica para la frecuencia y sectorización propuesta.

Fuente: Elaboración propia.

Por lo tanto, como el municipio dispone de 7 camiones compactadores para la recolección de residuos domiciliarios se propone emplear los camiones compactadores que se utilizan para guardia con el objetivo de poder llevar a cabo la recolección de los residuos orgánicos con el tamaño de flota actual que posee el municipio.

- **Residuos Inorgánicos**

La fracción de residuos inorgánicos que se generará para el año 2030 considerando la recolección domiciliaria y la de los puntos verdes se muestra en la tabla 13.

TOTAL DE RESIDUOS (kg/día)	FRACCIÓN INORGÁNICA (kg/día)
75.730	16% = 12.117

Tabla 13. Fracción de residuos inorgánicos que se generará en Necochea, Quequén, La Dulce y Juan N. Fernández.

Fuente: Elaboración propia.

Se determina que la cantidad de residuos inorgánicos que se tendrán en el sector 1 es de 3.115 kg/día, el sector 2 es de 6.229 kg/día y el sector 3 de 2.773 kg/día. En la tabla 14 se detalla la recolección de residuos inorgánicos en el día propuesto para cada sector.

DÍA	RECOLECCIÓN DEL SECTOR 1 (kg/día)	RECOLECCIÓN DEL SECTOR 2 (kg/día)	RECOLECCIÓN DEL SECTOR 3 (kg/día)
Lunes	21.805	43.603	19.411

Tabla 14. Recolección de residuos inorgánicos en el día propuesto para cada sector.

Fuente: Elaboración propia.

Teniendo en cuenta que en promedio la capacidad de un camión compactador es de 8 toneladas y utilizando la ecuación 1, en la tabla 15 se expone la cantidad de camiones necesarios para cada sector.

DÍA	UNIDADES DE CAMIONES PARA EL SECTOR 1	UNIDADES DE CAMIONES PARA EL SECTOR 2	UNIDADES DE CAMIONES PARA EL SECTOR 3
Lunes	2,73 ~ 3	5,45 ~ 6	2,43 ~ 3

Tabla 15. Camiones necesarios para la recolección de la fracción inorgánica para la frecuencia y sectorización propuesta.

Fuente: Elaboración propia.

Se considera que el servicio de recolección para todos los sectores puede operar con el tamaño de flota actual de camiones compactadores que posee el municipio.

- **Residuos Recuperables**

La fracción de residuos recuperables que se generará para el año 2030 considerando la recolección domiciliaria y la de los puntos limpios se observan en la tabla 16.

TOTAL DE RESIDUOS (kg/día)	FRACCIÓN RECUPERABLE (kg/día)
75.730	28 % = 21.203

Tabla 16. Fracción de residuos recuperables que se generará en Necochea, Quequén, La Dulce y Juan N. Fernández.

Fuente: Elaboración propia.

La cantidad de residuos recuperables que se tendrán en el sector 1 es de 5.451 kg/día, en el sector 2 es de 10.901 kg/día y en el sector 3 de 4.851 kg/día. En la tabla 17 se observa la recolección de residuos recuperables en los días propuestos para cada sector.

DÍAS	RECOLECCIÓN DEL SECTOR 1(kg/día)	RECOLECCIÓN DEL SECTOR 2(kg/día)	RECOLECCIÓN DEL SECTOR 3(kg/día)
Martes	16.353	32.703	14.553
Jueves	10.902	21.802	9.702
Sábados	10.902	21.802	9.702

Tabla 17. Recolección de residuos recuperables en los días propuestos para cada sector.

Fuente: Elaboración propia.

Teniendo en cuenta que en promedio la capacidad de un camión es de 8 toneladas y utilizando la ecuación 1, en la tabla 18 se muestra la cantidad de camiones necesarios para cada sector.

DÍAS	UNIDADES DE CAMIONES PARA EL SECTOR 1	UNIDADES DE CAMIONES PARA EL SECTOR 2	UNIDADES DE CAMIONES PARA EL SECTOR 3
Martes	2,04 ~ 3	4,08 ~ 5	1,82 ~ 2
Jueves	1,36 ~ 2	2,73 ~ 3	1,21 ~ 2
Sábados	1,36 ~ 2	2,73 ~ 3	1,21 ~ 2

Tabla 18. Camiones necesarios para la recolección de la fracción recuperable para la frecuencia y sectorización propuesta.

Fuente: Elaboración propia.

Se considera que el servicio de recolección para todos los sectores puede operar con el tamaño de flota actual de camiones compactadores que posee el municipio. Considerando que previamente deberán ser lavados para que los residuos recuperables no se contaminen y puedan ser reutilizados de forma eficiente.

4.5.3. Puntos verdes

La recolección en puntos verdes consiste en que los ciudadanos trasladen los residuos a un punto de recolección común. Las familias, comercios y bares, primero deben realizar la separación en origen, y luego verter los diferentes residuos generados en contenedores diferenciados cerrados que se colocan en puntos estratégicos, y que posteriormente son retirados por los recolectores y dispuestos según el tipo de residuo del que se trate.

Se propone colocar dos contenedores en cada punto, uno para los residuos orgánicos y otro para los inorgánicos debidamente identificados. Estos contenedores se ubicarán en los puntos donde actualmente se encuentran ubicados los contenedores de residuos recuperables instalados por la Asociación Civil "Todo para Ellos". A través de su Taller Protegido de Producción⁷ posibilitan su inserción laboral, encargándose de la recuperación de residuos sólidos urbanos como: PET (Polietileno Tereftalato), PEAD (Polietileno de Alta Densidad), papel y cartón.

⁷ El Taller Protegido de Producción "Necochea" se creó en 1989, con el fin de brindar puestos de trabajo a jóvenes y adultos con discapacidad, los cuales ya han concluido su etapa de escolarización, los cuales no pueden desempeñarse en el mercado laboral competitivo.

Diseño de un plan de separación en origen, logística y post tratamiento de residuos sólidos urbanos orgánicos para el Partido de Necochea

Cada punto limpio cuenta con carteles que sirven para indicar a los ciudadanos los materiales que pueden depositar en ellos. Los mismos son:

- Envases de tetra pack: con un enjuague previo sería lo ideal, se pueden abrir los cuatro extremos, aplastar y tenerlos en una cajita.
- Botellas plásticas: solo botellas de shampoo, detergente, bebidas, lavandina. No se juntan envases como los de yogur, tacitas, platos, etc.
- Latas de aluminio: de gaseosas o cervezas. No las latas de durazno ni de tomate al natural u otras conservas.

Como se observa en la figura 11, la Asociación “Todo para Ellos” cuenta con aproximadamente 45 puntos limpios en Necochea y 9 en la ciudad de Quequén, distribuidos en diferentes zonas de las ciudades para la disposición de los residuos recuperables.

Además, disponen de un punto de acopio en la oficina de la delegación municipal de Juan N. Fernández y otro en La Dulce.

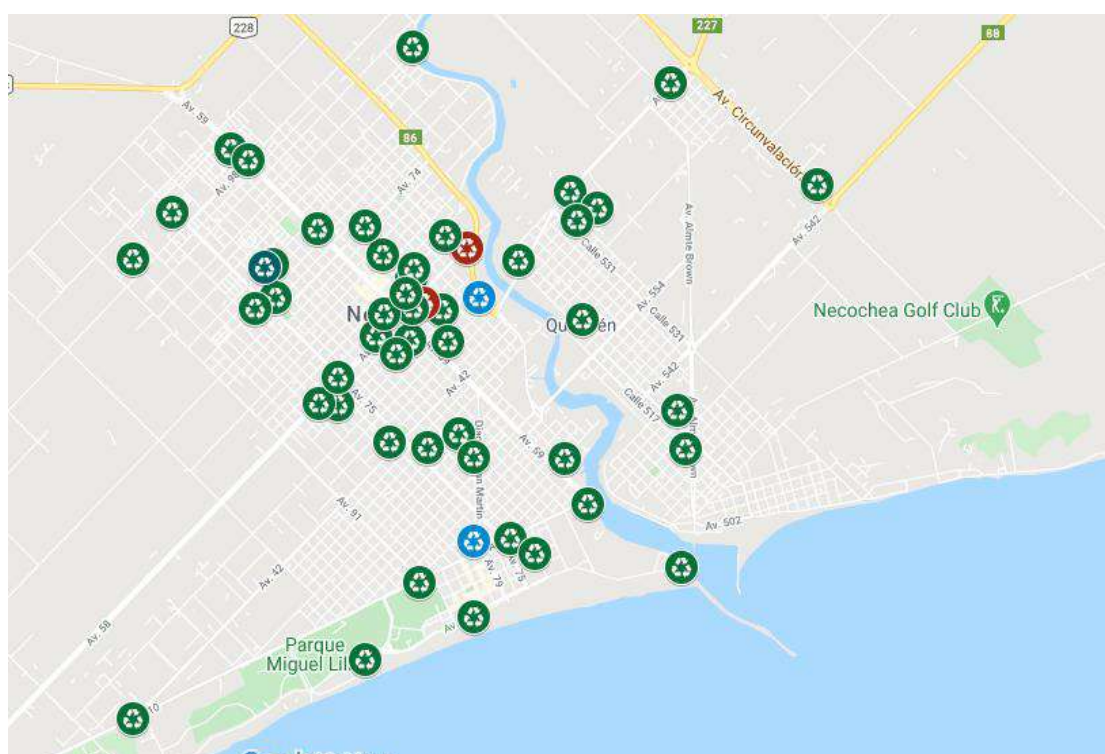


Figura 11. Puntos limpios de la Asociación Civil “Todo para Ellos”.

Fuente: Información proporcionada por la Asociación Civil “Todo para Ellos”.

Contar con puntos verdes en diferentes sitios de las localidades puede tener desventajas y ventajas. Entre las desventajas se encuentran:

- Necesidad de varios contenedores.
- Posibles conflictos con los vecinos por no querer tener los contenedores cerca de sus casas.

- Posible acumulación de residuos en los alrededores del contenedor.
- No cumplimiento de la correcta diferenciación de los residuos.
- Poco conocimiento por parte de los ciudadanos de donde se sitúa el punto limpio en la ciudad y qué tipo de residuos ha de llevar allí.
- Posibles malos olores, o existencia de residuos peligrosos que puedan acarrear a problemas sanitarios.
- Crecientes requerimientos, dificultades legales y costes que suponen los contenedores para el vertido de residuos.

Entre las ventajas:

- Reducción de costos en el manejo integral de residuos.
- Disminución de los residuos que son enviados a disposición final.
- Propone un cambio cultural en la gestión de los residuos en el hogar ya que cada familia debe hacerse cargo de la basura que genera, separarla para el reciclaje y transportarla hasta el punto verde.
- Promueven la separación domiciliaria de residuos.
- Ayudan a controlar y minimizar las consecuencias negativas en el ambiente, la salud y la calidad de vida de la población.
- Ofrecen a los ciudadanos del municipio un lugar donde depositar de manera separada los residuos que generen.
- Permiten separar los distintos residuos según su tipología y no mezclar desechos de diferentes características, lo que facilita su tratamiento y evita contaminar el medio ambiente.
- Posibilitan aprovechar aquellos materiales contenidos en los residuos sólidos urbanos que pueden ser reciclados directamente y conseguir con ello un ahorro de materias primas y de energía, así como una cantidad de residuos que es necesario tratar y/o eliminar.
- Evitan el vertido y acumulación de residuos en el medio natural y urbano del municipio.

Por lo tanto, se plantea establecer los contenedores para la disposición de residuos orgánicos e inorgánicos en los puntos que actualmente se disponen para la recolección de recuperables. En ellos se indicarán, por medio de cartelería, que residuos podrán ser depositados en cada uno y en qué forma se deberá realizar para evitar confusión o una inapropiada disposición de los residuos por parte de los ciudadanos.

4.5.3.1. Recolección de los puntos limpios y verdes

Actualmente la recolección de los puntos limpios es llevada a cabo por la Asociación Civil “Todo Para Ellos” junto con Relisa S.A ya que, por un lado, la Asociación dispone de un camión para la recolección de botellas en el que pueden colocarse 6 bolsones con 300 botellas cada uno, y por otro lado, Relisa S.A posee un camión para PET y otro para cestos papeleros con capacidad de 8 toneladas cada uno. Por lo tanto, se propone continuar con la recolección de los puntos limpios en forma conjunta, considerando los días y horarios estipulados anteriormente para la fracción recuperable de la recolección domiciliaria.

La recolección de los puntos verdes de orgánicos e inorgánicos será efectuada por Relisa S.A los días y horarios en los que se realiza la recolección domiciliaria para dichas fracciones.

4.5.4. Diagrama de flujo del modelo propuesto para la recolección de los residuos sólidos urbanos

A continuación, en la figura 12 se presenta el diagrama de flujo de la recolección de residuos sólidos urbanos propuesta.

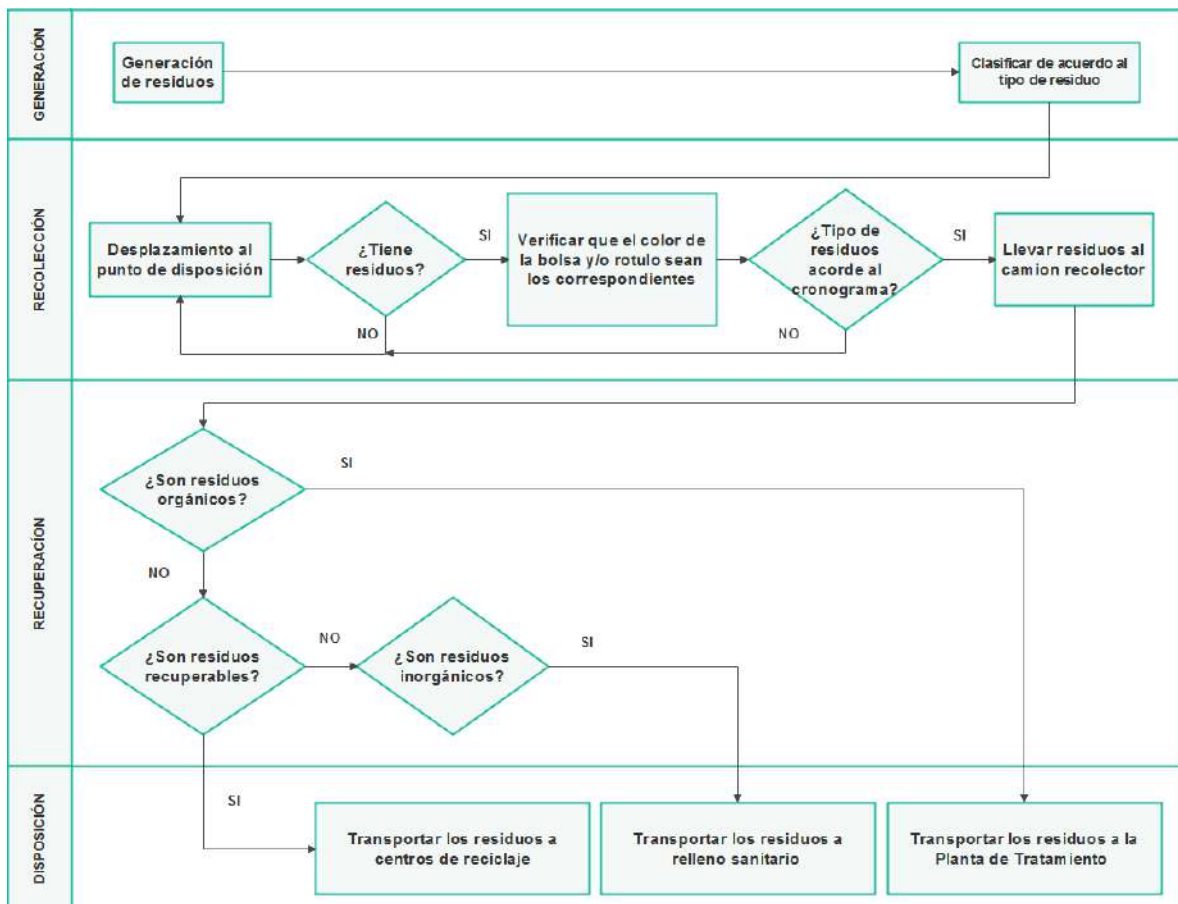


Figura 12. Diagrama de flujo de la recolección de residuos urbanos propuesto.

Fuente: Elaboración propia.

4.5.5. Disposición de las distintas fracciones de RSU

Por un lado, la fracción de residuos orgánicos será trasladada a la planta de tratamiento propuesta por Fernando Murray que se ubica próxima al actual basural que posee el municipio y allí la fracción orgánica podrá ser valorizada. Por otro lado, la fracción inorgánica será enviada a disposición final. En el caso de los materiales recuperables, como los PET (Polietileno Tereftalato), PEAD (Polietileno de Alta Densidad), papel y cartón, con la correcta separación en origen de cada ciudadano se podrá obtener un mayor volumen de estos lo que permitirá no solo que la Asociación “Todo Para Ellos” disponga de los mismos sino que además se podrán entablar relaciones con otros centros de reciclaje que utilicen los envases de vidrio, metales y envases de tetra-brick, fortaleciendo su trabajo y posibilitando mejores condiciones laborales y productivas para ellos.

4.6. Tratamiento de RSU: Alternativa para residuos orgánicos

4.6.1. Aplicación al tratamiento de los FORSU

A pesar de que el proceso de digestión anaerobia se estudia desde mediados del siglo pasado, su aplicación para el tratamiento de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos (FORSU) es relativamente reciente. De hecho, la implantación de la recolección selectiva de residuos, con la separación de la fracción orgánica, ha sido una de las causas que ha empujado al desarrollo de nuevas vías de tratamiento. La FORSU se caracteriza por tener una elevada humedad, por lo que las salidas típicas como la incineración o la disposición en vertedero no son las más adecuadas. Por esta razón, los tratamientos más interesantes para tratar la fracción orgánica son dos: la biometanización y el compostaje, con sus respectivas variantes. La ventaja principal que presenta la primera técnica en relación a la segunda es el hecho de que se trata de una tecnología que no sólo no consume energía, sino que la produce. Además, se trata de una energía renovable que contribuye a disminuir la producción de gases de efecto invernadero. Asimismo, la digestión anaerobia es una tecnología especialmente adecuada para el tratamiento de residuos sólidos con un grado de humedad alto y que requiere un equilibrio de nutrientes menos estricto que el compostaje. Esto hace que, en el caso de falta de disponibilidad de residuos de origen vegetal, la digestión anaerobia pueda ser técnicamente más adecuada. En contraposición, el proceso de biometanización es más complejo, porque necesita más etapas de proceso desde que la fracción orgánica entra en la planta. Esto repercute en una mayor inversión inicial para su implantación.

Diseño de un plan de separación en origen, logística y post tratamiento de residuos sólidos urbanos orgánicos para el Partido de Necochea

4.6.2. Diagrama simplificado de los procesos implicados en el tratamiento de la FORSU.

A continuación, en la figura 13 se presenta un diagrama simplificado de los procesos implicados en el tratamiento de la FORSU mediante la tecnología propuesta.

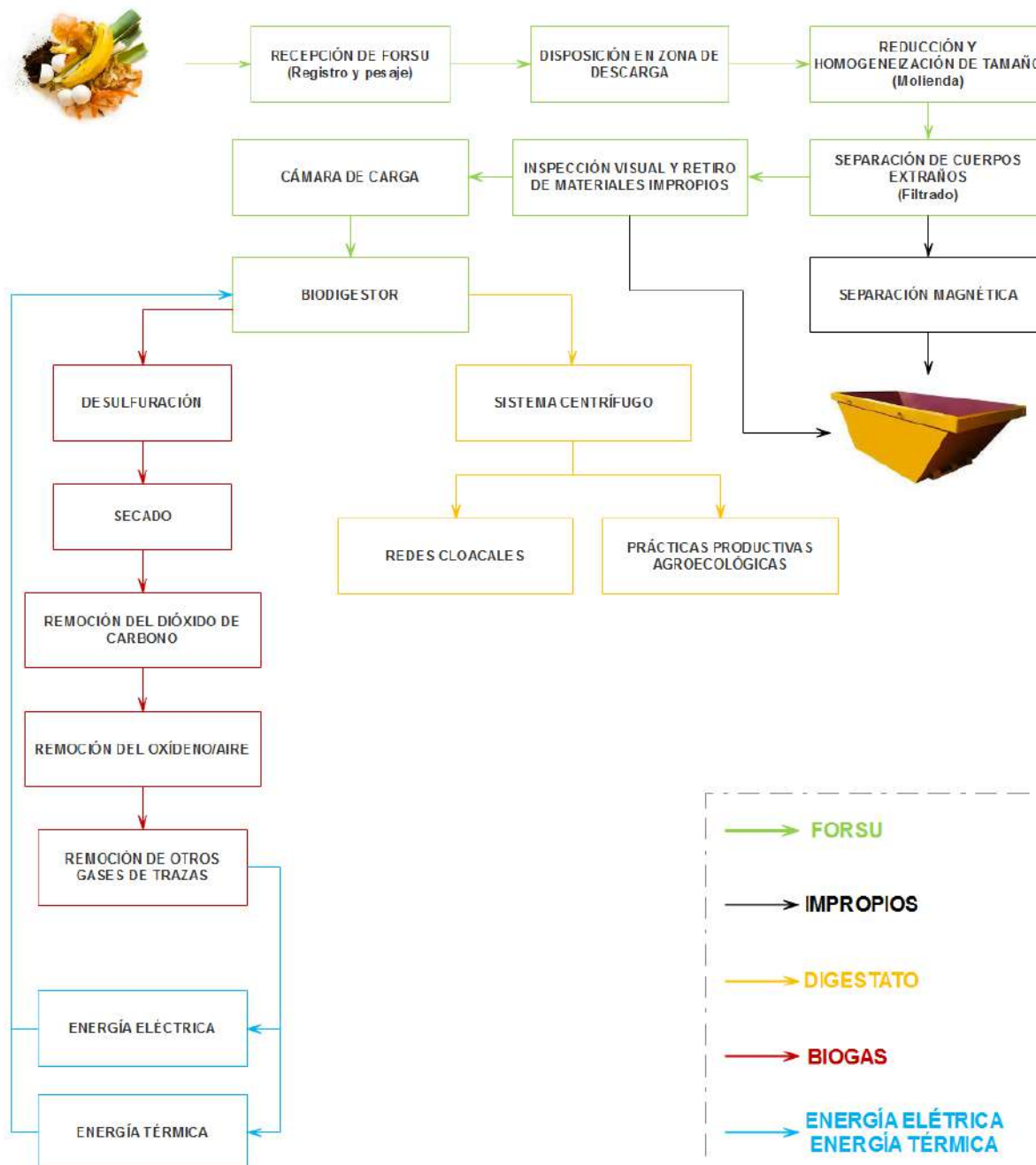


Figura 13. Diagrama simplificado de los procesos implicados en el tratamiento de la FORSU mediante la tecnología propuesta.

Fuente: Elaboración propia.

4.6.3. Materias primas y acondicionamiento del sustrato previo a la producción de biogás

Las diversas materias primas que pueden ser utilizadas en la fermentación metanogénica son: residuos orgánicos de origen vegetal, animal, agroindustrial, forestal, doméstico u otros como se detalla en la tabla 19.

RESIDUOS ORGANICOS	
Residuos de origen animal	Estiércol, orina, guano, camas, residuos de mataderos (sangre y otros), residuos de pescados
Residuos de origen vegetal	Malezas, rastrojos de cosechas, pajas, forraje en mal estado
Residuos de origen humano	Heces, basura, orina
Residuos agroindustriales	Salvado de arroz, orujos, coquetas, melazas, residuos de semillas
Residuos forestales	Hojas, vástagos, ramas y cortezas
Residuos de cultivos acuáticos	Algas marinas, jacintos y malezas acuáticas

Tabla 19. Tipos de residuos orgánicos.

Fuente: Elaboración propia en base a (Ministerio de Energía del Gobierno de Chile, 2011)

Los sustratos sólidos como la basura doméstica y los restos de cosechas que pueden degradarse eficientemente en biodigestores tipo Batch o por lotes, presentan un porcentaje de sólidos totales mayor a 20. (Ministerio de Energía del Gobierno de Chile, 2011)

Cada sustrato tiene un “potencial de generación de biogás”, que se relaciona con la cantidad de biogás generado (m^3 biogás/ kg sustrato) y que depende mayormente de su contenido energético. El potencial de generación para FORSU es de 100 litros de biogás por kilogramo de sustrato en condiciones mesofílicas.

En este caso, el tipo de materia prima que se utilizará es la basura orgánica domiciliar y los residuos forestales que se generan en el municipio de Necochea y que se recolectará de forma diferenciada del resto de las fracciones con una previa separación en origen.

Antes de introducir los residuos orgánicos dentro del reactor hay que realizar una serie de operaciones de acondicionamiento y que, dependiendo del tipo de reactor, el grado de pretratamiento será diferente. La finalidad de estas operaciones es introducir el residuo lo

Diseño de un plan de separación en origen, logística y post tratamiento de residuos sólidos urbanos orgánicos para el Partido de Necochea

más homogéneo posible, con las condiciones físico-químicas adecuadas al proceso al que va a ser sometido, y sin elementos que puedan dañar al digestor.

La forma de acondicionar los residuos de entrada puede ser por pretratamientos, reducción del tamaño de partícula, espesamiento, calentamiento, control de pH, eliminación de metales y eliminación de gérmenes patógenos.

4.6.4. Almacenamiento y pre-tratamiento del sustrato

4.6.4.1. Recepción

La recepción de la FORSU en planta consiste en el pesaje en báscula del camión transportador, antes y después de la descarga, al igual que el registro de los datos de su recorrida, procedencia, tipo de vehículo, hora de entrada, etc.

El material es descargado en una zona techada, con piso impermeabilizado y provisto de sistema de recepción. El sitio de descarga tiene la capacidad de contener un volumen equivalente a cinco días de generación, de manera de permitir un mínimo margen de operaciones en caso de avería del sistema de carga al reactor u otro contratiempo y a su vez, poder almacenar los crecimientos en la generación de residuos en la temporada estival.

4.6.4.2. Reducción y homogeneización de tamaño

Esta etapa consiste en un simple pre-tratamiento mecánico, el cual tiene la finalidad de incrementar la superficie específica del sustrato, y por lo tanto su bio-accesibilidad.

Adicionalmente, a la promoción de la producción de biogás, genera un cambio en la viscosidad del material y reduce la formación de capa flotante.

Los equipos para la reducción de tamaño se dividen en quebrantadores, molinos, molinos de ultrafinos y máquinas de corte. Estas máquinas realizan su trabajo en formas muy diferentes. La compresión es la acción característica de los quebrantadores. Los molinos utilizan impacto y frotación, a veces combinadas con compresión; los molinos de ultrafinos operan principalmente por frotación. El corte es, por supuesto, la acción característica de las máquinas cortadoras.

4.6.4.3. Separación de cuerpos extraños

El sistema de separación de cuerpos extraños consiste en un filtro, colocado en serie y aguas abajo con respecto al sistema de reducción y homogenización de tamaño. El material que ingresa por la criba del filtro es transportado a la tolva de mezcla, carga del reactor y el descarte pasante se envía a un contenedor para su posterior disposición con previa separación magnética. Otro electroimán debe ser colocado en la línea, antes del ingreso de la FORSU al sistema.

Es necesaria la inspección visual y retiro de materiales impropios antes de la alimentación al sistema, de manera de evitar el ingreso de botellas de vidrio (lo cual

reduciría la calidad del digestato) u otros cuya envergadura pueda estropear o atascar el equipo. Es importante señalar aquí la necesidad de contar con una buena campaña de separación en origen para reducir al máximo la aparición de estos impropios en la FORSU.

4.6.5. Biodigestor

Un biodigestor es un recipiente o tanque, cerrado herméticamente, donde se lleva a cabo la actividad microbiana, degradando la materia orgánica y generando biogás consecuentemente. Las posibilidades tecnológicas son variadas y dependen mayormente de las características del sustrato con que se alimenta, tales como contenido de sólidos, degradabilidad, riesgos por contaminantes o inhibidores.

4.6.5.1. Cámara de carga

El sustrato generalmente se almacena en una cámara de carga antes de su ingreso al biodigestor. Por lo tanto, la fracción orgánica, una vez descargada en la planta y realizado el pre-tratamiento, será almacenada en una cámara de carga que permitirá luego ir alimentando al biodigestor con la cantidad correspondiente. Dependiendo del digestor esta cámara deberá ser capaz de almacenar un volumen equivalente a tres días de carga y estará provista de un sistema de alimentación de agua para realizar las diluciones del material y algún mecanismo o instrumento de agitación para homogeneizar la carga.

4.6.5.2. Parámetros físico-químicos ambientales y operacionales

Existen una gran cantidad de análisis químicos y físicos, que se pueden hacer tanto a los sustratos como al material dentro de un biodigestor, permitiendo entender cómo está funcionando el sistema y estimar cuáles van a ser los rendimientos potenciales. A continuación, se determinan los factores que resultan claves para garantizar el funcionamiento de un biodigestor y se seleccionan los valores más adecuados para el proyecto.

- Valor de acidez (pH):

El pH es una medida de la acidez o alcalinidad de una determinada solución. Es fundamental controlar este factor ya que, el sistema biológico encargado de la generación de biogás es altamente dependiente del pH, en especial los microorganismos metanogénicos encargados de la producción de metano.

El pH puede variar como consecuencia de las características de la mezcla que ingresa al biodigestor y debido a los procesos que ocurren allí dentro. Resulta fundamental entonces realizar un control periódico del pH, tanto del material que ingresa como del que sale, a fin de realizar correcciones en caso de desviaciones antes de que se inhiba el metabolismo de los microorganismos metanogénicos y no se produzca biogás. Un pH óptimo se encuentra en el rango de 7,0 a 7,8.

- Potencial redox

Para que los microorganismos metanogénicos se desarrollen a plena capacidad, es necesario que se encuentren en un medio reductor. Los valores de potencial redox necesarios oscilan entre -370 y -220 mV.

- Temperatura

Los procesos anaeróbicos son fuertemente dependientes de la temperatura. La velocidad de reacción de los procesos biológicos depende de la velocidad de crecimiento de los microorganismos involucrados que, a su vez, dependen de la temperatura. A medida que aumenta la temperatura, aumenta la velocidad de crecimiento de los microorganismos y se acelera el proceso de digestión, dando lugar a mayores producciones de biogás. Por lo tanto, la temperatura de operación del digestor es considerada uno de los principales parámetros de diseño a causa de la gran influencia en la velocidad de digestión anaeróbica.

Existen tres rangos de temperatura en los que pueden trabajar los microorganismos anaeróbicos como se muestra en la tabla 20.

FERMENTACIÓN	MÍNIMO	ÓPTIMO	MÁXIMO	TIEMPO DE FERMENTACIÓN
Psycrophilica	4-10 °C	15-18°C	20-25°C	Sobre 100 días
Mesophilica	15-20 °C	25-35°C	35-45°C	30-60 días
Thermophilica	25-45°C	50-60°C	75-80°C	10-15 días

Tabla 20. Rangos de temperaturas y tiempos de fermentación anaeróbica.

Fuente: Elaboración propia en base a (Ministerio de Energía del Gobierno de Chile, 2011)

El régimen mesofílico de operación es el más utilizado, a pesar de que en la actualidad se está implementando cada vez más el rango termofílico para conseguir una mayor velocidad del proceso, lo que implica, a su vez, un aumento en la eliminación de organismos patógenos. Sin embargo, el régimen termofílico suele ser más inestable a cualquier cambio de las condiciones de operación y presenta, además, mayores problemas de inhibición del proceso por la mayor toxicidad de determinados compuestos a elevadas temperaturas, como el nitrógeno amoniacal o los ácidos grasos de cadena larga.

Es importante recordar que en los distintos rangos de temperatura trabajan grupos de microorganismos diferentes, por eso muchas veces no es primordial intentar operar a la más alta temperatura posible, sino garantizar que esta sea estable dentro del biodigestor. Si varía, difícilmente las poblaciones de microorganismos puedan colonizar el medio de forma permanente y, en consecuencia, la producción de biogás no será constante. Además, para

mantener la mezcla en un biodigestor a elevadas temperaturas (termofílicas), cuando la temperatura externa ambiental es baja, se necesitan materiales y sistemas de aislación, así como también sistemas de generación de calor. A su vez, esto implica mayores costos de inversión en obra y, como consecuencia, plazos de amortización más prolongados.

En este caso, se opta por trabajar en el rango mesofílico, a una temperatura aproximada de 30°C. Este rango es el más utilizado en la actualidad en Argentina, dado que puede ser alcanzado sin dificultad en diferentes zonas, posee una operación más estable, menor requerimiento energético y una tasa media de producción de biogás.

- Tiempo de retención hidráulica

El tiempo de retención hidráulica (TRH o THR) indica el tiempo medio de permanencia del sustrato en el biodigestor, sometido a la acción de los microorganismos, y no es más que el cociente entre el volumen del reactor y el caudal diario de carga.

Esta variable determina el volumen del reactor y se encuentra directamente relacionada con la temperatura y, en consecuencia, con la tecnología a utilizar.

Para producir una determinada cantidad de biogás en rangos psicofílicos se requieren valores de TRH mayores que en rangos mesofílicos y termofílicos. A mayor temperatura, menor TRH.

Para los distintos procesos, los TRH pueden ser muy variables como se muestran en la tabla 21.

FERMENTACIÓN	TRH
Psicofílicos	de 50 a 120 días
Mesofílicos	de 25 a 50 días
Termofílicos	de 15 a 25 días

Tabla 21. Valores de TRH según el proceso.

Fuente: Elaboración propia en base a (Ministerio de Energía del Gobierno de Chile, 2011)

Este tiempo, depende de la temperatura de la región donde se vaya a instalar el biodigestor. Así, a menores temperaturas se requiere un mayor tiempo de retención que será necesario para que las bacterias que tendrán menor actividad tengan tiempo de digerir el lodo y de producir biogás. (BUHIGAS, 2010)

En este caso, debido a que el municipio de Necochea presenta un clima templado y cálido, se considerará un tiempo de retención hidráulica de 38 días, valor promedio del rango de valores de TRH del proceso mesofílico.

En un sistema de carga diaria (régimen semicontinuo), el tiempo de retención va a determinar el volumen diario de carga que será necesario para alimentar al digestor, ya que se tiene la relación que muestra la ecuación 2.

$$\text{Volumen de carga diaria (m}^3/\text{día)} = \frac{\text{Volumen del biodigestor (m}^3\text{)}}{\text{TRH (días)}} \quad (2)$$

- Velocidad de carga orgánica

La velocidad de carga orgánica es la cantidad de materia orgánica introducida por unidad de volumen y tiempo. El incremento de esta velocidad implica una reducción en la producción de gas por unidad de materia orgánica introducida, debiendo encontrar un valor óptimo técnico/económico para cada instalación y residuo a tratar.

- Contenido de sólidos
 - Materia seca (MS) o sólidos totales (ST)

La materia seca (MS) o sólidos totales (ST) es la cantidad de material que queda cuando se seca una muestra fresca en estufa a 105,5°C durante 24 horas y se le extrae toda el agua que contiene. En otras palabras, es la cantidad de sólidos que puede haber en una mezcla.

De acuerdo con el contenido de MS del sustrato a degradar, los procesos y tecnologías pueden dividirse en tres grandes grupos:

- Biodigestión húmeda: ocurre en un medio líquido con porcentajes de sólidos que van del 1% al 15-17%.
- Biodigestión líquida: se produce mediante procesos y tecnologías desarrollados para tratar grandes cantidades de efluentes netamente líquidos, con porcentajes de sólidos que rara vez superan el 1%.
- Biodigestión seca y/o semiseca: se desarrolla con tecnologías que permiten tratar residuos con contenidos de MS superiores al 20%.

Matemáticamente se presenta como en la ecuación 3.

$$\% \text{ ST: porcentaje de Sólidos Totales} = \frac{\text{gramos de Sólidos Totales}}{100 \text{ gramos de mezcla}} \quad (3)$$

El porcentaje de sólidos totales contenidos en la mezcla con que se carga el digestor es muy importante, ya que la movilidad de las bacterias se ve crecientemente limitada a medida que se aumenta el contenido de sólidos y por lo tanto puede verse afectada la eficiencia y producción de gas. Experimentalmente se ha demostrado que una carga en digestores continuos no debe tener más de entre un 6% a 12 % de sólidos totales para asegurar el buen funcionamiento del proceso, a diferencia de los digestores discontinuos, que funcionan entre un 40 a 60% de sólidos totales. (Subsecretaría de energías renovables, 2021)

Diseño de un plan de separación en origen, logística y post tratamiento de residuos sólidos urbanos orgánicos para el Partido de Necochea

- Sólidos volátiles

Los sólidos volátiles (SV) son los sólidos que volatilizan a altas temperaturas, superiores a 550°C.

La producción de biogás está relacionada con los sólidos volátiles ya que es un parámetro que cuantifica la cantidad de materia orgánica disponible para los microorganismos y por tanto susceptible de ser transformada en biogás.

Matemáticamente se presenta como en la ecuación 4.

$$\% SV: \text{porcentaje de Sólidos Volátiles} = \frac{\text{gramos de Sólidos Volátiles}}{100 \text{ gramos de Sólidos Totales}} \quad (4)$$

Para calcular las mezclas, se debe saber cuál es el contenido de sólidos del sustrato, para ello se cuenta con los datos de la tabla 22.

RESIDUO	% ST	% SV
FORSU	19,6	90,6

Tabla 22. Porcentaje de sólidos totales y sólidos volátiles para FORSU.

Fuente: Elaboración propia en base a (Subsecretaría de energías renovables, 2021)

- Presencia de inhibidores

Existe una gran cantidad de compuestos biológicos y/o químicos que en determinadas concentraciones pueden inhibir el proceso de biodigestión como se muestra en la tabla 23.

INHIBIDORES	CONCENTRACIÓN INHIBIDORA
SO ₄	5.000 ppm
NaCl	40.000 ppm
Nitrato	0,05 mg/ml
Cu	100 mg/l
Cr	200 mg/l
Ni	200-500 mg/l
CN	25 mg/l
ABS (detergente sintético)	20-40 mg/l
Na	3.500-5.500 mg/l
K	2.500-4.500 mg/l

Ca	2.500-4.500 mg/l
Mg	1.000-1.500 mg/l

Tabla 23. Ejemplos de inhibidores y concentraciones inhibitoras.

Fuente: Elaboración propia en base a (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura, 2019)

Conocer la presencia de inhibidores resulta importante, sobre todo, cuando se trabaja con efluentes o residuos urbanos que pueden tener altas concentraciones de químicos propios de la actividad humana, inhibidores de los procesos biológicos.

- Relación carbono/nitrógeno

El carbono y el nitrógeno son las principales fuentes de alimentación de las bacterias metanogénicas. El carbono constituye la fuente de energía y el nitrógeno es utilizado para la formación de nuevas células.

La relación carbono/nitrógeno (C/N) expresa la proporción entre esos componentes en un sustrato orgánico. En función del tipo de material orgánico con que se alimente al biodigestor, la relación C/N puede no ser la mejor para que los procesos biológicos ocurran, lo que disminuirá la eficiencia del sistema.

Cuando la relación de C/N es muy estrecha (10:1) hay pérdidas de nitrógeno asimilable, lo cual reduce la calidad del material digerido. Pero, si la relación es muy amplia (40:1) se inhibe el crecimiento de las bacterias debido a falta de nitrógeno. Por lo tanto, el rango óptimo dentro del biodigestor es de 20:1 a 30:1.

Cuando no se tiene un residuo con una relación C/N inicial apropiada, es necesario realizar mezclas de materias en las proporciones adecuadas para obtener la relación C/N óptima. Para la fracción orgánica de residuos sólidos urbanos la relación de C/N es de 30:1.

- Relación ácidos orgánicos volátiles/ carbonato inorgánico total

El análisis de ácidos orgánicos volátiles (FOS) y carbonato inorgánico total (TAC) fue desarrollado por el Centro Federal Alemán de Investigación Agrícola a partir de un test de valoración (Método Nordmann), para determinar el cociente de la concentración ácida y la capacidad compensadora del sustrato de fermentación. Este parámetro de control sirve como valor guía para evaluar el proceso de fermentación y se mide en miligramos de carbonato de calcio por litro (mg CaCO₃/l).

Es de gran importancia este parámetro ya que permite detectar a tiempo posibles problemas, hasta el inminente vuelco de la fase biológica del digestor, y tomar contramedidas inmediatamente como se observa en la tabla 24.

RELACIÓN FOS/TAC	ANTECEDENTES	MEDIDA
>0,6	Excesiva sobrealimentación de biomasa	Interrumpir la adición de biomasa
0,5-0,6	Excesiva entrada de biomasa	Agregar menos biomasa
0,4-0,5	La planta está muy cargada	Vigilar la planta más estrechamente
0,3-0,4	La producción de biogás es máxima	Mantener constante la entrada de biomasa
0,2-0,3	La entrada de biomasa es muy baja	Aumentar lentamente la entrada de biomasa
<0,2	La entrada de biomasa es bajísima	Aumentar rápidamente la entrada de biomasa

Tabla 24. Reglas empíricas para la evaluación de relaciones FOS/ TAC.

Fuente: Elaboración propia en base a (Ministerio de Energía del Gobierno de Chile, 2011)

Cada planta tiene su propio valor óptimo de FOS/TAC, que sólo puede determinarse mediante una observación de largo plazo y controles regulares debido a la gran dependencia del sustrato. Se considera que una relación FOS/TAC es normal si se encuentra entre 0,3 y 0,4.

- Agitación o mezclado

Mediante este proceso se busca la remoción de los metabolitos producidos por las bacterias metanogénicas, mezclado del sustrato fresco con la población bacteriana, evitar la formación de costra dentro del digestor, uniformar la densidad bacteriana y evitar la formación de espacios “muertos” sin actividad biológica que reducirían el volumen efectivo del reactor, prevenir la formación de espumas y la sedimentación en el reactor. A la hora de seleccionar el sistema, la frecuencia y la intensidad de agitación se debe tener en cuenta que el proceso anaeróbico involucra un equilibrio simbiótico entre varios tipos de bacterias. Romper este equilibrio generará una merma en la actividad biológica y como consecuencia, una reducción en la producción de biogás.

La agitación conlleva a aumentar la producción de gas y disminuir el THR, esto es por cuatro razones:

- Distribución uniforme de la temperatura y sustrato en el interior del biodigestor.
- Distribución uniforme de los productos, tanto intermedios como finales.
- Mayor contacto entre el sustrato y las bacterias, evitando la formación de cúmulos alrededor de las bacterias.

- Evitar la acumulación de lodo en la parte superior del digestor, también llamada “nata” o “espuma” que dificulta la salida del biogás.

Se pueden distinguir 3 tipos de agitación:

- Mecánica: a través de agitadores manuales o con motores eléctricos.
- Hidráulica: a través de bombas de flujo lento se hace recircular la biomasa.
- Burbujeo de biogás: se recircula el biogás producido al fondo del biodigestor por medio de cañerías, para producir burbujeo y de esta forma el movimiento de la biomasa.

4.6.5. Productos de la digestión anaerobia

Los productos de la digestión anaerobia son el biogás y el bioabono. Por un lado, la producción total de gas depende fundamentalmente de la cantidad de alimento consumido por las bacterias o, dicho de otra forma, de la cantidad de sustrato eliminado en el proceso. Cuando el biogás tiene un contenido de metano superior al 45% es inflamable.

Por otro lado, el bioabono es una solución orgánica estabilizada que tiene valor como fertilizante y por ello puede ser utilizado en irrigación de pastos y cultivos. Sus características dependen en gran medida del tipo de tecnología y de las materias primas utilizadas para la digestión. Durante el proceso anaeróbico, parte de la materia orgánica se transforma en metano, por lo que el contenido en materia orgánica es menor al de las materias primas. Gran parte de la materia orgánica de este producto se ha mineralizado, por lo que normalmente aumenta el contenido de nitrógeno amoniacal y disminuye el nitrógeno orgánico.

Una evaluación de la presencia de organismos patógenos es recomendable para disminuir los riesgos en la salud pública en el momento de la aplicación. En función de la carga usada y el proceso seguido, puede presentarse de dos formas: líquida y sólida.

- Bioabono en forma líquida: proveniente de digestores continuos con una alta tasa de carga y un bajo contenido de sólidos totales (inferior al 12%). El inconveniente de este es su comercialización por el estado físico de su presentación.
- Bioabono en forma sólida: proveniente de digestores batch o semicontinuos con buen poder fertilizante, que luego de ser secado puede comercializarse sin problemas.

El bioabono no deja residuos tóxicos en el suelo, sino que eleva la calidad del mismo y puede considerarse como un buen fertilizante que puede competir o complementarse con los fertilizantes químicos.

4.7. Biodigestores

4.7.1. Tecnologías de biodigestión

Son diversas las tecnologías que se han desarrollado en el ámbito industrial para la biometanización de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos. Principalmente hay dos tipos de tecnologías: las “secas” y las “húmedas”.

Las primeras tratan a los residuos con una elevada sequedad (típicamente con un 35 % de sólidos totales o materia seca). Es menos selectiva en lo referido a los costosos procesos de selección de los RSU antes del tratamiento anaeróbico, presenta menos problemas en los cuidados y mantenimiento de las instalaciones y genera un volumen de producción de biogás por tonelada de materia orgánica muy similar a los procesos llevados a cabo en la biodigestión húmeda. La digestión en seco aplicada a gran escala puede llevarse a cabo en un sistema continuo o discontinuo. Sin embargo, generalmente se clasifica como un sistema de producción de biogás discontinuo porque la producción atiende a las secuencias de carga y descarga entre los procesos de generación del gas. Aunque operando varios digestores en paralelo permitirían una producción constante de biogás en el tiempo. No obstante, es necesario mencionar que esta tecnología no es tan operativa en nuestro país para FORSU.

Algunas de las características y ventajas de la digestión anaeróbica seca son:

- Mayor porcentaje de consistencia en materia sólida por cantidad de sólidos totales que en la digestión anaeróbica húmeda.
- Necesidad de menos calor y menor consumo de energía en el proceso de biodigestión.
- Sistema con mayor tolerancia a la aparición de contaminantes o materiales impropios al proceso de biodigestión.
- Posibilidad de necesitar containers o recipientes de almacenamiento móviles donde se desarrolla el proceso.
- Posibilidad de gestión de varios digestores simultáneamente.
- Proceso más simple ya que requiere de menos equipamiento, mantenimiento e instalaciones (tuberías, agitadores, alimentadores).
- Producción de digestato sólido directamente aplicable, similar a los fertilizantes orgánicos.
- Uso de varios sustratos por cada número de digestores.

Las desventajas de la digestión anaeróbica seca son:

- Requiere de instalaciones o maquinaria espacial para llevar a cabo las labores de carga y descarga del digestor.

- Necesidad de sistemas de gestión para la variación de la producción de biogás y la temperatura que se alcanza en el proceso que se desarrolla en los digestores tipo garaje.
- Residuos orgánicos no totalmente mezclados en los depósitos de digestión.
- El proceso microbiano ha de controlarse y comenzar para cada lote de residuos orgánicos en sistemas discontinuos de digestión anaeróbica seca, los más comunes.
- Mayores volúmenes requeridos en los espacios de digestión debido a las características que presentan los residuos orgánicos en su forma seca.

En cambio, el proceso húmedo (contenidos en materia seca del alimento entre el 1 y 15-17%) es por el que mayormente se opta. Procesar biomasa en un digestor húmedo tiene como principal ventaja que permite, debido a la alta cantidad de humedad del medio, la realización de una mezcla óptima de los distintos elementos que componen los residuos y, debido a la mayor interacción entre sus partes, un alto rendimiento en el proceso de generación de gas. En algunas partes del proceso los costes de operación son más reducidos que en el tipo de procesamiento llevado a cabo con la materia en seco, debido a la naturaleza fluida del propio tratamiento por vía húmeda y al ahorro en transporte mecánico de los residuos a introducir en el proceso, que en este caso llegan por tuberías hasta el tanque de digestión. Además, la fermentación de la materia presenta menos riesgo de separación entre las partículas al estar trabajando en un medio húmedo con agitadores, lo que conlleva un menor grado de disgregación y separación entre partículas. (COSSIO, 2018).

En general, las plantas de digestión húmeda son más rentables en términos de costo de capital específico por tonelada de residuos tratados y por m³ de biogás producido; y también tienen mayor productividad de biogás que las plantas de biodigestión seca.

Así pues, las ventajas de la digestión anaeróbica húmeda en comparación con la digestión seca son:

- Mayor flexibilidad funcional en el tratamiento de los materiales en los procesos de tratamiento.
- Menor inversión y costes operativos en plantas de moderado tamaño, en comparación con la digestión seca, la cual en la mayoría de los casos requiere de plantas en las que se ha de manejar grandes volúmenes de material para rentabilizar el proceso.
- Desulfuración biológica integrada en el proceso anaeróbico al que se someten los residuos orgánicos.

De la misma forma, la digestión anaeróbica húmeda requiere para el buen fin del proceso de las siguientes condiciones:

- Necesidad de agregar líquido al sustrato para aumentar su porcentaje de humedad y reducir la materia seca de la mezcla con el fin de facilitar el tránsito de los materiales a descomponer por las inmediaciones en las que se van a llevar a cabo los procesos de descomposición.
- Requerimiento de un sofisticado equipo de mezcladores y agitadores para evitar la precipitación fraccionada hacia el fondo del tanque del material a digerir en el proceso.
- Contar con recursos energéticos ajenos al proceso para el funcionamiento de las instalaciones como bombas y agitadores.
- Menor contenido de materia seca en los materiales biológicos a introducir en el proceso húmedo.
- Producción de un digestato húmedo al que le es necesario una serie de aplicaciones en instalaciones adicionales antes de poder ser utilizado como fertilizante en los casos de aplicación de este a la tierra.

4.7.2. Análisis de alternativas

Considerando que usualmente el porcentaje de sólidos totales que se presenta en FORSU es de aproximadamente 19,6% (Subsecretaría de energías renovables, 2021), existen distintos tipos de biodigestores que son adecuados para tratar este tipo de residuos:

- **Biodigestores semicontínuos o continuos húmedos sin manejo del sustrato**

Estos biodigestores abarcan los sistemas que trabajan con un contenido de materia seca de entre 1 y 15 - 17% en la mezcla. Esta puede ser nula, parcial o completa, en función del nivel tecnológico. Pueden ser de distintos tipos. (Ver Anexo 7.IV)

- **Biodigestores semicontínuos o continuos semihúmedos sin manejo del sustrato.**

Este tipo de biodigestores funciona con mezclas de alimentación que contienen entre 25 y 35% de MS. Son idóneos para trabajar con FORSU, con sustratos que contengan bajo contenido de humedad o en zonas en las que no se cuenta con recursos hídricos para diluir las mezclas. Hay distintos diseños para estos reactores y pueden ser de flujo horizontal o vertical. Para el movimiento de la mezcla de alimentación y del digerido se utilizan bombas de tipo hormigoneras.

Estos sistemas tienen la ventaja de que son menos sensibles a la presencia de materiales inertes en la mezcla de alimentación y no producen espuma y/o costra en el interior del reactor. Si bien las cantidades de líquidos que se deben manipular se reducen

Diseño de un plan de separación en origen, logística y post tratamiento de residuos sólidos urbanos orgánicos para el Partido de Necochea

con respecto a una planta de digestión húmeda, estos reactores deben contemplar algún sistema para separar el digerido sólido del líquido (prensa helicoidal y/o centrífuga), para su posterior utilización o tratamiento.

- **Biodigestores semicontinuos o continuos secos sin manejo del sustrato.**

Existen sistemas, normalmente denominados “bioceldas”, que sirven como biodigestores para sustratos con alto contenido de sólidos (hasta 50% MS).

El proceso es muy similar al que ocurre naturalmente en los rellenos sanitarios, con la diferencia de que la fase anaeróbica se encuentra totalmente controlada, lo que permite tener una producción de biogás por tonelada de sustrato más eficiente. El THR para estos sistemas es de aproximadamente 28 días, con valores de 25 a 50% de MS.

El mayor desarrollo tecnológico se encuentra en los portones, que se abren para llenar cada compartimiento y luego se cierran, garantizando hermeticidad y la anaerobiosis dentro de cada reactor. También es importante el manejo de los lixiviados, ya que se recirculan de modo de mantener el medio con la humedad óptima para el desarrollo de las bacterias metanogénicas. Luego del pasaje por las bioceldas, suele realizarse un tratamiento aeróbico, a fin de terminar de estabilizar la materia orgánica para su uso. Si bien estos sistemas tienen una menor eficiencia de producción de biogás comparados con los reactores húmedos o semihúmedos, presentan ciertas ventajas que los hacen apropiados para el tratamiento de FORSU en centros urbanos. Algunas de ellas son las que se mencionan a continuación:

- No necesitan sistema de agitación interna.
- Son robustos y resisten la presencia de inertes pesados y/o plásticos.
- No presentan cortocircuitos hidráulicos.
- Tienen baja pérdida de sustancia biodegradable durante el pretratamiento.
- Resisten picos de concentración de sustratos o sustancias tóxicas.
- Realizan pretratamientos mínimos y más económicos.
- Demandan agua en cantidad reducida en el proceso.
- Requieren calentar mínimamente el reactor anaeróbico.

4.7.3 Matriz de ponderación para la selección de la alternativa tecnológica

La matriz de ponderación es una herramienta que permite organizar las alternativas según los criterios que posean. De esta manera, se vuelve sencillo visualizar los aspectos positivos y negativos que sostienen, es por ese motivo que se utilizó la matriz ponderación para seleccionar el tipo de tecnología que mejor se adapte a las condiciones del proyecto. Las alternativas a considerar son:

- Alternativa A: Biodigestores semicontinuos o continuos húmedos sin manejo del sustrato.
- Alternativa B: Biodigestores semicontinuos o continuos semihúmedos sin manejo del sustrato.
- Alternativa C: Biodigestores semicontinuos o continuos secos sin manejo del sustrato.

4.7.3.1. Descripción y ponderación de los criterios considerados para la selección del tipo de tecnología

Los criterios considerados para tomar en cuenta en la selección del tipo de biodigestor, se basan en los conceptos, características y ventajas de cada tipo de tecnología mencionadas anteriormente. A continuación, se presenta en la tabla 25 el peso ponderado de cada criterio a evaluar para la selección de la tecnología.

El peso otorgado a cada criterio expresa la importancia relativa del mismo, por ello se asigna una ponderación entre 0 (no importante) y 1 (muy importante) considerando que el total de todos los pesos en su conjunto debe dar como resultado la suma de 1.

CRITERIOS	DESCRIPCION	PESO
Contenido de sólido del sustrato	Priorizar la tecnología que mejor se adecue al porcentaje de sólidos totales que se presenta en FORSU.	0,25
Eficiencia en producción de biogás	Priorizar la tecnología que proporcione una mayor producción de biogás.	0,25
Costos de operación	Priorizar la tecnología que requiera menor costo para su gestión y mantenimiento (manejo/aplicación del digestato).	0,1
Consumo de agua	Priorizar la tecnología que requiera un menor consumo de agua para su funcionamiento y construcción y/o que pueda facilitar el ahorro de agua para el funcionamiento del digestor.	0,1
Aceptación de la tecnología	Priorizar la tecnología que tenga un mayor grado de aceptación en función del contexto actual y cultural (por ejemplo, una tecnología que ya esté consolidada).	0,15
Complejidad de la tecnología	Priorizar la tecnología que sea menos compleja para su uso.	0,15
TOTAL		1,00

Tabla 25. Ponderación de los criterios a evaluar para la selección de la tecnología.

Fuente: Elaboración propia.

4.7.3.2. Calificación de cada criterio

La manera de calificar a los criterios considerados en la matriz de ponderación se detalla a continuación:

Contenido de sólido del sustrato

Se otorga (1) a muy baja adecuación al porcentaje de sólidos totales que presenta la fracción orgánica de residuos sólidos urbanos y (5) a muy alta adecuación al porcentaje de sólidos totales que presenta la fracción orgánica de residuos sólidos urbanos.

- Alternativa A: se ha considerado una muy alta adecuación al porcentaje de sólidos totales que presenta la fracción orgánica de residuos sólidos urbanos (5) ya que estos biodigestores abarcan los sistemas que trabajan con un contenido de materia seca de entre 1 y 15-17% en la mezcla.
- Alternativa B: se ha considerado una media adecuación al porcentaje de sólidos totales que presenta la fracción orgánica de residuos sólidos urbanos (3) ya que estos tipos de biodigestores funcionan con mezclas de alimentación que contienen entre 25 y 35% de materia seca.
- Alternativa C: se ha considerado una baja adecuación al porcentaje de sólidos totales que presenta la fracción orgánica de residuos sólidos urbanos (2) ya que existen sistemas, normalmente denominados "bioceldas", que sirven como biodigestores para sustratos con alto contenido de sólidos (hasta 50% de materia seca).

Eficiencia en producción de biogás

Se otorga (1) a muy baja eficiencia de producción de biogás y (5) a muy alta eficiencia de producción de biogás.

- Alternativa A / Alternativa B: se ha considerado una muy alta eficiencia de producción de biogás (5) debido a que tienen mayor productividad de biogás que las plantas de biodigestión seca.
- Alternativa C: se ha considerado una media eficiencia de producción de biogás (3) ya que estos sistemas presentan una menor eficiencia de producción de biogás comparados con los reactores húmedos o semihúmedos.

Costos de operación

Se otorga (1) a muy alto costo de operación y (5) a muy bajo costos de operación.

- Alternativa A / Alternativa B: se ha considerado un costo de operación alto (2) debido a que en algunas partes del proceso los costes de operación son más reducidos que en el tipo de procesamiento llevado a cabo con la materia en seco.

Diseño de un plan de separación en origen, logística y post tratamiento de residuos sólidos urbanos orgánicos para el Partido de Necochea

- Alternativa C: se ha considerado un costo de operación medio (3) debido a que presenta una necesidad menor de calor y consumo de energía en el proceso de biodigestión. Además, presenta menos problemas en los cuidados y mantenimiento de las instalaciones.

Consumo de agua

Se otorga (1) a muy alto requerimiento de consumo agua y (5) a muy bajo requerimiento de consumo de agua.

- Alternativa A: se ha considerado un requerimiento alto de agua (2) debido a la necesidad de agregar líquido al sustrato para aumentar su porcentaje de humedad y reducir la materia seca de la mezcla con el fin de facilitar el tránsito de los materiales a descomponer por las inmediaciones en las que se van a llevar a cabo los procesos de descomposición.
- Alternativa B: se ha considerado un requerimiento medio de agua (3) ya que son sistemas idóneos para trabajar con FORSU, con sustratos que contengan bajo contenido de humedad o en zonas en las que no se cuenta con recursos hídricos para diluir las mezclas.
- Alternativa C: se ha considerado un bajo requerimiento de agua (4) debido a que son sistemas que demandan agua en cantidad reducida en el proceso.

Aceptación de la tecnología

Se otorga (1) a muy bajo grado de aceptación y (5) a muy alto grado de aceptación.

- Alternativa A/ Alternativa B: se ha considerado un grado de aceptación muy alto (5) debido a que es la tecnología más utilizada para el tratamiento de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos en nuestro país.
- Alternativa C: se ha considerado un grado de aceptación medio (3), ya que es una tecnología actualmente poco utilizada.

Complejidad de la tecnología

Se otorga (1) a muy alta complejidad de la tecnología y (5) a muy baja complejidad de la tecnología.

- Alternativa A: se ha considerado una alta complejidad de la tecnología (2) debido al requerimiento de un sofisticado equipo de mezcladores y agitadores para evitar la precipitación fraccionada hacia el fondo del tanque del material a digerir en el proceso.
- Alternativa B: se ha considerado una alta complejidad de la tecnología (2) ya que, si bien las cantidades de líquidos que se deben manipular se reducen con respecto a una planta de digestión húmeda, estos reactores deben contemplar algún sistema

Diseño de un plan de separación en origen, logística y post tratamiento de residuos sólidos urbanos orgánicos para el Partido de Necochea

para separar el digerido sólido del líquido (prensa helicoidal y/o centrífuga), para su posterior utilización o tratamiento.

- Alternativa C: se ha considerado una media complejidad de la tecnología (3) al ser un proceso más simple, requiere de menos equipamiento, mantenimiento e instalaciones (tuberías, agitadores, alimentadores).

4.7.3.3. Selección de la alternativa tecnológica

En la tabla 26 se presenta la matriz de ponderación para la selección de la alternativa tecnológica más adecuada.

CRITERIOS		ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS		
DESCRIPCION	PESO	A	B	C
Contenido de sólido del sustrato	0,25	5	3	2
Eficiencia en producción de biogás	0,25	5	5	3
Costo de operación	0,1	2	2	3
Consumo de agua	0,1	2	3	4
Aceptación de la tecnología	0,15	5	5	3
Complejidad de la operación del sistema	0,15	2	2	3
TOTAL PUNTOS		3,95	3,55	2,85
PORCENTAJE ALCANZADO		79 %	71%	57%

Tabla 26. Matriz de ponderación.

Fuente: Elaboración propia

Los resultados presentados muestran que para el proyecto la mejor alternativa tecnológica está dada por la alternativa A: biodigestores semicontinuos o continuos húmedos sin manejo de sustrato, debido a que presenta un mayor porcentaje de aceptabilidad en comparación con la alternativa B: Biodigestores semicontinuos o continuos semihúmedos sin manejo del sustrato y la alternativa C: Biodigestores semicontinuos o continuos secos sin manejo del sustrato.

Además, para profundizar en como hoy en día son utilizadas estas tecnologías y cual tiene mayor aplicabilidad en Argentina, durante la entrevista con los ingenieros Sebastián Longhi y Santiago Lenzi se analizaron las distintas características de las tecnologías y se optó por trabajar mediante una digestión húmeda y, en consecuencia, con

Diseño de un plan de separación en origen, logística y post tratamiento de residuos sólidos urbanos orgánicos para el Partido de Necochea

biodigestores semicontinuos o continuos húmedos sin manejo de sustrato. Esto se debe principalmente a que es la tecnología más utilizada para el tratamiento de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos en nuestro país y, además, permite obtener mayor producción de biogás.

4.7.4. Dimensionamiento del biodigestor

Para dimensionar un biodigestor existen tres factores importantes que se deben considerar:

- La carga diaria que tendrá el biodigestor

Como se mencionó anteriormente, aproximadamente el 56% de la composición de los residuos sólidos urbanos del municipio de Necochea corresponderán a desechos alimenticios y residuos de poda y jardín, obteniéndose de esta forma una producción diaria de 42.410 kilogramos. Una de las características importantes de los residuos sólidos es su densidad, este valor es utilizado en la fase de recolección y disposición final. El valor de la densidad de los residuos en la actualidad oscila entre 170-180 kg/m³. Estos valores varían en función de las zonas geográficas, pero también dentro de una misma zona se tienen variaciones entre municipios rurales y núcleos urbanos. Incluso dentro de una misma ciudad hay diferencias entre los barrios periféricos y la zona céntrica. En los contenedores, la densidad suele ser de 100-300 kg/m³, y en los vehículos de compactación, puede llegar hasta 600 kg/m³. (Beverly Karold Henry Allen, 2011)

- La temperatura de trabajo

La temperatura de trabajo es útil para definir y dimensionar un biodigestor, porque puede generar grandes variaciones en el tamaño del biodigestor.

La temperatura por la que anteriormente se optó para este proyecto es de aproximadamente 30 °C.

- El tiempo de retención hidráulica

En este caso se considerará un tiempo de retención hidráulica de 38 días.

4.7.4.1. Alimentación del biodigestor

El desecho orgánico debe diluirse en agua para poder alimentar el biodigestor. Esto permite facilitar la acción de las bacterias anaeróbicas y a su vez, producir biogás y fertilizante.

Un contenido insuficiente de agua en la mezcla que alimenta al biodigestor ocasiona que las bacterias y otros microorganismos no obtengan el entorno apropiado para que puedan funcionar efectivamente y la cantidad de biogás producido será pequeña.

La producción diaria de 42.410 kilogramos de desechos alimenticios y residuos de poda y jardín corresponde al volumen (o masa) que se debe agregar al digestor todos los

Diseño de un plan de separación en origen, logística y post tratamiento de residuos sólidos urbanos orgánicos para el Partido de Necochea

días, independientemente de la dilución del sustrato. Por lo tanto, para saber la dilución, o cuanto sustrato se debe agregar, debe realizarse el balance de masa con la ecuación 5.

$$M1 * C1 = M2 * C2 \quad (5)$$

Siendo:

M1 = masa de sustrato (kg).

C1 = contenido de sólidos (%ST) del sustrato puro, sin agregado de agua. Se considera que el porcentaje de sólidos totales en FORSU es de 19,6% como se mencionó anteriormente.

M2 = masa total de la mezcla sustrato + agua (kg).

C2 = contenido de sólidos (%ST) del sustrato con agregado de agua. En los digestores semicontinuos no se debe tener más de un 8% a 12 % de sólidos totales para asegurar el buen funcionamiento del proceso, es por ello que se propone que sea igual al promedio del rango que se estableció en la digestión húmeda, es decir 10%). (Ministerio de Energía del Gobierno de Chile, 2011)

En este caso, se busca determinar la masa total que se encuentra conformada por el sustrato y el agua que deberá agregarse para trabajar en las condiciones de una digestión húmeda. De la ecuación 5 se obtiene:

$$M2 = (M1 * C1) / C2 = (42.410 \text{ kg} * 19,6\%) / 10\% = 83.120 \text{ kg}$$

A partir de M1 y M2 se puede calcular la masa de agua que deberá agregarse para generar una correcta dilución, para ello se utiliza la ecuación 6.

$$\text{Masa de agua agregada} = M2 - M1 \quad (6)$$

$$\text{Masa de agua agregada} = 83.120 \text{ kg} - 42.410 \text{ kg} = 40.710 \text{ kg de agua}$$

Según lo establecido previamente y utilizando la ecuación 2, se calcula de la siguiente forma el volumen teórico del biodigestor.

$$\text{Volumen teórico del biodigestor (m}^3\text{)} = \text{cantidad de carga por día (m}^3\text{/día)} * \text{TRH (días)}$$

Volumen teórico del biodigestor

$$\begin{aligned} &= \left[\left(\frac{42.410 \text{ kg sustrato / día}}{600 \text{ kg/m}^3} \right) + \left(\frac{40.710 \text{ kg agua / día}}{1.000 \text{ kg/m}^3} \right) \right] * 38 \text{ días} \\ &= \left[70,68 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} + 40,71 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} \right] * 38 \text{ días} = 4.233 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

El biodigestor se compone de dos zonas, una parte gaseosa donde se acumula el biogás generado por la biodigestión y una parte líquida que corresponde a la biomasa o sustrato, como se observa en la ecuación 7. El 30% corresponde a la parte gaseosa del total del biodigestor, mientras que la parte líquida corresponde al 70% del mismo, de tal manera el volumen útil será la suma de ambos como muestra la ecuación 7.

$$\text{Volumen útil del biodigestor} = \text{volumen liquido} + \text{volumen gas} \quad (7)$$

Diseño de un plan de separación en origen, logística y post tratamiento de residuos sólidos urbanos orgánicos para el Partido de Necochea

$$\text{Volumen útil del biodigestor} = 4.233 \text{ m}^3 + 0,3 * (4.233 \text{ m}^3) = 5.503 \text{ m}^3$$

Además, se considerará para el dimensionamiento del biodigestor un porcentaje de seguridad, o también llamado borde libre. Este valor por lo general es de 1 m o el equivalente al 20% del volumen útil calculado para cubrir eventuales variaciones en la producción de biomasa y además, absorber las fluctuaciones y crecimientos en la generación de residuos en la temporada estival. En este caso se seleccionará la segunda opción como se indica en la ecuación 8.

$$\begin{aligned} \text{Volumen total del biodigestor} &= \text{volumen útil} + 0,2 * \text{volumen útil} \quad (8) \\ &= 5.503 \text{ m}^3 + 0,2 * (5.503 \text{ m}^3) = 6.604 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Como el biodigestor que se debe construir para tratar los residuos estimados que se generan es de gran dimensión, se propone realizar tres biodigestores con una capacidad de 2.200 m³ cada uno.

Durante la entrevista con el Ing. Lenzi y el Ing. Longhi, se discutió acerca del volumen apropiado de un biodigestor según sus experiencias en este tipo de proyectos, concluyendo en conjunto que es una mejor opción realizar varios biodigestores de menor tamaño que uno solo con un volumen mayor. Por esta razón, se dividió de forma equitativa el volumen total obtenido en tres de igual dimensión e independientes con el objetivo de:

- Realizar los mantenimientos correspondientes a cada biodigestor sin dejar fuera de funcionamiento todos al mismo tiempo y de esta forma poder continuar con la producción biogás.
- Mantener el servicio en caso de que uno de los biodigestores quede fuera de utilidad.
- Poder responder ante fluctuaciones en la generación de la fracción orgánica para la carga, dejando fuera de servicio alguno sin afectar al resto.

4.7.4.2. Estimación de la producción de biogás

En condiciones normales, el proceso de digestión anaeróbica produce 360 litros de metano por cada kilogramo de sólidos volátiles de residuos sólidos urbanos, con un poder calorífico del biogás, debido al metano, de entre 4.000 y 5.500 kcal/m³, dependiendo la producción de la cantidad de sustrato orgánico consumido en el proceso por las bacterias (Vogt, 2002). Es decir, salvo por el contenido en H₂S, es un combustible ideal, con unas equivalencias con otras fuentes de energía que se muestran en la figura 14.



Figura 14. Equivalencia de biogás con otras fuentes de energía.

Fuente: (BESEL S.A, 2007)

En este caso, la cantidad de residuos que ingresan al biodigestor es de 42.410 kg/día, sabiendo que el 19,6 % corresponde a sólidos totales se obtiene que aproximadamente ingresan 8.312 kg/día de los mismos. Considerando que el 90,6 % de los sólidos totales corresponden a sólidos volátiles, se determina que la cantidad de sólidos volátiles que se tienen de los residuos es de aproximadamente 7.531 kg/día.

Una vez obtenida la cantidad de SV que se tienen por día en los residuos se procede a estimar la producción diaria de biogás mediante la ecuación 9.

$$\begin{aligned}
 \text{Producción biogás (m}^3/\text{día)} &= \\
 &\text{cantidad residuo diario (kg SV residuos/día)} * \\
 &\text{equivalente de producción de biogás del residuo (m}^3 \text{ biogás/kg SV residuo)} \quad (9) \\
 \text{Producción biogás (m}^3/\text{día)} &= 7.531(\text{kg SV residuos/día}) * 0,36(\text{m}^3 \text{ biogás/kg SV residuo}) \\
 &= 2.711 \text{ m}^3/\text{día}
 \end{aligned}$$

La cantidad de energía eléctrica que se puede producir en un grupo electrógeno dependerá del porcentaje de metano que tenga el biogás además de las características propias de cada equipo. Por lo general, para grupos de potencias superiores a 500 kVa, la eficiencia puede llegar al 42% con una conversión capaz de alcanzar incluso valores de 2,2 kWh por metro cúbico de biogás. En cambio, en grupos de baja potencia el rendimiento es cercano al 35%, y se entiende que se puede producir 1,72 kWh por metro cúbico de biogás.

A continuación, se procede a estimar la producción diaria de energía eléctrica mediante la ecuación 10.

$$\begin{aligned} \text{Producción energía eléctrica (kWh/día)} &= \\ \text{cantidad de biogas (m}^3/\text{día)} * \text{equivalente producción de energía eléctrica (kWh/m}^3 \text{ biogás)} & \\ (10) & \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Producción energía eléctrica (kWh/día)} &= 2.711 \text{ (m}^3/\text{día)} * 1,72 \text{ (kWh/m}^3 \text{ biogás)} \\ &= 4.663 \text{ kWh/día} \end{aligned}$$

4.7.4.3. Estimación de la producción de biofertilizantes

El cálculo de la cantidad de biofertilizante que puede producir un biodigestor y su composición físico-química está ligado al sustrato que se utilice como carga y a la eficiencia del biodigestor. Desde el punto de vista del volumen, se obtiene aproximadamente un 90-95% de lo que ingresó en un biodigestor; sin embargo, la composición química del digerido puede variar significativamente. Utilizando la ecuación 11, se realiza la estimación de la cantidad de biofertilizante que puede generarse.

$$\begin{aligned} \text{Cantidad biofertilizante (m}^3/\text{día)} &= \text{porcentaje de eficiencia} * \text{cantidad de carga al día} \\ & \text{(m}^3/\text{día)} \quad (11) \end{aligned}$$

$$\text{Cantidad biofertilizante (m}^3/\text{día)} = 0,9 * \frac{42.410 \left(\frac{\text{kg}}{\text{día}}\right)}{600 \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right)} = 64 \text{ m}^3/\text{día}$$

4.7.5. Procesamiento del biogás

El gas crudo obtenido en una planta de biogás por lo general no puede ser utilizado de forma directa debido a los componentes que presenta. El biogás crudo está saturado con vapor de agua y además del CH₄ y del CO₂ también contiene cantidades significativas de H₂S, y otros. El sulfuro de hidrógeno es tóxico y tiene un olor desagradable de huevos podridos. A su vez, cuando este se combina con vapor de agua genera ácido sulfúrico lo que provoca la corrosión de los motores que utilizan el biogás como también de aquellos componentes que se encuentran corriente arriba y abajo del mismo. Por lo tanto, el gas obtenido en crudo debe ser sometido a un proceso de purificación que consta de varias etapas (ROHSTOFFE, 2010):

- Desulfuración

Se utilizan varios métodos de desulfuración. Se puede establecer una distinción entre desulfuración biológica, química y física, así como entre desulfuración gruesa y fina dependiendo de la aplicación. El método o combinación de métodos utilizados dependerá de cómo se debe utilizar posteriormente el biogás.

- Secado

Para que la utilización de gas se mantenga o desaparezca, y para cumplir con los requisitos de las etapas de purificación corriente abajo, se debe eliminar el vapor de agua

del biogás. La cantidad de agua o de vapor de agua que puede contener el biogás depende de la temperatura del gas. La humedad relativa del biogás en el digestor es 100%, lo cual significa que el gas se satura con vapor de agua. Los métodos que se consideran para el secado del biogás son el secado por condensación, el secado por absorción (con gel de sílice, carbono activado) y el secado por adsorción (deshidratación por glicol).

- Remoción del dióxido de carbono

La remoción del dióxido de carbono es una etapa necesaria del procesamiento, sobre todo cuando el gas producto se alimentará posteriormente a la red. La mayor concentración de metano hace posible ajustar las propiedades de combustión a los valores requeridos. Para eliminar el CO₂ se puede utilizar un lavado a presión contracorriente con agua. Para incrementar la remoción del CO₂ del biogás debe haber condiciones de alta presión, baja temperatura y pH alcalino.

- Remoción del oxígeno/aire

La presencia de oxígeno y/o nitrógeno indica que de algún modo entró aire en contacto con el biogás. Eliminar el oxígeno del biogás crudo puede ser importante cuando se debe alimentar bio-metano a la red de gas natural. Los métodos de procesamiento mejor establecidos al respecto son la remoción catalítica con catalíticos de paladio-platino y quimisorción con contactos de cobre.

- Remoción de otros gases de traza

Los gases de traza que se encuentran en el biogás incluyen el amoníaco, siloxanos y BTX (benceno, tolueno, xileno). Estas sustancias también se eliminan en el curso de los procesos de purificación descritos anteriormente de desulfuración, secado y enriquecimiento de metano.

4.7.6. Uso de subproductos

4.7.6.1. Uso del biogás

El biogás generado mediante el proceso de digestión anaeróbica y luego de ser acondicionado para su uso podrá ser aprovechado en la generación directa de energía eléctrica y térmica para autoabastecimiento de la planta a través de un motor a explosión o turbina a gas acoplado a un electro-generador. Esto podría permitir la independencia de la red eléctrica y/o de gas natural y ayudar a la recuperación de la inversión del proyecto.

Además, en caso de que la energía generada en la planta sobrepase la demanda podría tanto ser inyectarlo a la red como proceder a su compresión o licuefacción, que permite su almacenamiento y transporte, para utilizarlo en lugares distantes del centro de producción.

4.7.6.2. Uso del digestato

El digestato es el efluente digerido del proceso de producción de biogás. Este material es valorizado por sus propiedades como fertilizante de suelos y para ello debe ser de la más alta calidad y libre de patógenos, impurezas físicas y químicas u otro contaminante. Es por ello que dependiendo de su posterior uso y de las condiciones necesarias para su disposición, será necesario aplicarle algún tratamiento posterior a la salida del digestor.

El primer paso del tratamiento es la separación de fases, solido-liquido, mediante un sistema centrifugo. En el caso de la fase sólida se realizarán campañas sociales municipales para el uso de los biofertilizantes en proyectos que promuevan prácticas productivas agroecológicas como el programa ProHuerta⁸ ya que permiten sustituir parcial o totalmente el empleo de fertilizantes inorgánicos y además, fomenta el no uso de agroquímicos. Mientras que la fase liquida obtenida será vertida en las redes cloacales.

4.7.7. Experiencias similares de obtención de biogás a partir de RSU

Para la determinación de la propuesta expresada anteriormente se tuvieron en cuenta las siguientes experiencias similares de obtención de biogás a partir de RSU que se han llevado a cabo en otras ciudades.

- Cerrito, Entre Ríos

Cerrito es un ejemplo en el aprovechamiento eficaz de los residuos orgánicos urbanos, cuya disposición final se convierte en una importante amenaza para el medio ambiente y para el crecimiento sustentable de toda comunidad. Debido al crecimiento demográfico de la localidad, los residuos aumentaron considerablemente en los últimos años, por lo que el municipio inició un proyecto viable y novedoso para tratar los residuos sólidos orgánicos que se producen a diario.

En el año 2008 se construyó un primer biodigestor para generar biogás a través de los residuos orgánicos, el cual abastece las instalaciones de las casas de alojamiento municipales. Luego de esta primera experiencia exitosa, se avanzó en la generación de energía eléctrica mediante el biocombustible. Posteriormente, el municipio invirtió en el equipamiento de un segundo biodigestor en la escuela rural 44 Florencio Varela, donde la producción de gas metano permite abastecer a la institución educativa de gas y energía

⁸ El programa Pro Huerta es una política pública implementada por el Ministerio de Desarrollo Social de la Nación y el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). El mismo fue creado en 1990 mediante Resolución Nº 239/90. Promueve las prácticas productivas agroecológicas para el autoabastecimiento, la educación alimentaria, la promoción de ferias y mercados alternativos con una mirada inclusiva de las familias productoras.

Diseño de un plan de separación en origen, logística y post tratamiento de residuos sólidos urbanos orgánicos para el Partido de Necochea

eléctrica para sus instalaciones, combinando las técnicas de producción en un mismo sistema productivo.

Continuando con los conocimientos y avances, se construyó un tercer biodigestor en el predio del entonces “basural”. Esto permitió que con el avance del tiempo se logre la erradicación de los residuos a cielo abierto, unificando la disposición final de residuos y convirtiendo la basura orgánica en materia prima para la generación de combustibles y energía. El eje central de la propuesta es aumentar la conciencia y la sensibilización de la población a través de la educación ambiental, la participación de la ciudadanía en la gestión de los residuos, en el cuidado y la preservación del arbolado urbano, así como también, la puesta en valor de los esfuerzos e inversiones realizadas por el municipio en biodigestión como el combustible y energía limpia y renovable. (Energía Estratégica, 2017)

- **Proyecto en Estación General Paz, Córdoba**

Se trata de un innovador proyecto en la localidad cordobesa de Estación General Paz considerado de triple impacto, ya que acarrea beneficios ambientales, económicos y sociales en la región. Tiene un impacto positivo tanto en lo social como en lo ambiental, el movimiento de la economía circular que va generando diferentes unidades de negocios dentro de este proyecto original.

Se trata de cuatro biodigestores de grandes dimensiones destinados a obtener, por medio de desecho orgánico, biogás y 2,4 MWh de energía limpia para inyectar a la red eléctrica. No solamente sirve para procesar los residuos sólidos domiciliarios orgánicos (la planta podría absorber la totalidad de esos desechos de todo el departamento Colón y de parte de Capital) sino también de los desechos de las industrias alimenticias. (Noticias Gobierno de Córdoba, 2021)

4.7.6. Mantenimiento y controles diarios

El mantenimiento de un biodigestor y los controles que requiera estarán estrechamente relacionados con su tipo, con el equipamiento que tenga, con la calidad de los materiales que se hayan usado para su construcción, así como también con el tipo y cantidad de material orgánico que reciba diariamente.

Como controles básicos y periódicos que deben realizarse se distinguen:

- **Verificación de roturas o fisuras que produzcan la pérdida de líquidos o gases.** Si el biodigestor está bien diseñado y construido con materiales admisibles para el manejo de este tipo de sustratos y gases, su vida útil podría alcanzar 20 años, incluso más. La mala elección de materiales implica paradas anuales para vaciar el biodigestor a fin de repararlo y mantenerlo, lo que en proyectos de mediana a gran escala comienza a ser inviable económica y técnicamente.

- **Control de temperatura.** La temperatura es uno de los más importantes ya que estabilizada en un determinado rango permite una producción de gas razonable. Los biodigestores pueden operar en un amplio rango de temperaturas, pero, una vez iniciado el proceso de biodigestión, ésta debe mantenerse tan constante como sea posible.
- **Medición y registro del valor de pH.** Es muy importante medir uno o ambos parámetros al menos una vez a la semana ya que brinda valiosa información de lo que está ocurriendo en el interior del biodigestor.

El pH puede variar con el tipo de sustrato y por alteraciones en el proceso de biodigestión. Se debe medir el pH del efluente del digestor, que será representativo del interior, y también se recomienda medir el pH del material de carga regularmente.

Un índice alarmante es cuando el pH es menor a 6,6 ya que la metanogénesis se interrumpirá. Como se trata de bacterias muy sensibles a las variaciones de pH, si este disminuye se seguirá generando biogás, pero poco metano, y por ende el poder calorífico del biogás se reducirá. Además, el metabolismo de las bacterias cambiará generando cada vez más acidez y terminará deteniendo el proceso de digestión.

El valor del pH es muy importante, pero también debemos saber que, cuando éste desciende, es un indicio de que el proceso se encuentra desequilibrado. Es por ello que no es recomendable basar el control de la operación sólo en la medición del pH, porque cuando observemos la modificación del mismo puede ser tarde y dificultoso de revertir.

- **Medición y registro del valor de FOS/TAC.** La relación entre los ácidos orgánicos volátiles y la capacidad de compensación alcalina es una medida del riesgo de acidificación de un biodigestor (medida de la capacidad reguladora de pH del digestor).

Una relación FOS/TAC de 0,3 a 0,4 es normal, aunque cada biodigestor tiene su propio valor óptimo, que sólo puede determinarse mediante una observación a largo plazo (es decir, de sucesivas mediciones de FOS/TAC) y controles regulares, puesto que existe una fuerte dependencia del sustrato. Luego, se podrán observar variaciones respecto a este valor de referencia normal, que se podrán interpretar de la siguiente manera:

- Si el FOS aumenta, significa que hay mucho acetato y las bacterias metanogénicas no lo están metabolizando lo suficientemente rápido, entonces se debe disminuir la carga.

- Si el valor de TAC es alto, significa que está subiendo el pH, entonces se debe aumentar la alimentación del biodigestor.
- **Revisión de la altura del agua en el gasómetro.** Si se cuenta con un gasómetro de campana invertida, se debe controlar el nivel de agua dentro del mismo, para evitar pérdidas de gas. Esto se puede realizar una vez por semana.
- **Revisión de la altura del gasómetro.** A medida que el acumulador de gas se llena, aumenta su altura; esto a su vez indica que se está produciendo la biodigestión. Será importante registrar dicha altura tanto al inicio como al final de las actividades del día. También se recomienda registrar la cantidad de bioabono que se genera.
- **Medición de la cantidad de sulfuro de hidrógeno para el seguimiento de los filtros.** Si se detecta olor desagradable en el biogás, semejante al de huevo podrido, puede ser que se haya agotado la capacidad del material filtrante dentro del filtro de sulfhídrico, y sea necesario reemplazarlo por hierro oxidado nuevamente. Para ello, si es posible, se debería contar con equipos y sensores que midan la cantidad de sulfuro de hidrógeno, o enviar muestras a un laboratorio para tener un seguimiento del funcionamiento de los filtros y saber cuándo hay que cambiarlos en caso de que sean de vida útil limitada. La frecuencia de renovación del filtro va a depender de las características del biogás y de la cantidad que se produzca, pero oscila entre 2 a 6 meses generalmente.
- **Verificación de agua condensada en las cañerías de conducción de biogás.** Dependiendo de su cantidad, esto puede ser un impedimento físico para el paso de biogás, lo que incrementa la presión en el sistema. Se recomienda hacer periódicamente inspecciones visuales a lo largo de las mangueras y dirigir cualquier acumulación hacia la trampa de agua. En el caso de que no tenga el nivel controlado mediante una perforación, cuando el nivel de acumulación llegue a aproximadamente 70% en las trampas de agua, se deberán drenar.
- Revisión del sistema de seguridad y venteo para evitar riesgos que puedan generarse por trabajar a sobrepresión.
- Cantidad de carga y periodicidad.

Además, debe realizarse el mantenimiento de los equipos específicos utilizados (bombas, motores, agitadores, calentadores, entre otros) según las especificaciones de los respectivos proveedores para que operen de forma eficiente y no pongan en riesgo la vida útil del biodigestor, la salud de los operarios y no se generen consecuencias en el medioambiente.

En el caso de los biodigestores continuos, al menos una vez al año deben ser descargados por completo para retirar el lodo que se deposita en el fondo del mismo y poder realizar actividades de reparación.

En cuanto a las partes o sistemas que tengan membranas (biodigestor, gasómetro, reservorios de gas, reservorios de líquidos) es importante revisar que no existan elementos cortantes, árboles u otros cuerpos que pongan en riesgo su integridad.

Cada uno de los equipos específicos como: bombas, motores, agitadores, calentadores, enfriadores, sopladores, grupos electrógenos, entre otros, tienen mantenimientos y servicios propios; los proveedores de estas tecnologías informan cada cuánto hay que hacerlos y los costos que conllevan. No llevarlos a cabo no sólo supone problemas de eficiencia y funcionamiento, sino que puede incluso poner en riesgo la vida útil de todo el biodigestor, de la salud de los operarios y del ambiente. (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura, 2019)

5. CONCLUSIONES

En el municipio de Necochea los residuos sólidos urbanos son dispuestos en un basural a cielo abierto. Desechar los residuos sin ningún tipo de tratamiento y sin medidas de seguridad, conlleva a que se produzcan daños en el ambiente y en la salud de la población. Para dar respuesta a la actual problemática, se planteó una alternativa al tratamiento de los residuos orgánicos que incluye a las localidades de Necochea, Quequén, La Dulce, y Juan N. Fernández, ya que son las que depositan sus residuos actualmente en el basural. Esta permite disminuir el impacto negativo que generan los desechos en el medio ambiente y en la sociedad y a su vez, llevar a cabo una separación en origen y valorización de la fracción orgánica. De esta forma el volumen de residuos que se envían a disposición final disminuye, como también lo hace el uso de recursos naturales.

En primer lugar, por medio de la información proporcionada por el sub director de Obras Públicas e Higiene Urbana de la ciudad de Necochea, se presentó la situación actual de la gestión de los residuos en el municipio. Luego, considerando que por persona se generan 0,82 kg de basura, se estimó que para el año 2030 se producirían 75.730 kilos diarios de residuos sólidos urbanos y aproximadamente el 56 % de los mismos corresponden a desechos alimenticios y residuos de poda y jardín. Es decir, la fracción orgánica que se obtendría diariamente es de 42.410 kilos, siendo esta una gran cantidad que puede ser tratada como un recurso para su valorización.

Posteriormente, se diseñó un plan de separación en origen junto con campañas de comunicación y educación ambiental, que permite el involucramiento activo con un cambio de hábito, más consciente, por parte de los ciudadanos. Asimismo, se planteó el cronograma tentativo para llevarlo adelante y se establecieron las metas e indicadores que posibilitan su seguimiento.

Seguidamente, se establecieron las alternativas de recolección para los RSU, considerando la separación en origen de tres fracciones: materiales orgánicos, materiales inorgánicos y materiales recuperables. Luego, se planificó como se deberá llevar a cabo la logística de recolección de forma diferenciada estableciéndose los días y horarios respectivos de cada fracción por sectores. Considerando la cantidad de residuos estimados para el año 2030, se determinó que la recolección diferenciada de la fracción inorgánica y recuperable puede llevarse a cabo con la flota actual de camiones que posee el municipio, teniendo en cuenta que los camiones deben estar limpios antes de proceder a la recolección de recuperables para evitar su contaminación. En el caso de la fracción orgánica, se deberán emplear los dos camiones compactadores de guardia que posee el municipio para llevar adelante su recolección.

Además, para promulgar las buenas prácticas y la concientización en la correcta separación se estableció la colocación de puntos verdes para la disposición de los residuos orgánicos e inorgánicos en los puntos limpios donde actualmente se encuentran los contenedores de residuos recuperables instalados por la Asociación Civil “Todo para Ellos”.

Para reducir la cantidad de residuos que hoy en día se envían a disposición final, se propuso el aprovechamiento energético de la fracción orgánica a través del proceso de biodigestión. La valorización de la FORSU puede contribuir a mitigar tanto problemas de salud como ambientales que genera una gestión ineficiente, disminuyendo la cantidad de residuos que finalmente se disponen y logrando obtener subproductos útiles a partir de ellos, tales como biogás y biofertilizante.

Para desarrollar el proceso de la digestión anaeróbica pueden encontrarse diferentes tipos de biodigestores. En el caso del tratamiento de la FORSU, con un contenido de sólidos totales de aproximadamente 19,6%, prevalecen tres tipos de biodigestores. Una vez analizadas las distintas tecnologías, se optó por trabajar mediante una digestión húmeda y, en consecuencia, con biodigestores semicontinuos o continuos húmedos sin manejo de sustrato ya que son los más utilizados en Argentina y posibilitan una mayor producción de biogás.

En función de la carga orgánica que puede ser recogida para alimentar el biodigestor y de sus propiedades, como así también de la temperatura de trabajo y el tiempo de retención hidráulica, se determinó que el volumen total del biodigestor requerido para el proyecto es de 6.604m^3 . Sin embargo, debido a la gran dimensión que se necesita instalar se plantea la utilización de tres biodigestores con una capacidad de 2.200m^3 cada uno, para de esta forma afrontar las diferentes situaciones que puedan surgir durante su funcionamiento. Con la instalación de estos biodigestores, se tendría una producción de biogás de $2.711\text{m}^3/\text{día}$ y una producción de biofertilizante de $64\text{m}^3/\text{día}$. El biogás generado podrá ser aprovechado para la generación directa de energía eléctrica y térmica en la planta. En cambio, el biofertilizante obtenido se separará en su fase sólida y líquida, destinándose la fase sólida a prácticas productivas agroecológicas y la fase líquida será vertida en las redes cloacales.

Finalmente, se establecieron los controles básicos y periódicos que deben llevarse a cabo para garantizar el buen funcionamiento del biodigestor.

Para concluir, con la realización del proyecto se pudieron cumplir de forma satisfactoria cada uno de los objetivos propuestos en un principio. Este desafío permite tomar conciencia y sensibilizar a la población de que, si los residuos que todos generamos, son tratados y valorizados, podemos obtener beneficios sociales, económicos y ambientales, y además conseguir ciudades más limpias.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Ambiental, D. d. (2015). Municipalidad de General Pueyrredon. Recuperado el 9 de 10 de 2021, de <https://datos.mardelplata.gob.ar/?q=dataset/composici%C3%B3n-de-residuos-s%C3%B3lidos-domiciliarios/resource/1ef162c2-7ebb-4766-8f48-c73a71e62e55#{}>
- Argentina.gob.ar. (02 de 2021). Recuperado el 03 de 10 de 2020, de Argentina.gob.ar: <https://www.argentina.gob.ar/ambiente/control/rsu>
- Argentina.gob.ar. (2021). Recuperado el 21 de 05 de 2021, de Argentina.gob.ar: <https://www.argentina.gob.ar/ambiente/accion/que-es-educacion-ambiental>
- Arthur A. Thompson. (1998). Dirección y Administración Estratégicas, Conceptos, casos y lecturas. México: Mac Graw Hill Inter Americana y editores.
- BESEL S.A. (2007). Biomasa: Digestores anaerobios. Madrid. Obtenido de https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_10737_Biomasa_Digestores_Anaerobios_A2007_0d62926d.pdf
- Beverly Karold Henry Allen. (2011). ALTERNATIVAS PARA EL APROVECHAMIENTO DE LOS DESECHOS SÓLIDOS DEL RELLENO SANITARIO DE TECNOLOGÍA APROPIADA DE AMSA. Guatemala.
- BUHIGAS, A. B. (2010). Sistema biodigestor para el tratamiento de desechos orgánicos. Trabajo de fin de carrera. Universidad Carlos III de Madrid , Departamento de ciencia e ingeniería de materiales e ingeniería química, Estelí.
- CARILLO ERDOZAIN, J. M. (2019). Estudio básico del biogás y nuevas tecnologías para producirlo en la actualidad. Trabajo fin de grado. Universidad politécnica de Cartagena.
- CEAMSE, et al. (2010-2011). ESTUDIO DE CALIDAD DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL ÁREA METROPOLITANA DE BUENOS AIRES. Buenos Aires. Obtenido de <https://www.ceamse.gov.ar/wp-content/uploads/2012/06/Tercer-Informe-ECRSU-AMBA.pdf>
- CLIMATE-DATA.ORG. (s.f.). Recuperado el 13 de 1 de 2021, de CLIMATE-DATA.ORG: <https://es.weatherspark.com/y/28948/Clima-promedio-en-Necochea-Argentina-durante-todo-el-a%C3%B1o>
- Conabip. (2021). GUÍA PARA REALIZAR UNA CAMPAÑA DE CONCIENTIZACIÓN. Comision Nacional de Bibliotecas Populares.
- COSSIO, A. S. (2018). Estudio técnico sobre biodigestores anaeróbicos, aplicado al tratamiento de la fracción orgánica de los residuos municipales. Trabajo de fin de grado. Universidad de Cantabria .
- BIBLIOGRAFÍA

Diseño de un plan de separación en origen, logística y post tratamiento de residuos sólidos urbanos orgánicos para el Partido de Necochea

DAVID, F. R. (2003). Administración estratégica (Novena ed.). (E. Q. Duarte, Ed.) México: Pearson Education. Recuperado el 18 de 1 de 2021, de <https://maliaoceano.files.wordpress.com/2017/03/libro-fred-david-9a-edicion-con-estrategica-fred-david.pdf>

Dieter Deubelin & Angelika Steinhauser. (2008). Biogas from Waste and Renewable Resources. Alemania: Wiley-VCH, Weinheim.

Dieter Mutz, e. a. (2017). Opciones para el aprovechamiento energético de residuos en la gestión de residuos sólidos urbanos. Eschborn.

Energía Estratégica. (21 de 9 de 2017). Recuperado el 9 de 10 de 2021, de <https://www.energiaestrategica.com/proponen-declarar-cerrito-la-capital-enterriana-del-biogas/#:~:text=medio%20ambiente%2C%20bioenerg%C3%ADa-,Cerrito%20lider%C3%B3%20en%20Entre%20R%C3%ADos%20la%20generaci%C3%B3n%20de%20gas%20metano,crecimiento%20sustenta>

Federación Argentina de Municipios. (2013). Gestión de Residuos Sólidos Urbanos. Documento destinado a docentes. Buenos Aires.

García Hernández, e. a. (2006). La entrevista. Máster en Tecnologías de la Información y la Comunicación en Educación. Universidad Autónoma de Madrid. Obtenido de http://www2.uca.edu.sv/mcp/media/archivo/f53e86_entrevistapdfcopy.pdf

Gobierno de la Provincia de Santa Fe. (2020). Manual de uso del biodigestor. Santa Fe.

GOICOA, V. (2014). RELEVAMIENTO NACIONAL DE PLANTAS DE BIOGÁS. Obtenido de https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_-33-relevamiento_nacional_de_plantas_de_biogas_-_goicoas_v.pdf

Google. (2021). Google Maps. Obtenido de Google Maps: <https://www.google.com.ar/maps>

Google My Maps. (s.f.). Obtenido de Google My Maps: <https://www.google.com/maps/d/u/0/embed?mid=1qpnG4tizVSf9mM5xdITdbzM0ksf1ZmyJ&ll=-38.58448453552341%2C-58.738357627793306&z=12>

GRAMMATICO, J. P. (2009). Liderazgo y Responsabilidad Social. Escuela de Liderazgo. Universidad Nacional de Mar del Plata, Mar del Plata.

GRASSO, A. (04 de 01 de 2021). PERFIL. Recuperado el 18 de 05 de 2021, de PERFIL: <https://www.perfil.com/noticias/ecologia/en-argentina-enterramos-el-80-de-la-basura-en-rellenos-sanitarios-y-basurales-a-cielo-abierto.phtml>

Grupo de Investigación de Economía Ecológica. (14 de 4 de 2016). Facultad de Ciencias Económicas y Sociales UNMP. Recuperado el 06 de 12 de 2020, de <https://eco.mdp.edu.ar/institucional/eco-enlaces/1611-la-basura-consecuencias-ambientales-y-desafios>

Diseño de un plan de separación en origen, logística y post tratamiento de residuos sólidos urbanos orgánicos para el Partido de Necochea

INDEC. (s.f). Instituto Nacional de Estadística y Censos. Obtenido de <https://www.indec.gob.ar/indec/web/Nivel4-Tema-2-41-135>

International Energy Agency. (2020). International Energy Agency. Obtenido de <https://www.iea.org/countries/argentina>

Islam, N. &. (2016). Reliability and economic analysis of moving towards wastes to energy recovery based waste less sustainable society in Bangladesh: The case of commercial capital city Chittagong. Bangladesh.

Juan Martín. (29 de 8 de 2018). CEREM. International Business School. Obtenido de CEREM. International Business School: <https://www.cerem.es/blog/que-es-y-como-hacer-una-matriz-de-priorizacion>

Junta de Andalucía. Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio. (2002). Manual de sensibilización medioambiental. Andalucía. Obtenido de http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/web/Bloques_Tematicos/Educacion_Y_Participacion_Ambiental/Educacion_Ambiental/Educam/Educam_II/Manual_Sensibilizacion_MA/manual_sensibilizacion_1.pdf

Laprida. (2021). Laprida Gobierno Municipal. Obtenido de <http://www.laprida.gob.ar/page.php?c=36>

Martín Alejandro Reynoso. (2017). Biodigestión anaeróbica: una alternativa para el tratamiento de la Fracción Orgánica de Residuos Sólidos Urbanos. Cuyo.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2019). Informe del estado del ambiente. Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2021). Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Obtenido de <https://www.argentina.gob.ar/ambiente/control/rsu/etapas>

Ministerio de Energía. (2011). Manual de Biogas. Obtenido de <http://www.fao.org/3/as400s/as400s.pdf>

Ministerio de Energía del Gobierno de Chile. (2011). Manual de biogás. Santiago de Chile: Proyecto CHI/00/G32. "Chile: Remoción de Barreras para la Electrificación Rural con Energías Renovables".

Ministerio de Salud y Ambiente. (2005). Estrategia Nacional para la Gestion Integral de Residuos Solidos Urbanos. ENGIRSU. Obtenido de https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/engirsu_-2005.pdf

Ministerio del Interior y Transporte. (2010). Gestion Integral de Residuos Solidos Urbanos. Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

Ministerio del Medio Ambiente. (2020). 1ª Capacitación: "Uso correcto del Punto Verde". Iniciativas Sustentables, producto: Punto Verde. Chile.

Diseño de un plan de separación en origen, logística y post tratamiento de residuos sólidos urbanos orgánicos para el Partido de Necochea

Minuto Balcarce. (23 de 06 de 2020). Necochea: se producen 3 mil toneladas de basura mensuales. Minuto Balcarce.

MinutoBalcarce. (23 de 06 de 2020). Necochea: se producen 3 mil toneladas de basura mensuales. MinutoBalcarce.

Municipalidad de General Pueyrredon. (2021). Datos abiertos MGP. Obtenido de <https://datos.mardelplata.gob.ar/>

Municipalidad de Laprida. (2021). Programa Laprida. Ambiental y Sostenible. Obtenido de https://www.laprida.gov.ar/pwadmin/files/archivos/LAPRIDA_AMBIENTAL_Y_SOSTENIBLE_WEB.pdf

Municipalidad de Necochea. (20 de 03 de 2020). Cambio en las frecuencias del servicio de recolección de residuos. Municipalidad de Necochea.

Municipalidad de Trenque Lauquen. (2021). Municipalidad de Trenque Lauquen. Obtenido de <https://www.trenquelauquen.gov.ar/ecotrenque/escuelas-verdes-de-trenque-lauquen/>

MURRAY, F. (2016). Diseño de una planata de tratamiento de residuos sólidos urbanos para la ciudad de Necochea. Trabajo Final. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Mar del Plata, Mar del Plata.

Nadia M. Mazzeo. (2012). Manual para la sensibilización comunitaria y educación ambiental: gestión integral de residuos sólidos urbanos.

Noticias Gobierno de Córdoba. (15 de 02 de 2021). Recuperado el 9 de 10 de 2021, de <https://prensa.cba.gov.ar/informacion-general/construyen-una-planta-de-biogas-que-desarrollara-energia-limpia-a-partir-de-basura/>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura. (2019). Guía teórico-práctica sobre el biogás y los biodigestores. Buenos Aires. Obtenido de http://www.probiomasa.gob.ar/_pdf/GuiadeBiogasyBiodigestores-19-08-29.pdf

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2019). Obtenido de Informe técnico-analítico para una estrategia de promoción de la incorporación de biometano a la red de gas natural. Colección Informes Técnicos N.º 2.: http://www.probiomasa.gob.ar/_pdf/02CEARE-InformeTecnico-web.pdf

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2019). Guía teórico-práctica sobre el biogás y los biodigestores. Obtenido de GUÍA TEÓRICO-PRÁCTICA SOBRE EL BIOGÁS Y LOS BIODIGESTORES: http://www.probiomasa.gob.ar/_pdf/GuiadeBiogasyBiodigestores-19-08-29.pdf

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2020). Actualización del balance de biomasa con fines energéticos en la Argentina.

Diseño de un plan de separación en origen, logística y post tratamiento de residuos sólidos urbanos orgánicos para el Partido de Necochea

Obtenido de http://www.probiomasa.gob.ar/_pdf/19-Actualizacion-balance-biomasa.pdf

Óscar Julián Cuesta Moreno & Sandra Meléndez Labrador. (2015). Criterios para pensar la planificación de la comunicación ambiental desde perspectivas alternativas. KEPES, 31-56.

Ponce Talancón, H. (2006). La matriz FODA: una alternativa para realizar diagnósticos y determinar estrategias de intervención en las organizaciones productivas y sociales. Contribuciones a la Economía.

PROBIOMASA. (2020). UTF/ARG/020/ARG - Proyecto para la promoción de la energía derivada de biomasa - PROBIOMASA. Obtenido de <http://www.probiomasa.gob.ar/sitio/es/>

Project Management. (8 de 2021). Recursos en Project Management. Obtenido de Recursos en Project Management: <https://www.recursosenprojectmanagement.com/matriz-de-decision/>

ROHSTOFFE, F. N. (2010). Guía sobre el Biogás. Alemania: FNR, Abt. Öffentlichkeitsarbeit. Obtenido de <https://mediathek.fnr.de/media/downloadable/files/samples/l/e/leitfadenbiogas-es-2013.pdf>

SAyDS. (2005). ENGIRSU.

Subsecretaría de energías renovables. (2021). Curso de operación y mantenimiento de sistemas de biodigestión de pequeña y mediana escala. Santa Fe. Obtenido de <https://www.santafe.gob.ar/ms/academia/wp-content/uploads/sites/27/2019/08/M%C3%B3dulo-2-Biodigesti%C3%B3n-anaer%C3%B3bica.pdf>

Subsecretaría de energías renovables- Secretaría de estado de la energía. (s.f.). Biodigestión anaeróbica. Santa Fe.

Todos para Ellos. (s.f.). Obtenido de Todos para Ellos: <http://www.todoparaellos.org/>

TSN noticias. (11 de 12 de 2020). Obtenido de TSN noticias: <https://tsnnecochea.com.ar/83418-2-mhgfdcvniu/>

UNED. (2021). UNED Biblioteca. Obtenido de https://www2.uned.es/biblioteca/rsu/pagina1.htm#epig_15

Valdés, S. R. (2003). Gestión de Residuos. Técnica, salud, ambiente y competencia. Obtenido de <http://servicios2.abc.gov.ar/lainstitucion/organismos/planeamiento/dgea/documentos/problematicas/residuossolidos.pdf>

Diseño de un plan de separación en origen, logística y post tratamiento de residuos sólidos urbanos orgánicos para el Partido de Necochea

Vogt, G. H. (2002). Super blue box recycling (SUBBOR) enhanced two-stage anaerobic digestion process for recycling municipal solid waste: laboratory pilot studies.

Weather Spark. (2021). Recuperado el 13 de 1 de 2021, de Weather Spark: <https://es.weatherspark.com/y/28948/Clima-promedio-en-Necochea-Argentina-durante-todo-el-a%C3%B1o>

Yang, G. Z. (2015). Degradation properties of protein and carbohydrate during sludge anaerobic digestion. *Bioresource Technology*, 126-130.

7. ANEXO

Anexo I: Biodigestores convencionales

A continuación, se detallan los diferentes tipos de biodigestores convencionales que pueden encontrarse. Estos se caracterizan por ser simples de construir y de operar, permitiendo obtener eficiencia en la producción de biogás. Entre ellos se encuentran: Biodigestor de campana flotante (Hindú), Biodigestor de cúpula fija (Chino) y Biodigestor balón (Taiwán).

- **Biodigestor de campana flotante**

Este tipo de biodigestor como se observa en la figura 15, se compone de un digestor construido en mampostería o estructura de concreto y un depósito de gas móvil en forma de campana, que puede flotar directamente en la masa de fermentación o en un anillo de agua, dependiendo de la producción de biogás.

En general se los construye enterrados y verticales, semejando a un pozo. Son cargados una vez al día por gravedad, con un volumen de mezcla que depende del tiempo de fermentación o retención y producen una cantidad diaria de biogás aproximadamente constante, si se mantienen las condiciones de operación.

En la parte superior del pozo se encuentra flotando una campana donde se va almacenando el gas y permite que el gasómetro quede integrado al sistema. De esta forma, la presión del gas sobre la superficie de la mezcla es muy baja, de alrededor de 30 cm de columna de agua. Esta campana logra que se disponga de una presión constante, lo que a su vez permite tener una eficiente operación en los equipos que alimenta. También ayuda al rompimiento de la espuma que se forma en muchos biodigestores.

La entrada de la carga diaria por gravedad hasta el fondo del pozo, además de producir agitación, provoca la salida de un volumen equivalente de lodos digeridos, desde la superficie o desde el fondo según el diseño del sistema, que fluye hasta una pileta para su aplicación a los cultivos. Para aumentar la retención de la materia prima, posee un tabique central. En este caso, los materiales usados son preferentemente excretas que deben estar bien diluidas y mezcladas homogéneamente.

Este tipo de biodigestor puede ser utilizado cuando se necesita de un abastecimiento continuo de biogás y fertilizante, caracterizándose por funcionar como depósito del gas producido, es decir, es el único tipo de biodigestores que tienen un depósito de biogás interior.

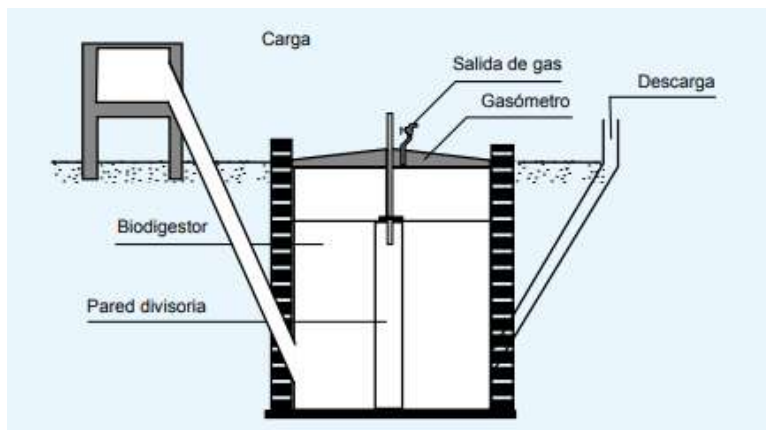


Figura 15. Biodigestor de campana flotante o modelo hindú.

Fuente: (Ministerio de Energía del Gobierno de Chile, 2011)

- **Biodigestor con cúpula fija**

El biodigestor de cúpula fija o modelo chino como se muestra en la figura 16 se compone de un digestor construido en mampostería y un domo fijo e inmóvil cerrado donde se almacena el biogás.

En este modelo el biogás producido es presurizado dentro del propio biodigestor, por el desnivel hidráulico que existe entre el material que se encuentra en el biodigestor y el material presente en los tanques de entrada y salida. Durante la producción de biogás, la biomasa se desplaza hacia el tanque de compensación y cuando el biogás se extrae, la biomasa vuelve hacia el biodigestor. Debido a este movimiento continuo que tiene la biomasa no se logra formar una capa superficial del material orgánico.

Este tipo de biodigestores es comúnmente utilizado en instalaciones donde el consumo es continuo o cuando se almacena el biogás en un depósito aparte debido a que el gas debe ser liberado continuamente para poder reducir la presión interna.

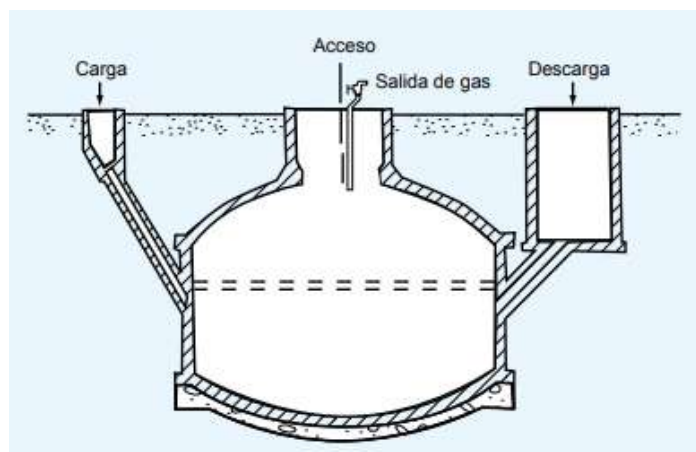


Figura 16. Biodigestor con cúpula fija o modelo chino.

Fuente: (Ministerio de Energía del Gobierno de Chile, 2011)

Diseño de un plan de separación en origen, logística y post tratamiento de residuos sólidos urbanos orgánicos para la ciudad de Necochea

- **Biodigestor balón o tubular**

El biodigestor tubular o modelo Taiwán se compone de una bolsa de material plástico (polietileno, PVC, plastilina, entre otros, o una combinación de éstos) completamente sellada. El 75% del volumen total de la bolsa, se carga con la biomasa, y en la parte superior, el 25% restante, se almacena el biogás.

Posee dos bocas sujetas directamente a los tubos de entrada y salida; y en la superficie superior del biodigestor una salida para el biogás como puede observarse en la figura 17.

Este tipo de biodigestor se fabrica de material plástico o de caucho, siendo simplemente un saco flexible reforzado. Se debe considerar que el material a usar para su construcción debe ser resistente a las intemperies y a los rayos ultravioletas. Es por ello que no se recomienda para sitios con gran variación de temperatura ya que deben predominar temperaturas altas y constantes.

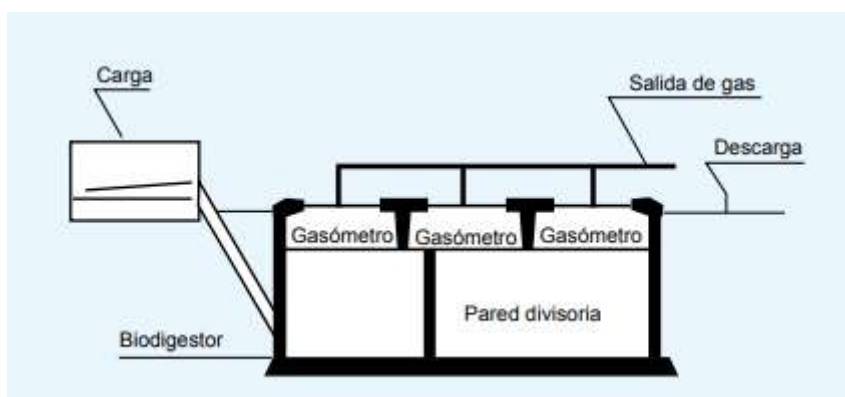


Figura 17. Biodigestor tubular o modelo Taiwán.

Fuente: (Ministerio de Energía del Gobierno de Chile, 2011)

Anexo II: Población

Como se menciona en el punto 4.1.3, seguidamente se detalla la estimación de la cantidad de habitantes de Necochea, Quequén, La Dulce y Juan N. Fernández.

En tabla 27, se presenta la población total y la variación intercensal absoluta y relativa para el Partido de Necochea, integrado por las localidades de Necochea, Quequén, Estación La Dulce, Ramón Santamarina, Juan N. Fernández, Claraz, para los años 2001 y 2010.

PARTIDO	POBLACIÓN		VARIACIÓN ABSOLUTA	VARIACIÓN RELATIVA (%)
	2001	2010		
Necochea	89.096	92.933	3.837	4,3

Tabla 27. Provincia de Buenos Aires. Población total y variación intercensal absoluta y relativa por partido. Años 2001-2010.

Fuente: Elaboración propia en base a INDEC. Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2001 y 2010.

Según los resultados del Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas realizado por el INDEC en los años 2001 y 2010, la población de Necochea en el año 2001 era de 86.096 habitantes y en el año 2010 ascendió a 92.933 habitantes obteniéndose una variación intercensal relativa de 4,3%.

De acuerdo al último censo nacional, para el año 2010 el Partido de Necochea contaba con una población de 92.933 habitantes, donde 65.459 residían en la localidad de Necochea y 14.524 en Quequén; Nicanor Olivera (La Dulce) contaba con 2.131 habitantes y Juan Nepomuceno Fernández con 2.721 habitantes.

Por un lado, considerando que la variación intercensal relativa se mantiene constante para el periodo siguiente al 2010, se estima que la población de la localidad de Necochea para el año 2020 fue de, aproximadamente, 68.274 habitantes y para el año 2030 será de 71.210 habitantes.

Por otro lado, se estima que la población de Quequén para el año 2020 fue de, aproximadamente, 15.150 habitantes y para el año 2030 será de 15.800 habitantes. Para Nicanor Olivera (La Dulce) la cantidad de habitantes para el año 2030 será de 2.319 y para Juan Nepomuceno Fernández de 2.960.

Anexo III: Estimación de la fracción orgánica de los RSU a tratar producidos en el municipio.

Como se indica en el punto 4.2.1.2.1 para determinar la cantidad de residuos orgánicos que se generan en la ciudad de Necochea, Quequén, Juan N. Fernández y La Dulce, como no se disponen de datos concretos, se realiza su estimación basada en los valores promedios obtenidos de los residuos sólidos urbanos de la ciudad de Mar del Plata por ser una ciudad de la provincia de Buenos Aires con características similares.

El Estudio de Calidad de los RSU de la ciudad de Mar del Plata se publicó en el año 2015 con el fin de determinar la composición porcentual de los RSU provenientes de distintas rutas de recolección sin tratamiento previo para obtener información actualizada sobre las características de generación y composición de los mismos. Los datos publicados, según componentes, se muestran en la tabla 28.

COMPONENTES	COMPOSICIÓN TOTAL (%)
Papeles	4,83%
Cartones	4,28%
Plásticos	13,95 %
Vidrio	3,55%
Metales Ferrosos	1,07%
Metales No Ferrosos	0,41%
Materiales Textiles	3,27%
Madera	0,41%
Goma, cuero, corcho	0,60%
Pañales Descartables y Apósitos	3,11%
Materiales de Demolición y Construcción	0,89%
Residuos de Poda y Jardín	6,90%
Residuos Peligrosos	0,26%
Desechos Alimenticios	49,51%

Diseño de un plan de separación en origen, logística y post tratamiento de residuos sólidos urbanos orgánicos para la ciudad de Necochea

Misceláneos Menores a 25,4 mm	0,42%
Líquidos no acuosos	0,06%
Líquidos acuosos	0,23%
Envases Tetrabrick	0,39%
Otros	6,28%
TOTAL	100%

Tabla 28. Composición física total de la CABA 2011.

Fuente: Elaboración propia en base a (Ambiental, 2015)

En la tabla 26 se puede observar un predominio del componente orgánico (desechos alimenticios y residuos de poda y jardín) con un 56,41%, seguido por plásticos con un 13,95%, y papeles, cartones con un 9,11%, lo que indica una posibilidad importante para el reciclado y tratamiento de la fracción orgánica. Por último, lo componen vidrio (3,55%) y metal (1,48%), y una fracción del 15,5% que engloba residuos como pañales descartables, material textil, residuos patógenos, etc.

Anexo IV: Biodigestores semicontinuos o continuos húmedos sin manejo del sustrato

A continuación, se detallan los diferentes tipos de biodigestores semicontinuos o continuos húmedos sin manejo del sustrato que pueden encontrarse como se indicó en el punto 4.7.2. (PROBIOMASA, 2020):

- Biodigestores rurales de baja tecnología: Los biodigestores domiciliarios rurales se caracterizan por no disponer de sistemas de agitación continua. Algunos incorporan algún tipo de mezcla manual (mediante manivelas o palancas), mientras que otros utilizan la misma carga diaria del biodigestor para generar agitación (por ejemplo, los tubulares o lagunas con flujo a pistón).

En la mayoría de los casos, estos reactores no cuentan con un sistema de calefacción, por lo que la temperatura del proceso depende de la exterior. Sin embargo, el biodigestor se puede aislar de diversos modos para garantizar una temperatura constante dentro.

- Biodigestores de laguna cubierta de media-baja tecnología: En este grupo se ubican los biodigestores contruidos a partir de lagunas de tratamiento de efluentes, que en muchos casos se cubrieron con membranas para captar el biogás y así aprovechar la biodigestión anaeróbica. Estas lagunas suelen ser grandes y con poco o nulo sistema de agitación. No presentan sistema de calefacción ni aislación del medio, por lo que su eficiencia depende mucho de las temperaturas externas y/o de la temperatura con que ingresan los efluentes. En la mayoría de los casos tampoco disponen de sistemas de medición y control para un seguimiento de la eficiencia del proceso. Si bien las cantidades de biogás que pueden generar estos sistemas son altas, expresadas en metros cúbicos normales de biogás por día (Nm^3 biogás/día), esto se debe a las grandes dimensiones de esas lagunas anaeróbicas y los volúmenes de efluentes orgánicos con los que trabajan, y no a la eficiencia del proceso, que por lo general es baja, expresada en tasa de degradación de demanda química de oxígeno (DQO) y/o metro cúbico normal de biogás por tonelada de sustrato (Nm^3 biogás/t sustrato). Estos biodigestores funcionan mejor en zonas tropicales, donde la temperatura interna no desciende por debajo de los $10\text{ }^\circ\text{C}$; en zonas templadas, funcionan bien cuando el efluente desechado por la industria viene a temperaturas superiores a los $30\text{ }^\circ\text{C}$ debido al proceso agroindustrial previo. En estos casos, se logra generar un medio mesofílico en el interior de las lagunas.
- Biodigestores de mezcla completa de media-alta tecnología: En Tailandia, en la década de 1990, aprovechando las ventajas climáticas y la estructura del suelo, se

desarrolló un modelo de biodigestores que buscaba mantener altas eficiencias de producción de biogás, reduciendo al mínimo los costos de inversión. La planta piloto que se había instalado en 1988, en el marco de un programa de cooperación entre Tailandia y Alemania con apoyo de la Agencia de Cooperación Alemana (GTZ), sirvió para que se propagaran en el país asiático decenas de biodigestores de tipo canal, una fusión entre lagunas y biodigestores tubulares, pero con control de variables como la agitación y el mezclado, y con la aislación necesaria como para mantener un proceso mesofílico eficiente.

- Biodigestores de mezcla completa de alta tecnología: Son biodigestores que permiten trabajar en cualquier rango de temperatura (psicro-, meso- y/o termofílico), bajo cualquier condición climática, con altas cargas tanto de sólidos como orgánicas para maximizar la eficiencia del proceso. Se construyen con hormigón armado, acero al carbono y/o acero inoxidable. En cualquier caso, se tiene que garantizar que el material esté tratado correctamente para resistir el ataque químico que produce el biogás. Este tipo de biodigestores permite garantizar una producción de biogás y, consecuentemente, de energía térmica y/o eléctrica constante las 24 horas del día los 365 días del año. Su vida útil se estima en 15 a 20 años, lo que permite firmar contratos de largo plazo de suministro de energía eléctrica a la red. La desventaja de estos sistemas es que requieren una inversión significativa.