

Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos, S.N.C.

Municipio de Chihuahua, Chihuahua.

ESTUDIOS DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS PARA EL MUNICIPIO DE CHIHUAHUA

ESTUDIO DE RENTABILIDAD SOCIAL



Noviembre 2023

ESTUDIO DE RENTABILIDAD SOCIAL

ESTUDIO DE RENTABILIDAD SOCIAL	2
1. Ejecutivo	4
2. Situación Actual.....	8
2.1. Diagnóstico de la Situación Actual.....	8
2.2. Área de Influencia y Localización Geográfica.....	19
2.3. Población.....	24
2.4. Servicio de Gestión de Residuos del Municipio	35
2.5. Generación y Caracterización de los Residuos	49
2.6. Problemática	54
2.7. Demanda en la Situación Actual	55
2.8. Oferta en la Situación Actual.....	60
2.9. Interacción Oferta-Demanda.	62
3. Situación sin Proyecto	64
3.1 Optimizaciones	64
3.2 Análisis de la Oferta en Situación Sin Proyecto	65
3.3 Análisis de la Demanda en Situación Sin Proyecto.....	66
3.4 Interacción Oferta-Demanda Sin Proyecto.....	70
3.5. Alternativas de Solución	71
3.5.1. Alternativa 1 (Proyecto).....	71
3.5.2. Alternativa 2	74
4. Situación con Proyecto	78
4.1. Descripción del Proyecto.....	78
4.2. Alineación Estratégica	89
4.3. Localización geográfica	90
4.4. Calendario de Actividades	92

4.5. Monto total de Inversión	95
4.6. Fuentes de Financiamiento.....	95
4.7. Capacidad Instalada	96
4.8. Metas anuales y totales de producción	97
4.9. Vida útil	99
4.10. Análisis de Demanda.....	99
4.11. Oferta.....	101
4.12. Interacción Oferta – Demanda	102
5. Evaluación del Proyecto	105
Identificación, cuantificación y valoración de costos del Proyecto	105
Identificación, cuantificación y valoración de los beneficios del Proyecto de Inversión	115
<i>Cálculo de los indicadores de rentabilidad.....</i>	131
<i>Análisis de sensibilidad</i>	131
<i>Análisis de Riesgos</i>	133
6. Conclusiones y Recomendaciones	134

1. Resumen Ejecutivo

El presente documento presenta la evaluación socioeconómica del “**Proyecto de Gestión Integral de Residuos para El Municipio de Chihuahua**” (**Proyecto**), dicha evaluación identifica, valora y cuantifica los costos y beneficios desde el punto de vista social, generados por este Proyecto.

La evaluación se desarrolla comparando la situación actual que prevalece (problemática) y una proyección de lo que pasaría en caso de mantener constantes los niveles actuales (situación sin proyecto), y se compara con la situación que se tendría en caso de ejecutar el Proyecto.

Objetivo del Proyecto	Garantizar un servicio eficiente y sostenible en el tiempo mediante el cual se priorice el aprovechamiento de los residuos sobre la disposición final.
Tipo de PPI	Proyecto de Infraestructura Social
Problemática Identificada	La problemática presentada puede dividirse en los siguientes puntos: - Fin de la vida útil del Relleno Sanitario Actual: el relleno sanitario actual ha operado de manera ininterrumpida desde hace 29 años dando servicio a las Municipios de Aldama, Aquiles Serdán y Chihuahua y recibe en promedio 1,200 toneladas de residuos diarias; y dado que no se cuenta con ningún tipo de aprovechamiento, el Relleno Sanitario está llegando al final de su vida útil, la cual se estima llegue a su fin al concluir el año 2023, lo que hace imperante su reemplazo y/o ampliación. - No se cuenta con infraestructura para el aprovechamiento: actualmente el Municipio de Chihuahua no cuenta con infraestructura que permita la separación y valorización de los residuos, por lo que todos los residuos que se generan son confinados, lo que ocasiona que la vida útil del Relleno Sanitario decrezca de forma más acelerada, se desperdicie el valor intrínseco de los residuos, no se cumpla con las metas federales, estatales y municipales en lo que respecta a una gestión sustentable de los residuos y además de que se propiciar la generación de gases efecto invernadero.
Localización del PPI	El Proyecto se localizará dentro de los confines del Municipio de Chihuahua, sin embargo, tendrá diversas localidades, las cuales se mencionan en la siguiente tabla:

Tabla 1.1. Localización Geográfica del Proyecto

Componente	Coordenadas	Dirección
Estación de Transferencia	28°39'55.7" N 106°00'13.7" O (28.665475, -106.003797)	Ave Juan Pablo II a un costado de la PTAR Sur.
Sitio de Disposición Final	28°29'59.84" N, 105°53'29.96" O (28.499955555, -105.891655555)	Salida a Delicias, 1.5 km antes del Templo Católico San Judas Tadeo
Clausura de SDF actual	28°41'12.53" N, 105° 59'32.28" O (28.686813888, -105.9923)	A 200 m de la calle "Valle del Rosario" y a 2,140 m del kilómetro 6 de la carretera "Chihuahua-Aldama", en terrenos expropiados al ejido de Tabalaopa, sobre la vialidad Fuerza Aérea.

Fuente: Estudio Diagnóstico.

Dentro de los componentes del Proyecto se encuentra la construcción de una Estación de Transferencia, la cual se localiza sobre la Avenida Fuerza Aérea Mexicana entre la carretera Chihuahua-Ojinaga y el Blvd. Juan Pablo II, a una distancia aproximada de 6.5 km desde el centro de la ciudad y a 31 km. del Nuevo Relleno Sanitario Municipal.

En el capítulo correspondiente se incluyen imágenes.

El Proyecto en mención, está enfocado en priorizar el aprovechamiento sobre el confinamiento de los residuos, para ellos se tiene contemplado desarrollar los siguientes componentes.

Breve descripción del Proyecto

- Ampliación del Relleno Sanitario Actual.
- Construcción de un Nuevo Relleno Sanitario Municipal que pueda recibir y procesar las casi 1,140 toneladas diarias que se generan en los municipios de Chihuahua, Aquiles Serdán y Aldama.
- Construcción de una Estación de Transferencia. Dado que territorialmente Chihuahua es un municipio extenso, es necesario construir una Estación de Transferencia que disminuya los trayectos y a su vez los costos de transportación de las unidades de recolección.
- Planta de Valorización. Con la finalidad de disminuir el confinamiento de los residuos y buscar la sostenibilidad del Proyecto, se tiene contemplado la construcción de una Planta de Valorización de Residuos, y Procesamiento de Orgánicos.
- Clausura del Relleno Sanitario Actual. Es necesario clausurar el Relleno Sanitario Actual, para cumplir con la normatividad vigente y

no dejar un pasivo ambiental en el municipio.

Horizonte de Evaluación	Se contempla un horizonte de evaluación de 48 años, de los cuales año y medio son de inversión.
-------------------------	---

A continuación, se presenta una tabla con los Principales costos de operación y mantenimiento del Proyecto.

Descripción de los Principales costos del Proyecto	Concepto	Monto sin IVA (mdp)
	Gastos de operación del Nuevo Relleno Sanitario	\$15,310,731.0
	Gastos de operación de la Estación de Transferencia	\$114,972,471.0
	Gastos de operación de la Planta de Separación	\$68,837,878.0
	Gastos de operación del Sitio Clausurado	\$450,000.0
	Total	\$199,571,080.0

Como se puede apreciar en la tabla anterior los costos anuales de operación y mantenimiento rondan los **\$200 mdp**.

En resumen, los beneficios que se identificaron para este proyecto son:

Descripción de los Principales Beneficios del Proyecto	Por un lado, los beneficios directos son:
	• Evitar la contaminación del subsuelo y mantos acuíferos al proteger el suelo y canalizar los lixiviados. • Disminución en la contaminación del aire al controlar los gases invernadero generados por la basura, como el metano, del relleno existente. • Revalorización al máximo de los residuos. • Mejora en la provisión de servicios públicos municipales. • Cumplimiento con la normatividad ambiental nacional e internacional.

El monto total de inversión del proyecto planteado es de **\$1,220,645,451** (Mil doscientos veinte millones seiscientos cuarenta y cinco mil cuatrocientos cincuenta y un pesos 00/100 M.N.) sin IVA y **\$1,415,948,723** (Mil cuatrocientos quince millones novecientos cuarenta y ocho mil setecientos veintitrés pesos 00/100 M.N.) con IVA.

Monto Total de Inversión del PPI	Concepto	Monto
	Ampliación del Relleno Sanitario	\$56,678,528
	Estación de Transferencia	\$168,584,589
	Nuevo Relleno Sanitario	\$243,664,880
	Planta de Valorización	\$659,233,454
	Clausura del Relleno Sanitario Actual	\$92,484,000
	Total Sin IVA	\$1,220,645,451
	Total Con IVA	\$1,415,948,723

Riesgos Asociados al PPI	Dentro de la matriz de riesgos del Proyecto, sólo se cuenta con un riesgo identificado como alto y fuera del alcance del del Municipio de Chihuahua, el cual es la disponibilidad de financiamiento público, es decir la suficiencia presupuestaria para llevar a cabo el PPI. Dado que, si no se cuenta con la parte de recurso de una de las fuentes de financiamiento, el programa corre el riesgo de no poder ejecutarse.
	La medida de mitigación para este riesgo es presentar en tiempo y forma la evaluación socioeconómica que justifique la inversión pública solicitada, cumpliendo con todos los requisitos del proceso para asignación de recursos públicos. Otros riesgos considerados como medios o bajos, siendo el impacto principal el retraso en la ejecución de la obra, afectando el costo.
Indicadores de Rentabilidad	Los indicadores de rentabilidad resultantes de la evaluación socioeconómica muestran la rentabilidad del presente PPI, ya que este cuenta con Valor Actual Neto Social de \$\$1,802.5 mdp, mientras que la Tasa Interna de Retorno es del 22.5%, lo cual es superior a la Tasa Social de Descuento del 10%. Con lo anterior se muestra que los beneficios esperados del Proyecto son superiores a los costos esperados del mismo generando así un beneficio neto a la sociedad.
Conclusiones y Recomendaciones	La construcción de un nuevo relleno sanitario en el Municipio de Chihuahua es relevante al considerar que la vida útil del actual relleno está llegando a su fin. Chihuahua es un Municipio que se caracteriza por su desarrollo económico y su crecimiento demográfico lo cual con lleva a un incremento en la generación de residuos, es por ello que contar con un relleno sanitario nuevo es una de las prioridades del municipio. Los componentes que integran el presente proyecto están encaminados a priorizar la separación y valorización de los residuos sobre el confinamiento de los mismos, con ello se minimizan los impactos negativos al medio ambiente que este tipo de proyectos, por su naturaleza, con llevan. El Proyecto cubre las necesidades de los Municipios de Chihuahua, Aldama y Aquiles Serdán en materia de disposición final, generando fuentes de empleo directos e indirectos, además de dar cumplimiento a la normativa vigente.

Adicionalmente, el Proyecto cuenta con indicadores de rentabilidad que demuestran que este Proyecto aporta beneficios netos a la población, demostrando su rentabilidad social.

Por lo anterior, se recomienda la ejecución del Proyecto precisando que estas acciones tendrían un impacto inmediato en el medio ambiente, en la salud y en la imagen urbana de los municipios.

2. Situación Actual

En este capítulo se describirán las características geográficas, demográficas y socioeconómicas del Municipio de Chihuahua, ya que son factores importantes para entender la problemática que prevalece en materia de Residuos Sólidos Urbanos (**RSU**), adicionalmente se explicará brevemente el proceso de recolección y traslados de los RSU que actualmente impera en el municipio, se describirá la infraestructura y equipo con el cual el municipio da el servicio de recolección, transferencia y disposición final de los RSU.

Las fuentes de información sobre la situación actual y algunas de las proyecciones consideradas en este estudio son principalmente la “Evaluación de la situación actual y plan de clausura del relleno sanitario actual del municipio de Chihuahua” elaborado por la UACH en 2022; el “Estudio Diagnóstico, Generación y Composición de los Residuos” (2023) para el Proyecto Integral de Residuos para el municipio de Chihuahua.

Se describirá puntualmente la problemática existente, y se dará una proyección de la oferta y demanda del servicio de RSU, donde se mostrará un déficit el cual resalta la necesidad de contar con un Proyecto de Inversión que cubra las necesidades de la población.

2.1. Diagnóstico de la Situación Actual

Conforme lo establece la fracción XXXIII del Artículo 5 de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (**LGPGIR**), los Residuos Sólidos Urbanos (**RSU**) son “Los generados en las casas habitación, que resultan de la eliminación de los materiales que utilizan en sus actividades domésticas, de los productos que consumen y de sus envases, embalajes o empaques; los residuos que provienen de cualquier otra actividad dentro de establecimientos o en la vía pública que genere residuos con características domiciliarias, y los resultantes de la limpieza de las vías y lugares públicos, siempre que no sean considerados por esta Ley como residuos de otra índole”. Por otra parte, en el Artículo 10 de la **LGPGIR** se señala que, “...**los ayuntamientos son los responsables o de la gestión integral de los RSU, contando, para ello, con la colaboración y el apoyo del gobierno estatal y federal**”.

Dentro de las características principales para la gestión integral de los RSU, es conocer la generación per cápita, peso volumétrico y composición de los mismos, ya que son características que se utilizan para determinar y dimensionar las instalaciones y equipo requerido para su adecuada gestión. Las tecnologías o procedimientos para procesar, tratar, separar y valorizar los RSU, son muy diversas y dependen de las características de los RSU antes mencionadas (generación per cápita, peso volumétrico y composición), así como de las distancias y tamaños de los municipios o localidades, entre los componentes más utilizados están: equipo de recolección; estaciones de transferencia; sistemas de tratamiento o aprovechamiento; y sitios de disposición final.

Generación Per Cápita a Nivel Nacional

De acuerdo al Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos (**DBGIR**), publicado por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (**SEMARNAT**) en el año 2020, La generación per cápita es un indicador que se utiliza para estimar la cantidad de residuos producidos en las localidades, para dimensionar las instalaciones o equipos necesarios para su recolección, aprovechamiento o disposición final.

La SEMARNAT calculó la generación per cápita a nivel nacional con base en 287 datos, todos ellos respaldados en estudios de generación y composición, realizados de acuerdo con la normatividad en la materia, adicionalmente con toda la información recabada estimó la cantidad de residuos generados por tamaño de municipio, región y nivel nacional; los cuales se muestran en las siguientes tablas.

Tabla 2.1. Generación Per Cápita en México

Promedio de Generación Per Cápita	kg/hab/día
De origen domiciliario	0.653
De origen no domiciliario	0.291
Total	0.944

Fuente: Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos, 2020.

Como se puede apreciar en la tabla anterior, para el cálculo de la generación per cápita, también se toma en cuenta los residuos de origen no domiciliario, los cuales también son conocidos como Residuos de Manejo Especial (**RME**), los cuales conforme lo establece la Fracción XXX del Artículo 5 de la LGPGIR, son aquellos generados en los procesos productivos, que no reúnen las características para ser considerados como peligrosos o como residuos sólidos urbanos, o que son producidos por grandes generadores de residuos sólidos urbanos, por lo cual en la mayoría de las ocasiones terminan en los mismos sitios de disposición final que los RSU.

Adicionalmente, se hizo una comparación de los resultados de la generación per cápita de RSU domiciliarios obtenidos con el muestreo realizado con otros datos estimados o de literatura.

Tabla 2.2. Comparación de los valores de GPC obtenidos contra datos de literatura

GPC DE RSU RESULTANTE DEL MUESTREO (kg/hab/día)	SEMARNAT 2014 ¹	INECC- SEMARNAT 2012 ²	SEMARNAT 2006 ³
Índice	0.990	0.852	0.81-0.9

Fuente 1: Media nacional especificada en “El Medio Ambiente en México 2013-2014”. Cap. 7 Residuos.

Fuente 2: Media nacional especificada en el “Diagnóstico básico para la gestión integral de los residuos”, 2012

Fuente 3: Media nacional especificada en “El Medio Ambiente en México en resumen”. Cap. 8 Residuos. 2006

Como se puede apreciar de la tabla anterior, los índices de generación per cápita, son menores que los presentados en la tabla 2.1, sin embargo, en la tabla 2.2 no se toman en cuenta los residuos no domiciliarios, que como se mencionó anteriormente, los residuos domiciliarios y no domiciliarios generalmente terminan en los mismos sitios de disposición final.

Es por lo anterior que para el cálculo del índice de generación per cápita se toma en cuenta residuos de origen domiciliario como residuos de origen no domiciliario.

Adicionalmente, otro dato que sirve de guía es la generación per cápita por región, la cual se presenta a continuación.

Tabla 2.3. Generación per Cápita de Residuos por Región

Región	Generación per Cápita (kg/hab/día)		
	Domiciliaria	No Domiciliaria	Total
Noroeste	0.727	0.356	1.083
Noreste	0.762	1.047	1.047
Occidente	0.663	0.281	0.944
Centro	0.588	0.178	0.766
Sur	0.629	0.374	1.003
Sureste	0.743	0.124	0.867

Fuente: Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos, 2020.

Como se puede apreciar en la tabla anterior, el índice de generación per cápita más alto a nivel nacional se encuentra en la región noroeste del país, región donde se encuentra el Municipio de Chihuahua, el cual es la zona de influencia del presente estudio.

También, dentro del DBGIR se establecen los índices de generación per cápita por tamaño de municipio, lo cual es una guía importante para conocer la cantidad de residuos que se pueden generar en la zona de influencia del estudio.

Tabla 2.4. Generación Per Cápita por Tamaño de Municipio

Población (miles)	Generación Per Cápita (kg/hab/día)		
	Domiciliaria	No Domiciliaria	Total
< 10	0.642	0.221	0.863
10 - 20	0.653	0.252	0.905
20 - 30	0.671	0.252	0.923

Tabla 2.4. Generación Per Cápita por Tamaño de Municipio

Población (miles)	Generación Per Cápita (kg/hab/día)		
	Domiciliara	No Domiciliaria	Total
30 - 40	0.642	0.242	0.884
40 - 50	0.529	0.208	0.737
50 - 100	0.635	0.270	0.905
> 100	0.695	0.376	1.071

Fuente: Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos

Los datos presentados en la tabla anterior nos indican que la generación per cápita esperada para el Municipio de Chihuahua es de **1.071 kg/hab/día**, sin embargo, éste dato es solo una guía, ya que el índice de generación per cápita del presente estudio se obtuvo utilizando la metodología establecida por la normativa vigente y con niveles de confiabilidad que den certeza en la selección de las muestras.

Caracterización de los RSU a Nivel Nacional

Es importante mencionar, que, de acuerdo con el Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos, SEMARNAT 2020, el porcentaje de residuos susceptible de aprovechamiento es cercano al 32%, esto son estimaciones derivadas de estudios y análisis a nivel nacional.

Tabla 2.5. Composición Porcentual Promedio de los Residuos

Categoría	Subproductos	Porcentaje
Susceptibles de Aprovechamiento 31.55%	Cartón	4.55%
	Envase de Cartón Encerado	1.51%
	Fibras Sintéticas	0.34%
	Hule	0.54%
	Lata	0.98%
	Material Ferroso	0.88%
	Material No Ferroso	0.57%
	Papel	5.07%
	PET	2.63%
	Plástico rígido y de película	7.66%
	Poliestireno expandido	1.55%
	Poliuretano	0.55%
	Vidrio de color	1.60%
	Vidrio transparente	3.13%
Orgánicos 46.42%	Cuero	0.46%
	Fibra Dura Vegetal	0.73%
	Hueso	0.52%
	Madera	0.79%
	Residuos alimentarios	33.07%

Tabla 2.5. Composición Porcentual Promedio de los Residuos

Categoría	Subproductos	Porcentaje
	Residuos de jardinería	10.84%
Otros 22.03%	Algodón	0.15%
	Loza y cerámica	0.46%
	Material de construcción	0.70%
	Pañal desechable	6.75%
	Residuo fino	2.25%
	Trapo	2.82%
	Otros	8.90%
Total		100.00%

Fuente: Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos, SEMARNAT 2020.

Conforme se establece en la tabla anterior la mayor composición de residuos a nivel nacional son los residuos de origen orgánico los cuales son los principales generadores de gases efecto invernadero que se generan con la descomposición de estos residuos, adicionalmente, estos residuos al combinarse con el agua pluvial se genera un líquido altamente contaminante denominado lixiviado, el cual debe de ser tratado y procesado dentro de los rellenos sanitarios.

Es importante resaltar que la segunda categoría de residuos, en cantidad, son los residuos susceptibles de aprovechamiento, lo cual demuestra la necesidad y área de oportunidad de los operadores de los rellenos sanitarios de impulsar la construcción y equipamiento de plantas de separación y valorización de residuos.

Residuos de Manejo Especial

Los Residuos de Manejo Especial (**RME**) son aquellos generados en los procesos productivos, que no reúnen las características para ser considerados como peligrosos o como residuos sólidos urbanos, o que son producidos por grandes generadores de residuos sólidos urbanos. La Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (**LGPGIR**) en su última reforma publicada en el Diario Oficial de la Federación (**DOF**) el 22 de mayo de 2015 define a un gran generador como una “persona física o moral que genere una cantidad igual o superior a 10 toneladas”, (Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, 2015) lo que equivale a una generación 27 kg/día.

La LGPGIR establece en el artículo 7 fracción V que son facultades de la federación expedir las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) que establezcan los criterios para determinar qué residuos estarán sujetos a planes de manejo, que incluyan los listados de éstos, y que especifiquen los procedimientos a seguir en el establecimiento de dichos planes. La SEMARNAT publicó la NOM-161-SEMARNAT-2011, la cual establece los criterios para clasificar a los Residuos de Manejo Especial y determinar cuáles están sujetos a Plan de Manejo; el listado de estos, el procedimiento para la inclusión o exclusión a dicho listado; así como los elementos y procedimientos para la

formulación de los planes de manejo. La ley incluye a todos los tipos susceptibles de realizar planes de manejo, pero los de RSU y RME están fuera de esa lista.

El sistema de manejo utilizado para los RME es el mismo que el de los RSU, ya que normalmente es el mismo sistema de recolección de los municipios el que se encarga de recolectar y llevar los RME a estaciones de transferencia, plantas de separación o valorización hasta su destino final. Como se mencionó anteriormente, en la clasificación de RME establecida en la LGPGIR, se indica que son RME los generados por grandes generadores de RSU; sin embargo, esta clasificación expresada a partir de la regulación, no es aplicada por los sistemas públicos de recolección, de manera que igual recogen de un domicilio que de una pequeña industria, comercio o servicio.

Aunado a lo anterior, las entidades no han generado Programas Estatales para Prevención y Gestión Integral de Residuos (**PEPGIR**), para el periodo 2013–2019, únicamente se publicaron cuatro nuevos programas: i) Estado de México; ii) San Luis Potosí; iii) Tlaxcala; y iv) Zacatecas, y otras cuatro entidades actualizaron sus programas como son: i) Ciudad de México; ii) Jalisco; iii) Sinaloa; y iv) Tabasco.

Recolección, Traslado, Equipamiento y Disposición Final a Nivel Nacional

El ciclo del servicio de prestado por los municipios en materia de residuos inicia con la recolección de los mismos, actividad de suma importancia debido a que previene que los generadores propicien su dispersión sin control en el ambiente. La recolección es el punto de partida de cualquier sistema de gestión integral de residuos.

Tabla 2.6. Generación y Recolección de RSU por Entidad Federativa

Entidad Federativa	Generación Calculada (ton/día)	Recolección (ton/día)	Porcentaje de Cobertura
Aguascalientes	1,330	942	70.83%
Baja California	3,535	2,957	83.65%
Baja California Sur	737	1,081	146.68%
Campeche	888	792	89.19%
Coahuila	3,032	2,286	75.40%
Colima	743	787	105.92%
Chiapas	4,964	2,886	58.14%
Chihuahua	3,638	3,504	96.32%
Ciudad de México	9,552	10,049	105.20%
Durango	1,767	1,327	75.10%
Guanajuato	6,031	4,155	68.89%
Guerrero	3,421	2,670	78.05%
Hidalgo	2,694	2,128	78.99%

Tabla 2.6. Generación y Recolección de RSU por Entidad Federativa

Entidad Federativa	Generación Calculada (ton/día)	Recolección (ton/día)	Porcentaje de Cobertura
Jalisco	7,961	7,451	93.59%
Estado de México	16,739	12,409	74.13%
Michoacán	4,459	4,615	103.50%
Morelos	1,878	1,456	77.53%
Nayarit	1,146	1,843	160.82%
Nuevo León	5,310	4,564	85.95%
Oaxaca	3,538	1,985	56.11%
Puebla	5,991	4,218	70.41%
Querétaro	2,085	1,867	89.54%
Quintana Roo	1,546	2,538	164.17%
San Luís Potosí	2,640	1,870	70.83%
Sinaloa	3,068	3,139	102.31%
Sonora	2,916	2,468	84.64%
Tabasco	2,471	1,991	80.57%
Tamaulipas	3,591	3,054	85.05%
Tlaxcala	1,123	1,059	94.30%
Veracruz	7,813	6,102	78.10%
Yucatán	2,016	1,487	73.76%
Zacatecas	1,505	1,071	71.16%

Fuente: Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos, SEMARNAT 2020.

Como se puede apreciar en la tabla anterior el promedio de recolección a nivel nacional es del 83%, lo que representa que cerca de 20,000 ton/día de residuos no sean recolectados, En algunas entidades federativas, como Baja California Sur, Nayarit y Quintana Roo, el índice de cobertura de recolección es superior al 100%, debido a que la cantidad de residuos recolectados que se reportan en el Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Delegacionales (**CNGMD**) 2017, posiblemente incluya los residuos generados en las actividades turísticas. Resalto los casos de Oaxaca y Chiapas donde la cobertura de recolección es inferior al 60%.

Otro dato, que nos puede dar un contexto relevante en materia de recolección, es el porcentaje de cobertura en recolección dependiendo del tamaño del municipio.

Tabla 2.7. Cobertura de Recolección por Tamaño de Municipio

Tamaño del Municipio (miles)	Generación Estimada de Residuos (ton/día)	Recolección (ton/día)	Cobertura (%)
< 10	3,675	2,170	59.05%
10–20	6,215	4,010	64.52%

Tabla 2.7. Cobertura de Recolección por Tamaño de Municipio

Tamaño del Municipio (miles)	Generación Estimada de Residuos (ton/día)	Recolección (ton/día)	Cobertura (%)
20–30	5,839	3,933	67.36%
30–40	4,811	4,579	95.18%
40–50	3,262	2,622	80.38%
50–100	13,278	10,920	82.24%
> 100	83,048	72,517	87.32%

Fuente: Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos, SEMARNAT 2020.

Como se puede apreciar en la tabla anterior, los municipios de menos de 30 mil habitantes son los municipios que tienen el peor índice de cobertura en lo que respecta a la recolección, esto debido a que son municipios mayoritariamente rurales con poblaciones dispersas y con presupuestos escasos.

A nivel nacional existen 2,516 prestadores de servicio (públicos, privados y sociales) de recolección de éstos, 2,192 (el 87.1%) de ellos pertenecen al sector público, 247 (9.8%) son prestadores del servicio del sector privado, sin embargo, en municipios donde la población es mayor a 100 mil habitantes la participación del sector privado asciende al 40.6%, y en los municipios donde la población es menor a 100 mil habitantes el sector público cubre el 98.6% del servicio.

Otro indicador importante en materia de recolección, es la recolección selectiva, la cual se alinea con lo señalado en la LGPGIR en donde se subraya que los residuos podrán subclasificarse en orgánicos e inorgánicos con el objeto de facilitar su separación primaria y secundaria, lo cual facilita el reciclaje de la Fracción Inorgánica de los Residuos Sólidos Urbanos (**FIRSU**), y el compostaje o la biodigestión de la Fracción Orgánica de los Residuos Sólidos Urbanos (**FORSU**).

A nivel nacional, se recolectan por separado 5,281 ton/día, siendo 2,062 ton/día residuos orgánicos y 3,219 ton/día de residuos inorgánicos, de acuerdo con información publicada en CNGMD 2017, la recolección selectiva de residuos se realiza en 144 municipios de las 24 entidades federativas siguientes: Chiapas, Chihuahua, Ciudad de México, Colima, Durango, Estado de México, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Morelos, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, Quintana Roo, San Luis Potosí, Sonora, Tabasco, Tamaulipas, Veracruz, Yucatán y Zacatecas.

En lo que respecta a la transferencia de los RSU, en el país se tiene registrado que existen un total de 127 Estaciones de Transferencia, las cuales están ubicadas en 112 municipios de 23 entidades federativas, de las cuales en 71 Estaciones de Transferencia únicamente se transfieren los residuos de los camiones recolectores a unidades de traslado de mayor capacidad, mientras que en 56 se realizan, además, otros procesos, como: i) la compactación de residuos (24 instalaciones); ii) la selección de residuos; iii) reciclables (37) y; iv) otras actividades complementarias no especificadas.

Es importante mencionar que el 50% de las estaciones de transferencia ubicadas, se encuentran en municipios con poblaciones mayor a 100 mil habitantes. Es importante mencionar que solo el 4.5% de los municipios del país cuenta con estaciones de transferencia.

De acuerdo con información del Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos, SEMARNAT 2020, 93 Estaciones de Transferencia son operadas por el sector público mientras que 29 de ellas son operadas por el sector privado.

En lo que respecta al aprovechamiento se incluye información de centros acopio y plantas de separación y valorización tanto de residuos orgánicos, como de residuos inorgánicos.

De acuerdo con información del Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos, SEMARNAT 2020, en el país existen un total de 173 centros de acopio de materiales reciclables en 19 entidades federativas del país, estos centros son instalaciones que pueden ser operadas por administraciones tanto estatales como municipales o incluso por el sector privado y cuyo fin es captar materiales seleccionados para dar un confinamiento adecuado o canalizarlos a procesos de reciclaje. A continuación, se presenta una tabla con la cantidad de materiales reciclables captados por estos centros.

Tabla 2.8. Cobertura de Recolección por Tamaño de Municipio

Material Reciclable	Cantidad Promedio Reciclada en los Centros (kg/día)	Porcentaje
Papel y cartón	10,874	28.3
PET	8,521	22.17
Aluminio	974	2.53
Fierro, lámina y acero	3,827	9.96
Cobre, bronce y plomo	672	1.75
Vidrio	7,094	18.46
Eléctricos y electrónicos	893	2.32
Plásticos	3,940	10.25
Cartón laminado	43	0.11
Otros reciclables	1,593	4.15

Fuente: Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos, SEMARNAT 2020.

Como se puede apreciar en la tabla anterior, la cantidad de residuos que pasan ingresan a los centros de acopio es muy bajo con relación a la cantidad de residuos generado por día a nivel nacional, lo cual demuestra en parte el bajo nivel de reciclaje que se tiene.

Dentro de la fase de aprovechamiento de los residuos, también se ubican las plantas de tratamiento o aprovechamiento de residuos, éstas son instalaciones automatizadas, mecánicas o manuales enfocadas a la valorización de los residuos, sin embargo, la cantidad de plantas instaladas en el

país es muy bajo, ya que a nivel nacional solo se cuenta con 47 plantas ubicadas en 43 municipios de 15 entidades federativas.

De total de plantas existentes en el país 44 de ellas están enfocadas al tratamiento de la fracción inorgánica de los residuos, las cuales se clasifican de la siguiente manera: i) 26 plantas de selección de residuos inorgánicos; ii) 13 plantas de compactación de residuos inorgánicos; y iii) 5 plantas de trituración de residuos.

En lo que respecta a la fracción orgánica de los residuos, se tienen en total 29 plantas de las cuales 19 de ellas realizan un proceso de valorización de ésta fracción a través del compostaje y 5 son plantas de biodigestión. Es importante mencionar que en algunas plantas se realizan procesos de valorización tanto de residuos orgánicos como de inorgánicos por eso es la cantidad de plantas de tratamiento (47) no coincide con la suma de los procesos.

A continuación, se presenta una tabla con la cantidad residuos que ingresan a las plantas de valorización identificadas.

Tabla 2.9. Cantidad de Residuos que Ingresan a las Plantas de Aprovechamiento a Nivel Nacional

Entidad Federativa	Cantidad de Residuos Ingresados (ton/día)
Chiapas	15.0
Chihuahua	224.5
Ciudad de México	6,199.0
Estado de México	60.7
Guanajuato	25.8
Jalisco	86.9
Michoacán	81.9
Nuevo León	1,392.1
Oaxaca	42.7
Puebla	0.9
Quintana Roo	457.6
Sonora	0.8
Tabasco	248.6
Yucatán	102.0

Fuente: Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos, SEMARNAT 2020.

Como se puede apreciar en la tabla anterior, solo 8,939 toneladas de residuos ingresan diariamente a las plantas de valorización, de las 120 mil toneladas de residuos que se generan a diariamente a nivel nacional, esto quiere decir que solo el 7.4% del total de residuos generados son valorizados,

cuando el 77.9% (31.55% residuos susceptibles de aprovechamientos) son susceptibles de ingresar a plantas de valorización.

El último paso en este proceso es la Disposición Final de los residuos, que, en un servicio eficiente, a confinamiento solo se deberían de enviar los residuos que ya no es posible valorizar o reciclar. En México se tiene registrados 2,203 Sitios de Disposición Final (**SDF**), los cuales reciben un total de 86,352.7 ton/día de residuos.

De acuerdo con información del Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos, SEMARNAT 2020, de la totalidad de sitios de disposición final que existen en nuestro país, considerando la cantidad de residuos que reciben diariamente, se identifica que 162 son de Tipo A, porque reciben una cantidad de residuos igual o mayor a 100 t/día; 109 son de Tipo B, porque reciben entre 50 a 100 t/día; 457 son de Tipo C, porque reciben entre 10 y 50 t/día; y 1,475 son sitios Tipo D ya que reciben menos de 10 t/día.

Un dato importante a destacar es que, del total de Sitios de Disposición final registrados, 228 de ellos se ubican en municipios con poblaciones mayores a 100 mil habitantes, los cuales reciben alrededor de 51,884 t/día de las 86,352.7 ton/día de residuos que son enviadas a sitios de disposición final.

Tabla 2.10. Cantidad de Residuos que Ingresan a las Plantas de Aprovechamiento a Nivel Nacional

Tamaño de Municipio (miles de habitantes)	Cantidad de Residuos (ton/día)	Total de SDF	Cantidad de SDF Según su Clasificación			
			Tipo A, mayor 100 ton/día	Tipo B, de 50 a 100 (ton/día)	Tipo C, de 10 a 50 (ton/día)	Tipo D, menor a 10 (ton/día)
< 10	2,416	877	3	0	22	852
10–20	4,789	395	4	6	113	272
20–30	3,609	234	3	8	88	135
30–40	4,186	152	4	6	77	65
40–50	3,159	108	4	7	57	40
50–100	16,310	209	27	59	72	51
> 100	51,884	228	115	25	28	60

Fuente: Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos, SEMARNAT 2020.

En lo que respecta al equipamiento de los SDF, se tiene conocimiento que sólo 190 sitios (8.62%) cuentan con báscula para el pesaje de los residuos que ingresan diariamente a estos; 359 sitios (16.30%) cuentan con infraestructura para la captura de lixiviados (contaminantes líquidos generados principalmente cuando un caudal de agua pasa a través de los residuos, y son altamente contaminantes) y solo 91 SDF de los 359 cuenta con infraestructura adecuada para su tratamiento; y finalmente 213 sitios (9.67%) cuenta con infraestructura para la captura de biogás; 326 sitios

(14.80%) cuentan con geomembrana para aislar a los residuos del suelo y; 955 sitios (43.35%) cuentan con cerca perimetral para delimitar el sitio del entorno.

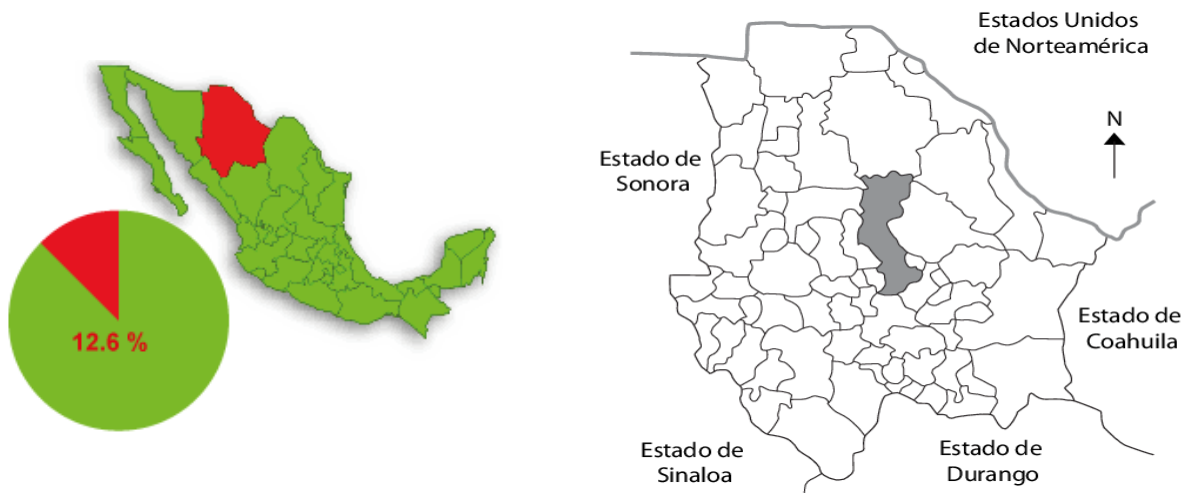
2.2. Área de Influencia y Localización Geográfica

El presente estudio se desarrolló en la Ciudad de Chihuahua, capital del Estado de Chihuahua, El Estado de Chihuahua cuenta con tiene una extensión de 247,412.6 km² lo que representa 12.6% de la superficie del país¹. Al norte colinda con los Estados Unidos de América; al este colinda con los Estados Unidos de América, Coahuila y Durango; al sur con Durango y Sinaloa; al oeste con los Estados Unidos de América, Sinaloa y Sonora.

La entidad se encuentra, en su mayor parte, bajo la influencia de climas con un alto índice de aridez, donde las lluvias son escasas y mal distribuidas. La sequía es muy recurrente, de gran magnitud, sus efectos se van acumulando lentamente y su presencia en ocasiones dura varios años, lo que impacta en las actividades agrícolas y pecuarias, las urbano-industriales y las forestales.

Los suelos predominantes en las provincias fisiográficas Sierra Madre Occidental son Regosoles y Leptosoles (suelos jóvenes o someros), seguidos por Feozem y Cambisoles y, en menor proporción, Luvisoles (suelos maduros o profundos). En la provincia del Altiplano y Sierras de Oriente predominan los Calcisoles, Arenosoles en las planicies y Regosoles y Leptosoles en las sierras, mientras que en las Cuencas Cerradas predominan Gypsisoles, Calcisoles, Vertisoles, Arenosoles y Fluvisoles.

Imagen 2.1. Porcentaje de Territorio y Ubicación del Estado de Chihuahua



Fuente: Estudio Diagnóstico

¹ **Fuente:** INEGI

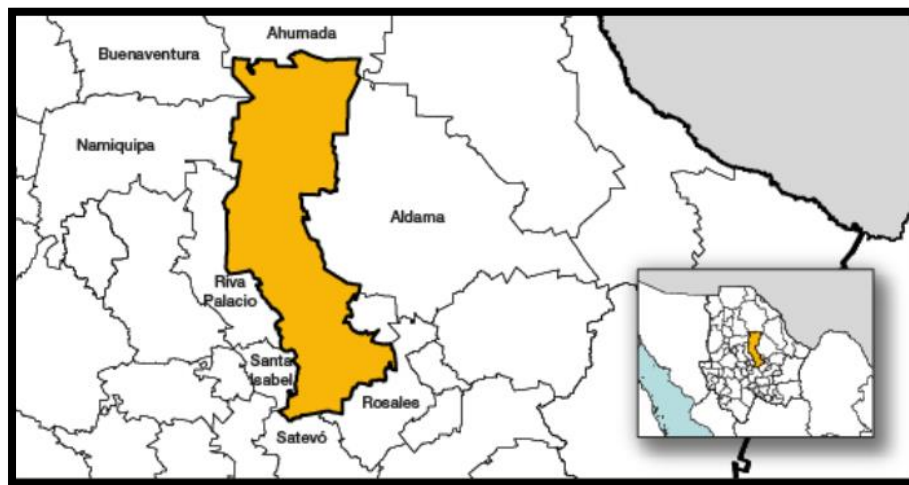
El estado está dividido en 67 municipios de acuerdo a la División Geoestadística del Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica (**SNIEG**) establecida por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (**INEGI**). De acuerdo con esta clasificación el Municipio de Chihuahua tiene como su cabecera municipal a la ciudad de Chihuahua.

La distribución demográfica muestra que el 21.7% de la población total del estado se ubica en el Municipio de Chihuahua, situándolo como el segundo municipio más poblado de la entidad; a su vez el 97.2% de la población municipal se asienta en la ciudad y el 2.8% en 303 localidades rurales, de las cuales el 90.4% tienen menos de 100 habitantes y se encuentran dispersas en el territorio.

En lo que respecta al Municipio de Chihuahua, se encuentra localizado en el centro del estado y colinda al norte con el Municipio de Ahumada; al este con los municipios de Aldama, Aquiles Serdán y Rosales; al sur con el Municipio de Satevó; y al oeste con los municipios de Buenaventura, Namiquipa, Riva Palacio y Santa Isabel. Este municipio cuenta con una extensión territorial de 9,219 km², lo que representa el 3.7% de la superficie estatal. La altura promedio del municipio es de 1,440 metros sobre el nivel del mar.

El municipio de Chihuahua se ubica en el centro del Estado, como se muestra en la imagen siguiente, entre las coordenadas 28° 05' y 29° 48' de latitud norte y los meridianos 105° 41' y 106° 38' de longitud oeste.

Imagen 2.2. Ubicación del Municipio de Chihuahua



Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Mapas. 2022

Geomorfología

El territorio del municipio es mayoritariamente plano, con llanuras que se extienden a partir de la ciudad de Chihuahua, que se ubica en la parte sur del municipio, hacia el norte, hasta el límite con el municipio de Ahumada. No obstante, existen algunas serranías importantes. Las principales se

ubicar en el oeste, en el límite con el municipio de Cuauhtémoc. De entre ellas destaca la Sierra Azul, que observa la mayor elevación del municipio, con casi 2,800 msnm. En el sureste del municipio existen otras serranías entre las que destaca la Sierra Nombre de Dios.

La ciudad de Chihuahua, que es la cabecera municipal, está flanqueada por dos elevaciones emblemáticas: los cerros Grande y El coronel. En la imagen siguiente se puede observar las elevaciones que rodean al municipio de Chihuahua.

Climatología

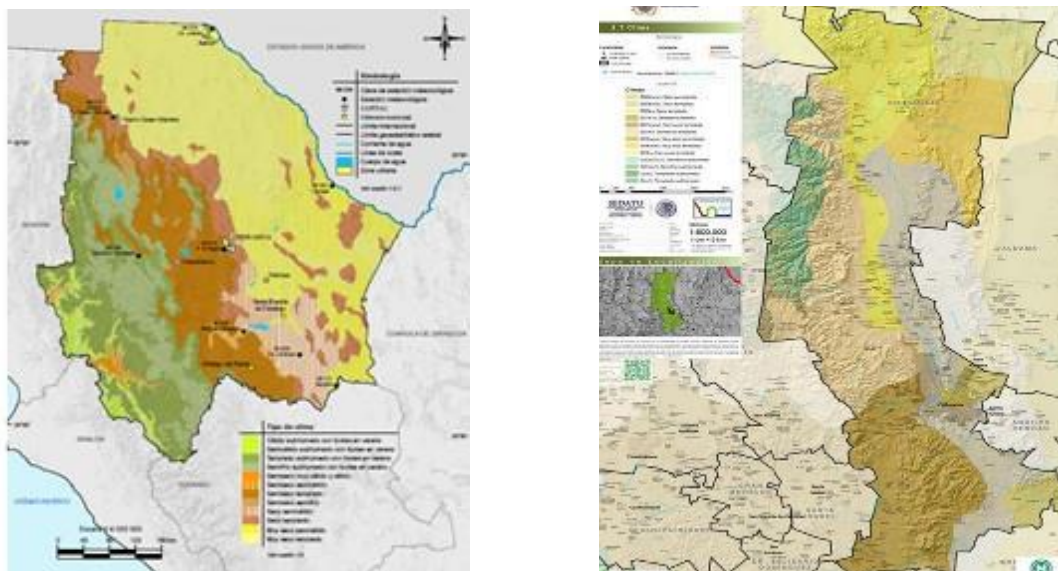
En el 40% de su territorio existe clima Muy seco, localizado en las sierras y Llanuras del Norte; 33% de clima Seco y semiseco en las partes bajas de la Sierra Madre Occidental y en el 24% Templado subhúmedo, localizado en las partes altas de la misma. Sólo una pequeña proporción del territorio (3%) presenta clima Cálido subhúmedo.

La temperatura media anual en el estado es de 17°C.; la temperatura más alta es mayor de 30°C, y se presenta en los meses de mayo a agosto y la más baja, alrededor de 0°C, en el mes de enero. Las lluvias son escasas y se presentan durante el verano, la precipitación total anual es alrededor de 500 mm anuales.

A pesar de que la escasez de agua es una limitante para la actividad agrícola, esta se practica de temporal y de riego, se cultiva: maíz, frijol, avena, alfalfa, algodón, sorgo, trigo, manzana entre otros. El clima seco y semiseco, favorece el crecimiento de pastizales en las planicies lo que ha favorecido el desarrollo de la ganadería.

En el municipio de Chihuahua se tiene un clima semifrío subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad (48.67%), templado subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad (30.33%), templado subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media (14.70%) y semicálido subhúmedo con lluvias en verano, de menor humedad (6.30%). En la figura siguiente se muestra una carta de clima del estado de Chihuahua y una carta del municipio de Chihuahua.

Imagen 2.4. Climas del Estado y Municipio de Chihuahua



Fuente: INEGI. Continuo Nacional del Conjunto de Datos Geográficos de la Carta de Climas

En la tabla siguiente se muestran la información más relevante referente al clima del municipio de Chihuahua, seco templado es lo que domina el territorio del municipio.

Tabla 2.11. Información principal del clima en el Municipio de Chihuahua

RANGO DE TEMPERATURA	RANGO DE TEMPERATURA	RANGO DE TEMPERATURA
10 – 20°C	200 - 600 mm	seco templado (35.0%), muy seco templado (16.4%), seco semicálido (4.0%), templado subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media (3.3%), semifrío subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media (2.9%) y semiseco semifrío (0.9%)

Fuente: Compendio de información geográfica municipal 2010, INEGI

Fisiografía

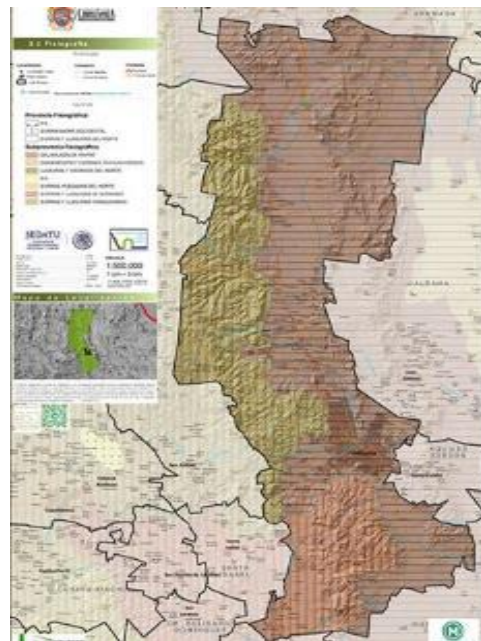
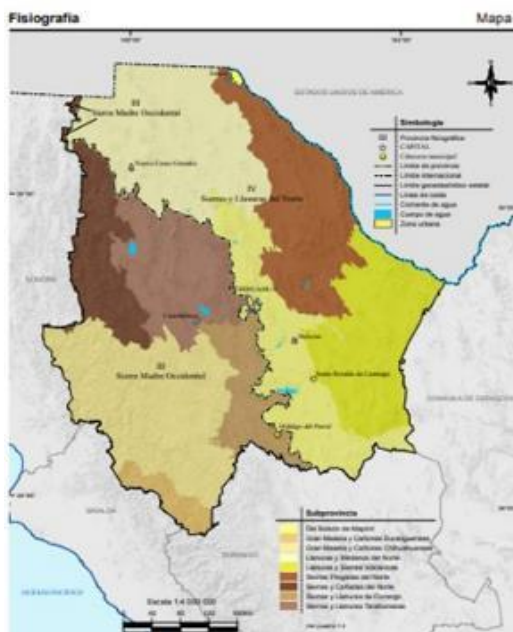
La fisiografía ofrece una visión general del gran mosaico de formas del relieve que caracterizan el territorio Nacional. Por medio de conjuntos paisajísticos relativamente homogéneos, identificados y definidos a partir de un análisis integral de información topográfica, geológica, hidrológica y edafológica. La importancia de la descripción fisiográfica reside en proporcionar un panorama completo de las características del medio natural de un área, lo que facilita la comprensión del relieve indicando implícitamente los aspectos climáticos, edafológicos y de vegetación.

El territorio municipal de Chihuahua se ubica en dos provincias fisiográficas: la parte oeste pertenece a la Sierra Madre Occidental y la parte Este a la denominada Sierras y Llanuras del Norte. En su territorio se intercalan amplias planicies con grandes serranías que corren en sentido norte sur.

El Municipio de Chihuahua pertenece a la vertiente occidental del Río Conchos, que se nutre de las principales corrientes del municipio. Existen 18 arroyos de importancia de los cuales aproximadamente 10 se encuentran canalizados en algunos tramos: Chamizal, Galera, Saucito, Mimbre, Nogales, Chuvíscar, Cantera, San Jorge, San Rafael, Plaza de Toros, La Manteca y el Picacho. De las regiones hidrológicas que comprende el estado, se desprenden dos vertientes: los ríos Chuvíscar y Sacramento que se unen en las inmediaciones del municipio Chihuahua.

Existen cuatro presas de importancia en el municipio de las cuales tres están situadas dentro de los límites de la ciudad: Chihuahua, Chuvíscar y El Rejón, mientras que La Presa de San Marcos se encuentra fuera del área metropolitana. La Presa Chihuahua abastece de agua a una pequeña parte de la ciudad y es utilizada como uso recreativo para la pesca. La Presa El Rejón, tiene una cortina de 33 metros de altura y 320 metros de largo, su capacidad útil es de 6.6 millones de metros cúbicos.

Imagen 2.8. Fisiografía Estado Chihuahua y del Municipio de Chihuahua

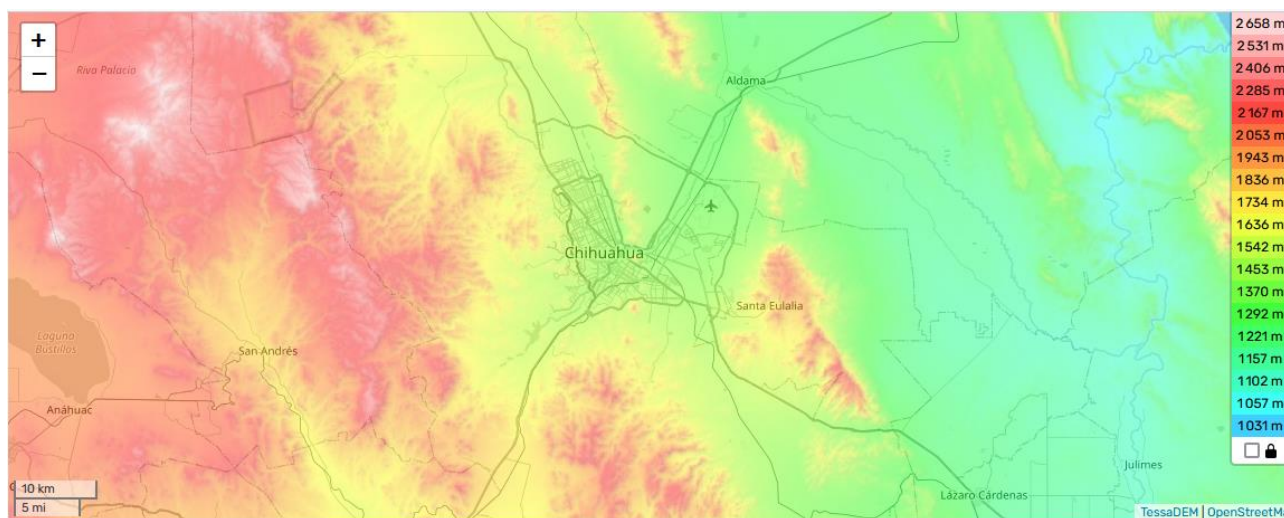


Fuente: Datos INEGI 2020

Topografía

La ciudad de Chihuahua se encuentra enclavada en un valle rodeada de las pequeñas serranías que recorren el municipio en dirección norte-sur, al oeste las serranías de Huerachi, Majalca, La Campana, El Nido, El Pajarito y la Sierra azul, al este Nombre de Dios, El Cobre, La Parrita y Ojo Laguna, por el suroeste las serranías de La Silla, El Charco, Mápula, y El Cerro grande. Al noreste de la ciudad se ubica el valle Tabalaopa-Aldama, bordeado por las sierras de Nombre de Dios al occidente, Peña Blanca y la Gloria al oriente. Su elevación varía en sentido este-oeste, en el aeropuerto Roberto Fierro es de 1348 m s. n. m., en el centro de la ciudad es de 1420 m s. n. m. y al oeste y norte alcanza los 1550 m s. n. m. sus principales elevaciones son el Cerro Grande con 1900 m s. n. m. y el Cerro Coronel 1650 m s. n. m. en el sur de la ciudad. En la se pueden observar algunas de las elevaciones principales en los alrededores del municipio de Chihuahua.

Imagen 2.9. Mapa Topográfico de Chihuahua



Fuente: Datos INEGI 2020

Aspectos Ambientales

Los grandes retos de hoy en día, como la reducción de la pobreza, el cambio climático, la creación y el mantenimiento de una sociedad que sea inclusiva y pacífica, se podrán enfrentar todos a través de las respuestas que brinden las ciudades, como también lo serán los diarios desafíos de recoger la basura (residuos), contar con sistemas contra incendios u otros desastres mayores en casa, y facilitar el suministro de agua, electricidad, educación, cuidado de la salud y servicios que hagan la vida más productiva y disfrutable.

El manejo inadecuado de los residuos sólidos urbanos produce múltiples impactos negativos sobre la salud de las personas y el medio ambiente. Si bien la falta de estudios epidemiológicos no ha

permitido corroborarlo directamente, se reconoce que existen agentes en la basura (residuos) que producen afecciones a la salud de las personas. Los residuos no recolectados o no dispuestos finalmente de una forma sanitariamente adecuada pueden ocasionar un aumento en el número de casos de enfermedades como dengue, dificultades respiratorias e infecciones dérmicas, y cuyos efectos son amplificadas, cuando la población carece de servicios de limpia (aseo urbano) básicos.

Cuando los residuos se disponen en depósitos a cielo abierto sin control, los residuos se convierten en fuentes de proliferación de vectores de enfermedades, como insectos o roedores. Asimismo, como estos lugares no cuentan con una adecuada protección perimetral no puede impedir el ingreso de otros animales como perros, gatos, garzas, u otros.

Otro factor de contaminación al medio ambiente proviene de la quema de residuos plásticos, cables y otros residuos de tipo industrial, pilas, baterías entre otros, lo cual produce principalmente dioxinas y furanos, sustancias tóxicas y carcinogénicas. Tales sustancias afectan directamente a la población que se sitúa a los alrededores de donde se llevan a cabo este tipo de quemas.

La degradación de la materia orgánica presente en los residuos produce una mezcla de gases conocida como biogás, y entre cuyos componentes se encuentra el metano y el dióxido de carbono, los cuales son reconocidos como Gases de Efecto Invernadero (GEI) y que contribuyen al proceso del cambio climático. Si bien en términos de todos los contribuyentes de los GEI, la mala disposición de residuos contribuye de forma negativa en el medio ambiente.

En general, los impactos de la mala gestión de los residuos sobre la salud pueden observarse en los trabajadores del sector, la población urbana sin servicio de recolección y la adyacente a los sitios de disposición no controlados, pepenadores y sus familiares cercanos.

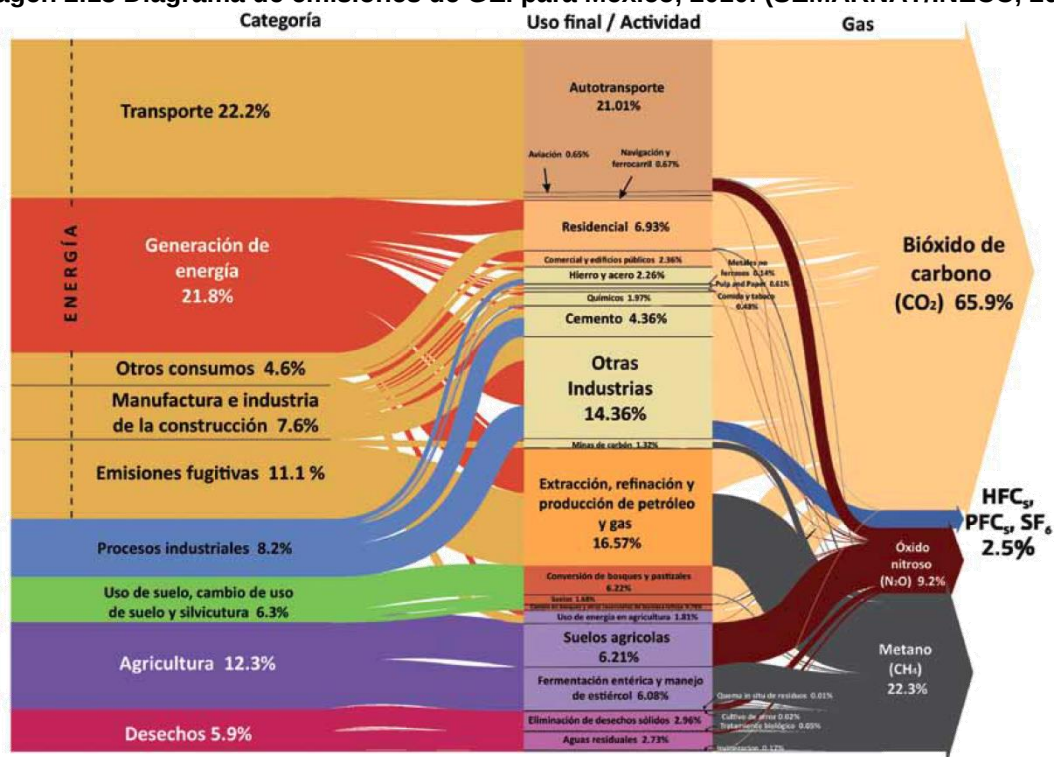
En cuanto a los impactos directos sobre el medio ambiente pueden ser de tipo atmosférico, sobre los suelos, sobre las aguas superficiales y subterráneas, así como a la flora y fauna cercana a los sitios de disposición final, no controlada.

Chihuahua cuenta con un relleno sanitario (SDF a cielo abierto), lo que afecta no sólo el aire, sino también los mantos freáticos, por el escurrimiento de los lixiviados, de acuerdo con el reporte proporcionado por la UACH producto de no contar con sistemas adecuados para su contención y captación. El relleno sanitario tiene una superficie aproximada de 50 ha, cuenta con una celda clausurada desde 2009 y actualmente operando la celda número dos, éste relleno se encuentra ubicado al sureste del centro de la ciudad de Chihuahua. Cabe mencionar que dadas las pobres condiciones de operación y mantenimiento la celda número dos está llegando al término de su tiempo de vida útil, que de acuerdo con información proporcionada por el municipio esta llegará a término para el 2024.

Los desarrollos habitacionales están creciendo muy rápidamente en los alrededores del relleno sanitario, recientemente se llevó a cabo la inauguración de un nuevo fraccionamiento. Si no se toman las medidas necesarias, en un futuro no muy lejano, el crecimiento urbano puede incrustarlo y

provocar problemas aún mayores, tanto a nivel ambiental como de salud para la población que se encuentre en los alrededores.

Imagen 2.13 Diagrama de emisiones de GEI para México, 2010. (SEMARNAT/INECC, 2012)



Fuente: México Quinta Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. 2012.

Adicionalmente, en la zona industrial de Chihuahua, se localizan algunos ecosistemas de valor ambiental (balnearios, bosques, otros) y que están siendo aprovechados económicamente, para el desarrollo turístico de los alrededores de la ciudad. Todo lo anterior, hace inevitable el incremento en la generación de RSU.

Como parte de las medidas que se deben tomar para el futuro desarrollo de la ciudad se encuentra el implementar una cultura de separación de los residuos sólidos domiciliarios, así como incorporar procesos de aprovechamiento y reciclaje adecuados, en los que participen ampliamente los ciudadanos, evitando con ello la contaminación del aire, del suelo y del agua, y consolidar una estrategia de desarrollo económico sustentable para la ciudad y el municipio de Chihuahua.

2.3. Población

Análisis Demográfico

La población total en el Estado de Chihuahua es de 3,741,869 habitantes. De ellos, 1,888,822 habitantes son mujeres (50.5%) y 1,853,822 habitantes son hombres (49.5%). El Estado de Chihuahua ocupa el lugar 12 a nivel nacional por número de habitantes, mientras que en el 2010 ocupaba el lugar número 11. En la gráfica siguiente, se puede observar el número total de habitantes del estado de Chihuahua, así como el crecimiento promedio anual.

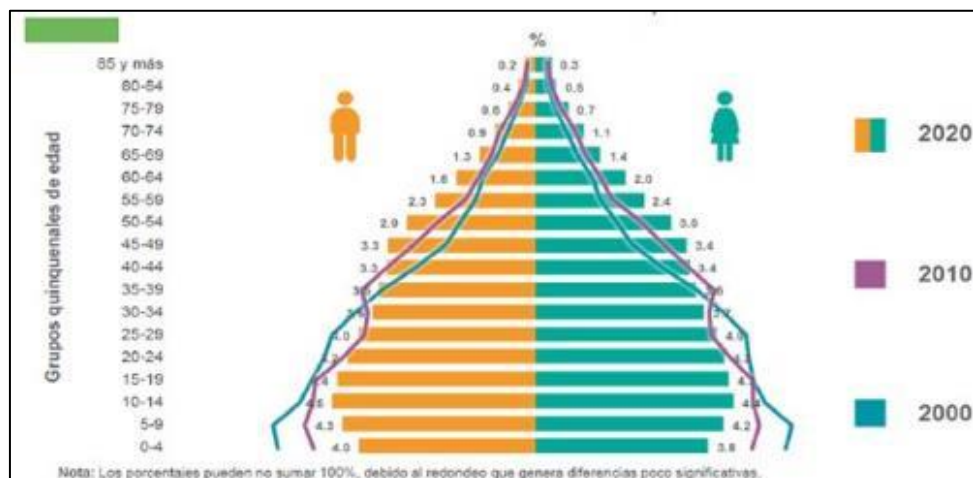
Gráfica 2.1. Población total y tasa de crecimiento promedio anual, 1895-2020



Fuente: Censo de población y vivienda 2020, INEGI

La edad mediana en el 2000 era de 29 años; para 2010, de 26 años, y en 2020 es de 23 años, esta información se puede observar en la gráfica siguiente.

Gráfica 2.2. Estructura de la Población 2000, 2010 y 2020



Fuente: Censo de población y vivienda 2020, INEGI

A nivel municipal, el Municipio de Juárez es el más poblado con 1,512,450 habitantes, mientras que Huejotitán es el menos poblado, con solo 824 habitantes. En la tabla siguiente se muestra el número de habitantes por municipio, donde se puede observar que en el municipio de Chihuahua se tienen 937,674 habitantes de acuerdo al Censo de población y vivienda 2020, INEGI.

Tabla 2.14. Número de habitantes por municipio en el estado de Chihuahua.

Clave del municipio	Municipio	Habitantes 2020
001	Ahumada	14,635
002	Aldama	26,047
003	Allende	8,487
004	Aquiles Serdán	24,344
005	Ascensión	26,093
006	Bachíniva	5,807
007	Balleza	16,440
008	Batopilas de Manuel Gómez Morín	11,270
009	Bocoyna	23,351
010	Buenaventura	25,146
011	Camargo	49,499
012	Carichí	8,113
013	Casas Grandes	11,815
014	Coronado	2,034
015	Coyame del Sotol	1,230
016	La Cruz	3,704
017	Cuauhtémoc	180,638
018	Cusiuhuirachi	5,099
019	Chihuahua	937,674
020	Chínipas	6,222

Fuente: Censo de población y vivienda 2020, INEGI.

Dado que el Relleno Sanitario actual da servicio a los municipios de Chihuahua, Aldama y Aquiles Serdán, se hace un análisis de la población y su crecimiento de los tres municipios mencionados.

A nivel municipal, la población total de Chihuahua en 2020 fue 937,674 habitantes, siendo 51.2% mujeres y 48.8% hombres. Los rangos de edad que concentraron mayor población fueron 20 a 24 años (80,287 habitantes), 25 a 29 años (78,636 habitantes) y 15 a 19 años (76,594 habitantes). Entre ellos concentraron el 25.1% de la población total.

La población total de Aquiles Serdán en 2020 fue 24,344 habitantes, siendo 44.6% mujeres y 55.4% hombres. Los rangos de edad que concentraron mayor población fueron 25 a 29 años (2,682 habitantes), 30 a 34 años (2,619 habitantes) y 35 a 39 años (2,346 habitantes). Entre ellos concentraron el 31.4% de la población total.

La población total de Aldama en 2020 fue 26,047 habitantes, siendo 50.7% mujeres y 49.3% hombres. Los rangos de edad que concentraron mayor población fueron 10 a 14 años (2,377 habitantes), 5 a 9 años (2,316 habitantes) y 15 a 19 años (2,184 habitantes). Entre ellos concentraron el 26.4% de la población total.

A continuación, y utilizando las “Proyecciones poblacionales al año 2070” propuestas y publicadas por el Consejo Nacional de Población (CONAPO), se hace una proyección del número de habitantes para los municipios de Aldama, Aquiles Serdán y Chihuahua hasta el año 2045.

Tabla 2.15. Proyección de Crecimiento Poblacional

Año		Factor de crecimiento poblacional total CONAPO para el estado de Chihuahua		Población			
No.	Año	Periodo	Acumulado	Chihuahua	Aldama	Aquiles Serdán	Total
-4	2020	0.93%	1.0000	937,674	26,047	24,344	988,065
-3	2021	0.94%	1.0094	946,505	26,292	24,573	997,370
-2	2022	1.12%	1.0207	957,080	26,586	24,848	1,008,514
-1	2023	1.29%	1.0339	969,428	26,929	25,168	1,021,526
0	2024	1.26%	1.0469	981,622	27,268	25,485	1,034,375
1	2025	1.20%	1.0595	993,432	27,596	25,792	1,046,820
2	2026	1.13%	1.0714	1,004,668	27,908	26,083	1,058,659
3	2027	1.05%	1.0827	1,015,261	28,202	26,358	1,069,821
4	2028	0.98%	1.0933	1,025,204	28,478	26,616	1,080,298
5	2029	0.91%	1.1033	1,034,549	28,738	26,859	1,090,146
6	2030	0.85%	1.1127	1,043,390	28,984	27,089	1,099,462
7	2031	0.81%	1.1217	1,051,823	29,218	27,308	1,108,349
8	2032	0.77%	1.1304	1,059,939	29,443	27,518	1,116,900
9	2033	0.74%	1.1388	1,067,815	29,662	27,723	1,125,200
10	2034	0.72%	1.1470	1,075,528	29,876	27,923	1,133,328
11	2035	0.70%	1.1551	1,083,104	30,087	28,120	1,141,310
12	2036	0.69%	1.1630	1,090,555	30,294	28,313	1,149,162
13	2037	0.67%	1.1708	1,097,849	30,496	28,502	1,156,848

14	2038	0.64%	1.1783	1,104,903	30,692	28,686	1,164,281
15	2039	0.61%	1.1855	1,111,611	30,879	28,860	1,171,350
16	2040	0.56%	1.1922	1,117,866	31,052	29,022	1,177,940
17	2041	0.51%	1.1983	1,123,574	31,211	29,170	1,183,956
18	2042	0.46%	1.2037	1,128,707	31,354	29,304	1,189,364
19	2043	0.40%	1.2086	1,133,262	31,480	29,422	1,194,164
20	2044	0.36%	1.2129	1,137,290	31,592	29,526	1,198,408
21	2045	0.31%	1.2167	1,140,838	31,691	29,619	1,202,148

Fuente: Elaboración Propia con información las proyecciones poblacionales al año 2070 propuestas y publicadas por CONAPO

Lo anterior es calculado ya que la generación de residuos está vinculada directamente al número de habitantes en la zona de impacto del presente estudio; el crecimiento en cuanto al volumen de residuos generados está relacionado directamente a la tasa de crecimiento poblacional, por lo cual, con base en información del “Censo de Población y Vivienda 2020”, y a las tasas de crecimiento poblacional establecidas la CONAPO se proyectó la generación anual de residuos durante el horizonte de evaluación del estudio, lo cual se presentará en apartados posteriores.

horizonte de evaluación del estudio, lo cual se presentará en apartados posteriores.

Crecimiento Urbano

El Crecimiento del área urbana ha sido acelerado a partir de la década de los noventa. Durante el período de 1980 a 1995 el ritmo de expansión fue del 48%. De la misma forma de 1980 al 2005 la superficie urbana creció más del doble, es decir paso de 8489 has. a 19,024 has. En la siguiente se tiene datos de superficie poblada, tasa de crecimiento y densidad de población para la ciudad de chihuahua.

Tabla 2.16. Proyección de Crecimiento Poblacional

Año	Población Total	Tasa de Crecimiento Poblacional	Superficie Urbana (has)	Superficie Urbana (km2)	Densidad de Población (Hab/Ha)
1960	150,430				
1970	257,027	5.5	3,815.78	38.16	67.36
1980	385,603	3.9	8,489.16	84.89	45.42
1990	516,153	3	15,097.91	150.98	34.19
1995	613,722	3	16,515.04	165.15	37.16
2000	657,876	1.6	18,055.04	180.55	36.44
2005	748,518	2.62	19,024.07	190.24	39.35
2010	809,232	1.64	24,367.22	243.67	33.21

Fuente: Elaboración Propia con información de Proyecciones de la Población de los municipios de México, 2015-2030, CONAPO

Economía

En el cuarto trimestre de 2022, la tasa de participación laboral en Chihuahua fue 62.6%, lo que implicó un aumento de 0.45 puntos porcentuales respecto al trimestre anterior (62.2%). La tasa de desocupación fue de 1.99% (36.9k personas), lo que implicó una disminución de 0.48 puntos porcentuales respecto al trimestre anterior (2.47%).

La población ocupada en Chihuahua en el cuarto trimestre de 2022 fue 1.82M personas, siendo superior en 2.42% al trimestre anterior (1.78M ocupados). El salario promedio mensual en el cuarto trimestre de 2022 fue de \$6.86k MX siendo inferior en \$34.9 MX respecto al trimestre anterior (\$6.9k MX).

En cuarto trimestre de 2022, Chihuahua tuvo 1,818,252 ocupados. Las ocupaciones con más trabajadores durante el cuarto trimestre de 2022 fueron Ensambladores y Montadores de Partes Eléctricas y Electrónicas (89.3k), Empleados de Ventas, Despachadores y Dependientes en Comercios (75k) y Comerciantes en Establecimientos (69.1k).

Según datos del Censo Económico 2019, los sectores económicos que concentraron más unidades económicas en Chihuahua fueron Comercio al por Menor (11,633 unidades), Otros Servicios Excepto Actividades Gubernamentales (5,919 unidades) y Servicios de Alojamiento Temporal y de Preparación de Alimentos y Bebidas (3,787 unidades).

Según el tipo de institución de educación superior, la mayor cantidad de egresados en el ciclo escolar 2020-2021 en Chihuahua egresaron de: Universidades Públicas Estatales (37.9%, 171,130 egresados), Universidades Tecnológicas (19.2%, 86,875 egresados) y Tecnológico Nacional de México (15.5%, 70,205 egresados). Por nivel educativo, destacan los egresados de licenciatura (80.3%, 362,706 egresados) y técnico superior universitario (11.1%, 50,001 egresados).

Los campos de estudio con mayor número de egresados en el periodo escolar 2020-2021 en Chihuahua fueron ingeniería mecánica, eléctrica, electrónica, química y profesiones afines (20.2%, 91,054 egresados), administración y gestión (12%, 54,330 egresados) y negocios y contabilidad (11.1%, 50,096 egresados).

Las carreras que destacaron en Chihuahua por tener mayor número de egresados fueron licenciatura en derecho (20,908 egresados), ingeniería industrial (16,632 egresados) y licenciatura en enfermería (14,168 egresados).

Servicios

Los servicios abarcan una serie de instalaciones relacionadas con energía eléctrica, agua potable, saneamiento, drenaje, entre otros. Aspectos todos ellos relevantes en la satisfacción de las necesidades de la población.

El objetivo funcional de la infraestructura urbana trata sobre obtener los máximos beneficios que permitan dar movilidad y calidad de vida, generando un territorio más competitivo. Es por esto que se relaciona con la dotación de servicios para el desarrollo de las actividades en la ciudad y las condiciones de vida de la población.

La cobertura general de la infraestructura de la ciudad se considera aceptable, no obstante, existen puntos críticos como el caso del Centro Histórico donde las redes debido a su antigüedad son obsoletas, para incrementar el volumen de servicio lo que va en contra de las políticas de desarrollo y redensificación promovidas por el Plan de Desarrollo Urbano 2040. Es necesario establecer un programa de estrategias y acciones de modernización de la red hidrosanitaria en este importante sector.

Mercado

En la tabla siguiente se muestran las plazas comerciales, mercados, supermercados y parques industriales plazas comerciales, Dado que existen más de 100 grandes comercios, solo identificaremos los más representativos por su valor unitario en pesos por m²

Tabla 2.16. Mercados, tiendas de autoservicio y plazas en el Municipio de Chihuahua

Plazas Comerciales, Mercados y Parques Industriales. Valores Unitarios por m ²		
ID	Nombre	Gasto promedio
104-011	ALSÚPER LEONES	\$3,205.00
141-001	ALSÚPER UNIVERSIDAD	\$3,258.00
348-080	CITADELA	\$3,371.00
251-010	CONDOMINIO COMERCIAL ALTURA	\$4,157.00
251-010	EDIFICIO ROMA	\$4,157.00
251-50,55	HOSPITAL CIMA TORRES DE CONSULTORIOS	\$3,371.00
002-(024-028)	MERCADO CHIHUAHUA	\$3,317.00
251-(041-044,092-095)	PARQUE DE NEGOCIOS	\$3,595.00
002-020	PLAZA CENTRO	\$3,371.00
251-010	PLAZA COMERCIAL ALTURA	\$3,429.00
325-047	PLAZA CUMBRES	\$3,595.00
117-031	PLAZA EL PEDREGAL	\$3,595.00
104-046	PLAZA GALERÍAS	\$3,146.00
251-090	PLAZA HOLLYWOOD	\$3,371.00
447-(081-086)	PLAZA LAS CANTERAS	\$3,371.00
251-(101-102)	PLAZA LAS HACIENDAS	\$3,595.00
313-000	PLAZA LAS PALMAS	\$3,371.00

Tabla 2.16. Mercados, tiendas de autoservicio y plazas en el Municipio de Chihuahua

Plazas Comerciales, Mercados y Parques Industriales. Valores Unitarios por m ²		
026-022	PLAZA LIBERTAD	\$4,280.00
251-044	PLAZA LORETO	\$3,595.00
251-043	PLAZA TOLSA	\$3,595.00
00-323	PLAZA TRES VÍAS	\$3,852.00
050-010	PLAZA VICTORIA	\$3,932.00
313-(016,023,024,051,052)	PLAZA VISTAS DEL SOL	\$3,371.00
445-030	PUNTO ALTO I	\$3,932.00
445-030	PUNTO ALTO II	\$4,494.00
251-050 A 055	TORRES DE CONSULTORIOS HOSPITAL CIMA	\$3,371.00
251-091	WALMART CHIHUAHUA	\$3,932.00

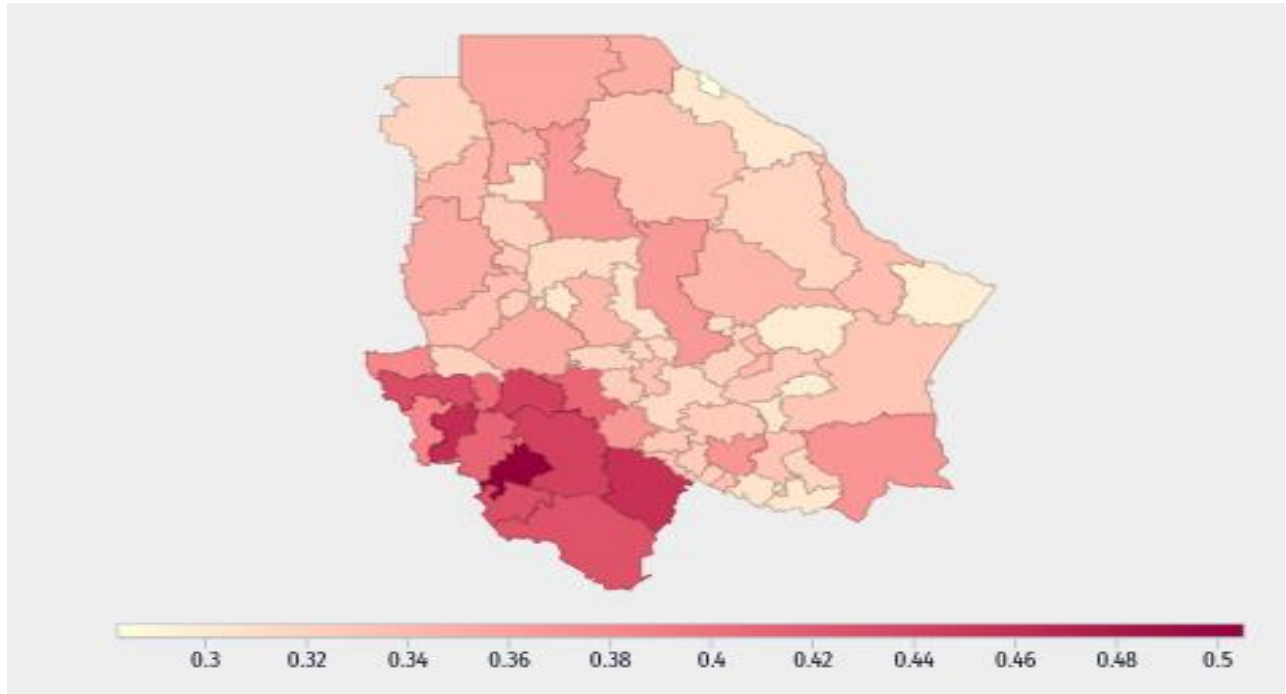
Fuente: Estudio Diagnóstico

Marginalidad

El coeficiente o índice de Gini, es una medida estadística diseñada para representar la distribución de los ingresos de los habitantes, en concreto, la inequidad entre estos. Índices más cercanos a 0, representan más equidad entre sus habitantes, mientras que valores cercanos a 1, expresan máxima inequidad entre su población

En 2020, en Chihuahua, los municipios con menor desigualdad social, de acuerdo al índice de GINI, fueron: Práxedes G. Guerrero (0.283), Manuel Benavides (0.297), La Cruz (0.298), Julimes (0.300) y Guadalupe (0.302). Por otro lado, los municipios con menor igualdad social por esta métrica, fueron: Batopilas de Manuel Gómez Morín (0.505), Guazapares (0.460), Balleza (0.456), Bocoyna (0.442) y Guachochi (0.440). En la imagen siguiente, se puede observar los coeficientes de Gini en los diferentes municipios del estado de Chihuahua.

Imagen 2.12. Desigualdad social según GINI en Chihuahua (2020)

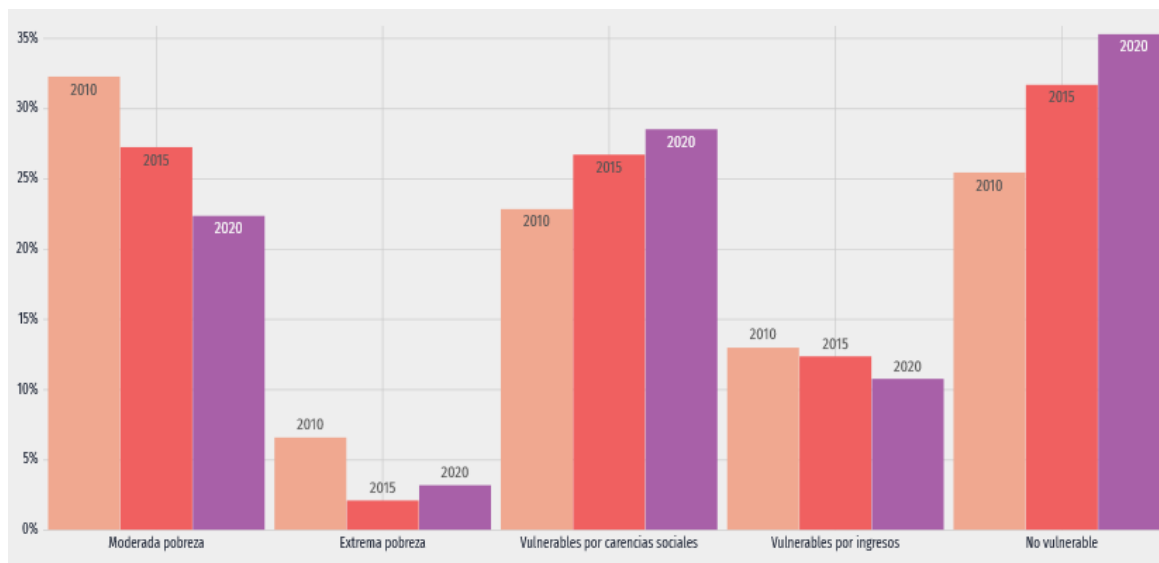


Fuente: Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL), y Censo Población y Vivienda

En 2020, 22.3% de la población se encontraba en situación de pobreza moderada y 3.17% en situación de pobreza extrema. La población vulnerable por carencias sociales alcanzó un 28.5%, mientras que la población vulnerable por ingresos fue de 10.7%.

Las principales carencias sociales de Chihuahua en 2020 fueron carencia por acceso a la seguridad social, carencia por acceso a los servicios de salud y rezago educativo. En la gráfica siguiente, se comparan diversos indicadores de pobreza y carencias sociales.

Gráfica 2.3. Distribución de Personas Según Condición de Pobreza



Fuente: Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL).

2.4. Servicio de Gestión de Residuos del Municipio

El servicio municipal actual de RSU, es prácticamente integral y está compuesto por el barrido, recolección, transferencia y disposición final; faltando únicamente la separación y valorización de residuos en la ecuación.

Contenedores y Barrido

La recolección de residuos sólidos en el municipio de Chihuahua se lleva a cabo mediante diferentes actividades, que incluyen recolección en domicilio de habitantes del municipio, barrido de calles y avenidas principales, además de la recolección en contenedores dispuestos en zonas de mayor afluencia turística como el centro histórico, otros contenedores hidráulicos en colonias, sitios seleccionados estratégicamente por el municipio y en tiendas departamentales. Como parte del presente diagnóstico, se observó y documentó cómo se realizan actualmente estas actividades.

El servicio municipal inicia con el subsistema de barrido, es parte del sistema de prestación del Servicio Público de Manejo Integral de RSU en un municipio. El barrido de calles y espacios públicos es una práctica usual cuando la población tiene conciencia sanitaria. Por lo general se prevé después de eventos especiales como ferias, festividades, asambleas, desfiles, reuniones públicas, etc. Los eventos con mayor tradición son, Semana Santa, 16 de septiembre, 20 de noviembre,

Navidad y Año Nuevo, en estos casos el municipio facilita contenedores móviles para disponer de los residuos y posteriormente trasladarlos al relleno sanitario.

El barrido puede efectuarse a través de dos modalidades: manual y mecánica. En el primer caso se emplea la mano de obra de volantas, utilizando herramientas sencillas (escobas, recogedores, botes, etc.) y se coordina con las rutas de recolección, de manera tal que los residuos permanezcan el menor tiempo posible en las calles, y la prestación del servicio puede ser individual o por brigada. Mientras que para el barrido mecánico se emplea maquinaria (barredoras de diferentes tipos), pudiéndose combinar ambos métodos.

Las brigadas de barrido manual en Municipio de Chihuahua se dividen en varias zonas al norte y al sur del municipio, El canal es la línea que divide esta sección, con barrenderos (fijos y eventuales).

El equipo de trabajo para barrido de calles consta principalmente de escobas de popotillo (Imagen) recogedores, bolsas negras y, rastrillos metálicos, la basura recolectada se deposita en las bolsas que llevan el área de limpia y su cuadrilla, resguardando hasta su disposición en la camioneta que los traslada. El volumen es variable, según lo que se observó y lo que indican las cuadrillas de trabajo, se recolecta un aproximado de 30 kg por cuadrilla diarias de residuos solamente del barrido manual.

Imagen 2.13. Equipo de Barrido Manual del que Dispone el Municipio



Fuente: Estudio Diagnóstico.

Durante la observación se documentó la acotación de calles que atendió el personal de aseo, el número de personas involucradas en la actividad, el tiempo invertido en la tarea y observaciones generales sobre la labor; las zonas se presentan a continuación.

Nivel de Eficiencia del Barrido

El nivel de eficiencia de barrido se determinó al documentar el trabajo realizado por el personal de aseo urbano en el sitio de estudio, para ello se registró el tiempo invertido en barrer una parte del recorrido establecido en su ruta diaria. Se observó que su desempeño depende en ocasiones del flujo vehicular, afluencia de turismo (camino al aeropuerto) y salida a Aldama, y condiciones

climáticas; estas variables son conocidas por el personal de limpieza, los cuales las minimizan realizando su labor en horarios que les permiten mayor acceso a las calles y menos agotamiento por insolación.

Los residuos más comunes que se recolectan en esta actividad provienen principalmente de basura de mano de transeúntes, comercio de comida en vía pública, tierra y hojarasca producto de los vientos. Por lo que la eficiencia en el barrido en el Municipio de Chihuahua es alta.

Recolección de los Residuos Habitacionales

El parque vehicular propiedad del municipio para realizar la recolección y traslado de los residuos generados en las 126 rutas hacia el sitio de disposición final de acuerdo la información proporcionada por el ayuntamiento de Chihuahua es de 58 camiones recolectores tipo McNeilus estándar de carga trasera con capacidad de recolección alrededor de 12 toneladas por unidad.

- 1 Unidad; Camión Recolector Compactador Modelo 2000
- 1 Unidad; Camión Recolector Compactador Modelo 2002
- 5 Unidades; Camión Recolector Compactador Modelo 2006
- 4 Unidades; Camión Recolector Compactador Modelo 2007
- 9 Unidades; Camión Recolector Compactador Modelo 2008
- 2 Unidades; Camión Recolector Compactador Modelo 2009
- 10 Unidades; Camión Recolector Compactador Modelo 2013
- 5 Unidades; Camión Recolector Compactador Modelo 2016
- 5 Unidades; Camión Recolector Compactador Modelo 2017
- 5 Unidades; Camión Recolector Compactador Modelo 2018
- 12 Unidades; Camión Recolector Compactador Modelo 2019

Además, el Depto. de aseo cuenta con otros vehículos y equipos que sirven de complemento en la recolección de residuos, estos son:

- 10 Unidades; CAJON P/CAM-REC Modelo GEN
- 1 Unidades; Recolectores Redilas Modelo 2005
- 1 Unidades; Recolectores Redilas Modelo 2005
- 1 Unidades; Recolectores Pick-Up Modelo 2007

En la siguiente tabla se muestran las principales características de los vehículos propiedad del municipio que son empleados para la recolección de residuos

Tabla 2.17. Descripción de la Flota de Recolección

DESCRIPCION ACTIVO	MODELO	MARCA	No. ECONOMICO	CAPACIDAD	COMENTARIOS
CAMION RECOLECTOR McNEILUS	2000	INTERNACIONAL	20172	15.3 m ³	MALAS CONDICIONES
CAMION RECOLECTOR McNEILUS	2002	KODIAK	20258	15.3 m ³	MALAS CONDICIONES
CAMION RECOLECTOR McNEILUS	2006	INTERNACIONAL	20310	15.3 m ³	REGULARES CONDICIONES
CAMION RECOLECTOR McNEILUS	2006	INTERNACIONAL	20311	15.3 m ³	MALAS CONDICIONES
CAMION RECOLECTOR McNEILUS	2006	INTERNACIONAL	20312	15.3 m ³	MALAS CONDICIONES
CAMION RECOLECTOR McNEILUS	2006	INTERNACIONAL	20313	15.3 m ³	REGULARES CONDICIONES
CAMION RECOLECTOR McNEILUS	2006	INTERNACIONAL	20315	15.3 m ³	REGULARES CONDICIONES
CAMION RECOLECTOR McNEILUS	2007	INTERNACIONAL	20337	15.3 m ³	MALAS CONDICIONES
CAMION RECOLECTOR McNEILUS	2007	INTERNACIONAL	20338	15.3 m ³	REGULARES CONDICIONES
CAMION RECOLECTOR McNEILUS	2007	INTERNACIONAL	20339	15.3 m ³	PESIMAS CONDICIONES
CAMION RECOLECTOR McNEILUS	2008	INTERNACIONAL	20363	15.3 m ³	REGULARES CONDICIONES
CAMION RECOLECTOR McNEILUS	2008	INTERNACIONAL	20364	15.3 m ³	REGULARES CONDICIONES
CAMION RECOLECTOR McNEILUS	2008	INTERNACIONAL	20365	15.3 m ³	PESIMAS CONDICIONES
CAMION RECOLECTOR McNEILUS	2008	INTERNACIONAL	20366	15.3 m ³	REGULARES CONDICIONES
CAMION RECOLECTOR McNEILUS	2008	INTERNACIONAL	20368	15.3 m ³	REGULARES CONDICIONES
CAMION RECOLECTOR McNEILUS	2008	INTERNACIONAL	20369	15.3 m ³	REGULARES CONDICIONES
CAMION RECOLECTOR McNEILUS	2008	INTERNACIONAL	20370	15.3 m ³	REGULARES CONDICIONES
CAMION RECOLECTOR McNEILUS	2008	INTERNACIONAL	20371	15.3 m ³	REGULARES CONDICIONES
CAMION RECOLECTOR McNEILUS	2008	INTERNACIONAL	20372	15.3 m ³	REGULARES CONDICIONES
CAMION RECOLECTOR McNEILUS	2009	INTERNACIONAL	20385	15.3 m ³	PESIMAS CONDICIONES
CAMION RECOLECTOR McNEILUS	2009	INTERNACIONAL	20388	15.3 m ³	REGULARES CONDICIONES
CAMION RECOLECTOR McNEILUS	2013	INTERNACIONAL	20416	15.3 m ³	BUENAS CONDICIONES
CAMION RECOLECTOR McNEILUS	2013	INTERNACIONAL	20417	15.3 m ³	BUENAS CONDICIONES
CAMION RECOLECTOR McNEILUS	2013	INTERNACIONAL	20418	15.3 m ³	BUENAS CONDICIONES
CAMION RECOLECTOR McNEILUS	2013	INTERNACIONAL	20419	15.3 m ³	BUENAS CONDICIONES
CAMION RECOLECTOR McNEILUS	2013	INTERNACIONAL	20420	15.3 m ³	BUENAS CONDICIONES
CAMION RECOLECTOR McNEILUS	2013	INTERNACIONAL	20421	15.3 m ³	REGULARES CONDICIONES

Tabla 2.17. Descripción de la Flota de Recolección

DESCRIPCION ACTIVO	MODELO	MARCA	No. ECONOMICO	CAPACIDAD	COMENTARIOS
CAMION RECOLECTOR McNEILUS	2013	INTERNACIONAL	20422	15.3 m ³	REGULARES CONDICIONES
CAMION RECOLECTOR McNEILUS	2013	INTERNACIONAL	20423	15.3 m ³	BUENAS CONDICIONES
CAMION RECOLECTOR McNEILUS	2013	INTERNACIONAL	20424	15.3 m ³	BUENAS CONDICIONES
CAMION RECOLECTOR McNEILUS	2013	INTERNACIONAL	20425	15.3 m ³	BUENAS CONDICIONES
CAMION RECOLECTOR McNEILUS	2016	FREIGHTLINER	51390	15.3 m ³	BUENAS CONDICIONES
CAMION RECOLECTOR McNEILUS	2016	FREIGHTLINER	51391	15.3 m ³	BUENAS CONDICIONES
CAMION RECOLECTOR McNEILUS	2016	FREIGHTLINER	51392	15.3 m ³	BUENAS CONDICIONES
CAMION RECOLECTOR McNEILUS	2016	FREIGHTLINER	51393	15.3 m ³	BUENAS CONDICIONES
CAMION RECOLECTOR McNEILUS	2016	FREIGHTLINER	51394	15.3 m ³	BUENAS CONDICIONES
CAMION RECOLECTOR McNEILUS	2017	FREIGHTLINER	56761	15.3 m ³	BUENAS CONDICIONES
CAMION RECOLECTOR McNEILUS	2017	FREIGHTLINER	56762	15.3 m ³	BUENAS CONDICIONES
CAMION RECOLECTOR McNEILUS	2017	FREIGHTLINER	56763	15.3 m ³	BUENAS CONDICIONES
CAMION RECOLECTOR McNEILUS	2017	FREIGHTLINER	56764	15.3 m ³	BUENAS CONDICIONES
CAMION RECOLECTOR McNEILUS	2017	FREIGHTLINER	56765	15.3 m ³	BUENAS CONDICIONES
CAMION RECOLECTOR McNEILUS	2018	FREIGHTLINER	57965	15.3 m ³	BUENAS CONDICIONES
CAMION RECOLECTOR McNEILUS	2018	FREIGHTLINER	57966	15.3 m ³	BUENAS CONDICIONES
CAMION RECOLECTOR McNEILUS	2018	FREIGHTLINER	57967	15.3 m ³	BUENAS CONDICIONES
CAMION RECOLECTOR McNEILUS	2018	FREIGHTLINER	57968	15.3 m ³	BUENAS CONDICIONES
CAMION RECOLECTOR McNEILUS	2018	FREIGHTLINER	57969	15.3 m ³	BUENAS CONDICIONES
CAMION RECOLECTOR McNEILUS	2019	FREIGHTLINER	66201	15.3 m ³	BUENAS CONDICIONES
CAMION RECOLECTOR McNEILUS	2019	FREIGHTLINER	66202	15.3 m ³	BUENAS CONDICIONES
CAMION RECOLECTOR McNEILUS	2019	FREIGHTLINER	66203	15.3 m ³	BUENAS CONDICIONES
CAMION RECOLECTOR McNEILUS	2019	FREIGHTLINER	66204	15.3 m ³	EXCELENTES CONDICIONES
CAMION RECOLECTOR McNEILUS	2019	FREIGHTLINER	66205	15.3 m ³	EXCELENTES CONDICIONES
CAMION RECOLECTOR McNEILUS	2019	FREIGHTLINER	66206	15.3 m ³	EXCELENTES CONDICIONES
CAMION RECOLECTOR McNEILUS	2019	FREIGHTLINER	69682	15.3 m ³	EXCELENTES CONDICIONES
CAMION RECOLECTOR McNEILUS	2019	FREIGHTLINER	69683	15.3 m ³	EXCELENTES CONDICIONES

Tabla 2.17. Descripción de la Flota de Recolección

DESCRIPCION ACTIVO	MODELO	MARCA	No. ECONOMICO	CAPACIDAD	COMENTARIOS
CAMION RECOLECTOR McNEILUS	2019	FREIGHLINER	69684	15.3 m ³	EXCELENTES CONDICIONES
CAMION RECOLECTOR McNEILUS	2019	FREIGHLINER	69685	15.3 m ³	EXCELENTES CONDICIONES
CAMION RECOLECTOR McNEILUS	2019	FREIGHLINER	69686	15.3 m ³	EXCELENTES CONDICIONES
CAMION RECOLECTOR McNEILUS	2019	FREIGHLINER	69687	15.3 m ³	EXCELENTES CONDICIONES
REDILAS-350	2005	CHEVROLET	11414	Sin Información	MALAS CONDICIONES
PICK-UP-RANGER	2007	FORD	11695	Sin Información	REGULARES CONDICIONES
REDILAS-350	2018	FORD	64182	Sin Información	EXCELENTES CONDICIONES
CAJON P/CAM -REC	GEN	N/A	51394	Sin Información	BUENAS CONDICIONES
CAJON P/CAM -REC	GEN	N/A	51393	Sin Información	MALAS CONDICIONES
CAJON P/CAM -REC	GEN	N/A	51390	Sin Información	BUENAS CONDICIONES
CAJON P/CAM -REC	GEN	N/A	51391	Sin Información	BUENAS CONDICIONES
CAJON P/CAM -REC	GEN	N/A	51392	Sin Información	MALAS CONDICIONES
CAJON P/CAM -REC	GEN	N/A	56765	Sin Información	BUENAS CONDICIONES
CAJON P/CAM -REC	GEN	N/A	56764	Sin Información	BUENAS CONDICIONES
CAJON P/CAM -REC	GEN	N/A	56763	Sin Información	BUENAS CONDICIONES
CAJON P/CAM -REC	GEN	N/A	56762	Sin Información	BUENAS CONDICIONES
CAJON P/CAM -REC	GEN	N/A	56761	Sin Información	MALAS CONDICIONES

Fuente: Estudio Diagnóstico.

Rutas

El municipio de Chihuahua actualmente se conforma por colonias y/o fraccionamientos; de donde se recolectan aproximadamente **1,200 toneladas diarias** RSU, con lo vehículos colectores del municipio; por otra parte, hay cinco empresas concesionarias que actúan a nombre y cuenta del municipio para brindar el servicio de recolección de los residuos habitacionales.

La recolección se lleva a cabo a través de 244 rutas de recolección, las cuales se cubren con los vehículos antes mencionados en un turno laboral; el turno diurno empieza a las 5:00 am y finaliza a las 15:00 pm, Los tiempos de inicio y fin de cada turno son variables y son afectados por distintos factores, entre otros: tráfico, clima, día de la semana, fallas mecánicas.

Los camiones recolectores deben recorrer la totalidad de las rutas diariamente, excepto el domingo cuando que no se trabaja; debido a este esquema la basura que se recolecta los lunes corresponde al período sábado - domingo. Para efectos prácticos, puede decirse que los lunes se recolecta más basura, que el resto de los días de la semana. Naturalmente, esta frecuencia es la que ofrece una mejor imagen del sistema hacia los usuarios.

El inicio de jornada de las rutas de recolección empieza en el patio de aseo, conocido como Patio Sur, en la vecindad del vivero municipal, en donde se registra el nombre del chofer, el número del camión, la salida del camión, así como la ruta a recorrer.

Una vez asignada la ruta a recorrer, el camión sale de la base de vehículos del vivero y se dirige a la zona de recolección, ya en el sitio los peones recolectan la basura colocada a fuera de las casas (Método de acera), algunas cuadrillas de recolección realizan una primera separación de residuos de valor (cartón, plásticos, metales) en esta etapa (aplica principalmente para los vehículos del municipio. El recorrido de la ruta se realiza abarcando la mayoría de las calles.

Cuando el camión se ha llenado, se traslada al Sitio de Disposición Final, Relleno Sanitario, donde es pesado para determinar la cantidad de residuos que el camión ingresa al sitio, a la salida del sitio el camión debe pesarse nuevamente, si el camión ya recorrió la totalidad de la ruta se dirige a la base de vehículos de aseo para registrar hora de término de la ruta.

Imagen 2.14. Sitio de disposición final Relleno sanitario y Camión colector en el relleno sanitario celda 2



Fuente: Estudio Diagnóstico

Para el reporte del recorrido de las distintas rutas, se siguieron algunos vehículos para conocer las rutas de traslado y las microrutas de recolección; se reporta el trazo de cuatro recorridos fundamentales:

- I. Inicio: Recorrido realizado desde base de vehículos aseo o patio a la ruta asignada.
- II. Recolección: Recorrido la ruta.
- III. Traslado: Recorrido realizado desde la ruta hasta el sitio de disposición final.
- IV. Resguardo: Recorrido realizado desde el sitio de disposición final a la base de vehículos de aseo.
- V. Recarga combustible: Del término de disposición de RSU en el SDF a recarga de combustible.

Adicional a esta información también se reporta las colonias o fraccionamientos a los cuales la ruta da servicio, la frecuencia de recolección, turno, calles donde inicia la recolección, la distancia de traslado entre puntos y como en algunos casos el número de colector que presta el servicio en esa ruta; cabe destacar que este dato corresponde a lo observado durante la tercera semana de abril y no es fijo, de tal manera que puede haber rotación de camiones en fechas posteriores o anteriores.

La recolección de los desechos en los centros de generación se realiza a través del “método de acera” y barrido manual, este último se emplea por la necesidad de mantener limpia y en condiciones estéticas, sobre todo las vías de intensa circulación peatonal, como las calles principales, parques y jardines.

La etapa de recolección de residuos es la parte medular del sistema de aseo urbano y tiene como objetivo principal preservar la salud pública mediante la recolección de los desechos en los centros de generación y transportarlos al sitio de disposición final en forma eficiente y a menor costo ya que esta emplea un número considerables de recurso económico.

Un elemento importante que impacta en los costos del sistema de recolección es la distancia de traslado que realizan los vehículos en su recorrido de ruta, el Municipio para el tema de recolección está dividido en 2 Zonas, Las rutas de la Zona Norte, y las rutas de la Zona Sur, a continuación, como ejemplo, se presenta una tabla con las distancias de dos rutas.

Tabla 2.18. Distancias de Recorrido de Cada Ruta

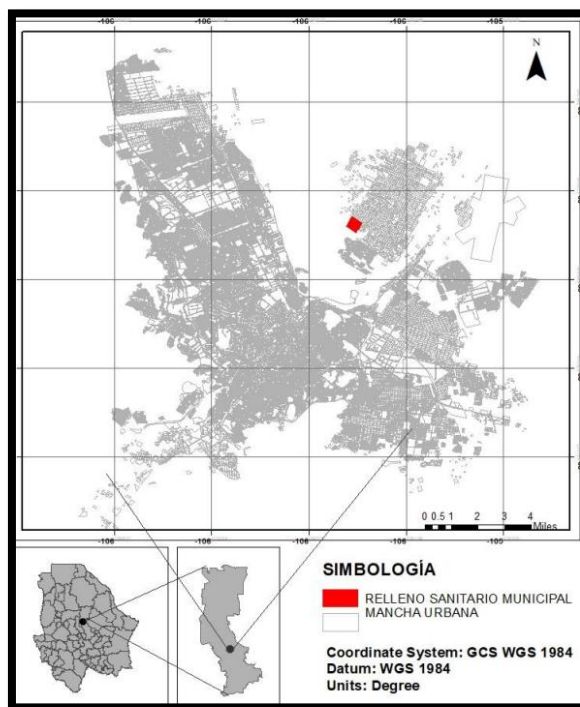
Zona	Ruta	Distancia total [km/año]	Distancia total en recolección [km/año]	Distancia total en traslado [km/año]
NORTE	L-150	13021	3489	9532
SUR	M-235	20937	8499	12438

Fuente: Estudio Diagnóstico

Disposición Final de los Residuos

El Relleno Sanitario actual se encuentra ubicado en el Kilómetro 7.5 Carretera a Aldama, en las coordenadas 28°42'02.64" N y 106°01'56.34" O. Este, cuenta con un área de 451,385 m² y un volumen de 2,700,000 m³ para la celda 1 (clausurada) y de 2,251,000 m³ para la celda 2. De acuerdo a la NOM-083-SEMARNAT-2003 el Relleno Sanitario es de TIPO A en la categorización por tonelaje recibido al día mayor a 100 Ton/día (De acuerdo al manual de operación del relleno sanitario 2022 de la dirección de servicios Públicos municipales, del municipio).

Imagen 2.15. Localización del Relleno Sanitario



Fuente: Manual de Operación del Relleno Sanitario 2022

El camino de acceso al relleno sanitario tiene un ángulo de inclinación que va desde 12.0% hasta -4.1% tramo de un kilómetro rectos hasta una vuelta en ángulo de 90 grados para acceso a la báscula el área de descarga de los residuos.

El municipio de Chihuahua a través de la Dirección de Servicios Públicos Municipales es el encargado de operar y administrar el Relleno Sanitario, y en él aplica procesos de separación y aprovechamiento de los materiales reciclables. De acuerdo a la NOM-083-SEMARNAT-2003 el relleno sanitario es de tipo A en la categorización por tonelaje recibido al día (mayor a 100 toneladas por día).

El Relleno Sanitario tiene más de 29 años de operación y ocupa alrededor de 50 hectáreas, en la imagen siguiente, se muestra una vista aérea; ubicado hacia el sureste de la Ciudad de Chihuahua, en la carretera que lleva hacia el aeropuerto, en una desviación entre al camino a Aldama y Delicias. Actualmente, no cumple en su totalidad con los requerimientos establecidos por la NOM-083-SEMARNAT-2003.

Imagen 2.16. Vista aérea del Relleno Sanitario

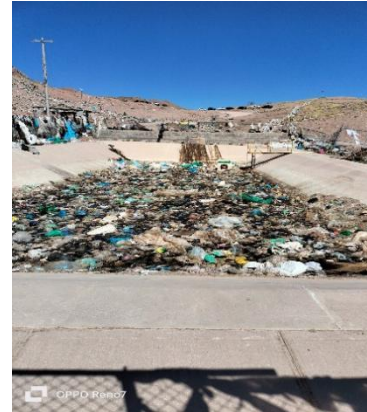


Fuente: Estudio Diagnóstico.

El sitio actual cuenta con capa impermeable, se puede identificar una franja de amortiguamiento, pero se ve obstruida por los residuos que caen en la franja y obstaculiza su funcionamiento de conducción; no cuenta con control de fauna nociva.

Cuenta con sistema para captación y conducción de lixiviados, pero es inoperante, de acuerdo a diseño, ya que se debe realizar trabajos de manera manual todos los días, se utiliza una pipa que los dispersa los lixiviados en la parte superior de la Celda 1 (clausurada), tampoco se cuenta con un sistema para captación y aprovechamiento de biogás, en la Celda 1.

Imagen 2.17. Sistema de Captación en parte inferior Celda 1 y Celda 2, y Canal de Conducción de Lixiviados



Fuente: Estudio Diagnóstico.

En las siguientes imágenes se puede apreciar la situación actual en la laguna y descarga de lixiviados.

Imagen 2.18. Descarga de Lixiviados



Fuente: Estudio Diagnóstico.

En lo que respecta al cumplimiento de la NOM-083-SEMARNAT-2003, el Relleno Sanitario no cumple con varias de las disposiciones establecidas en dicha norma, dentro de lo que se destaca lo siguiente: No cumple la distancia mayor a 15 km respecto al aeropuerto más cercano; No tiene definida una franja de amortiguamiento; No cuenta con control de fauna nociva, existen garzas, zanates, ratones y perros, hay una presencia mínima de moscas; cuenta con un sistema de captación y conducción de lixiviados, pero es inoperante y siempre contiene residuos bolsas de plástico que provocan taponamiento en sus canales de conducción, estos provienen principalmente de la Celda 2; No existe un sistema de captación y aprovechamiento de biogás en la Celda 1, entre otras.

Estas condiciones hacen necesario el cierre, clausura y rehabilitación del sitio de disposición final llamado relleno sanitario conforme lo establecido en la NOM-083-SEMARNAT-2003.

Tabla 2.19. Cumplimiento de la NOM-083-SEMARNAT-2003

PUNTO DE LA NOM-083	CONCEPTO	CUMPLE PUNTO	
6.1.1	Se debe encontrar ubicado a una distancia de 15 km de un aeropuerto.	Si	No
6.1.2	No se debe encontrar ubicado dentro de un área naturalmente protegida.	Si	No
6.1.3	Si hay una localidad con mayor a 2,500 habitantes, el sitio se debe ubicar a una distancia mayor a 500 m.	Si	No
6.1.4	No debe ubicarse en zonas de: marismas, manglares, pantanos, humedales, estuarios, planicies aluviales, fluviales, recarga de acuíferos, arqueológicas.	Si	No
6.1.5	El sitio se debe ubicar fuera de zonas de inundación para un periodo de retorno de 100 años.	Si	No
6.1.6	Se debe ubicar a una distancia mínima de 500 m. de cuerpos de agua con caudal continuo, lagos y lagunas.	Si	No
6.1.7	Ubicar a no menos de 500 m de pozos de agua.	Si	No
7.1	Debe contar con una barrera geológica natural o equivalente a un espesor de 1 m.	Si	No
7.2	Debe garantizar la extracción, captación, conducción y control del biogás.	Si	No
7.3	Debe contar con sistema de captación y extracción de lixiviados.	Si	No
7.4	Debe contar con drenes pluviales.	Si	No
7.5	Debe contar con un área de emergencia para la recepción de residuos sólidos.	Si	No
7.7	Se debe controlar la fauna nociva, materiales ligeros.	Si	No
7.10 a)	Debe contar con un manual de operación.	Si	No
7.10 b)	Debe llevar un control de registro.	Si	No
7.10 c)	Informe mensual de actividades.	Si	No
7.11.1	Realiza monitoreo de biogás.	Si	No
7.11.2	Realiza monitoreo de lixiviados.	Si	No
7.11.3	Realiza monitoreo de acuíferos.	Si	No

Fuente: Estudio Diagnóstico.

En lo que respecta a la infraestructura a continuación se presenta una tabla.

Tabla 2.20. Infraestructura del Relleno Sanitario

CONCEPTO	CUMPLE	
Caminos de acceso	Si	No
Caminos interiores	Si	No
Cerca perimetral	Si	No
Caseta de vigilancia y control de acceso	Si	No
Báscula	Si	No
Agua potable, electricidad y drenaje	Si	No
Vestidores y servicios sanitarios	Si	No
Franja de amortiguamiento (mínimo 10 m)	Si	No

Tabla 2.20. Infraestructura del Relleno Sanitario

CONCEPTO	CUMPLE	
Oficinas	Si	No
Servicio médico y seguridad personal	Si	No

Fuente: Estudio Diagnóstico.

Estimación de la vida útil restante del Relleno Sanitario

Según el “Estudio Diagnóstico, Generación y Composición de los Residuos” (2023) para el Proyecto Integral de Residuos para el municipio de Chihuahua, el relleno sanitario de la Ciudad de Chihuahua recibe en promedio de 900 a 1,200 toneladas diarias de basura y tiene un área de 451,385 m² y un volumen de 2,700,000 m³ para la Celda 1 (clausurada) y de 2,251,000 m³ para la Celda 2. De acuerdo con la NOM-083-SEMARNAT-2003 el Relleno Sanitario es de tipo A en la categorización por tonelaje recibido al día (mayor a 100) (De acuerdo con el manual de operación del relleno sanitario 2022 de la dirección de servicios Públicos municipales, del municipio).

Tabla 2.21. Categoría de los sitios de disposición final

Tipo	Tonelaje Recibido (ton/día)
A	Mayor a 100
B	50 hasta 100
C	10 y menor a 50
D	Menor a 10

Fuente: NOM-083-SEMARNAT-2003

Este relleno sanitario cuenta con infraestructura y equipamiento el cual se describe en la tabla siguiente.

Tabla 2.22. Infraestructura y Equipamiento del Relleno Sanitario Actual

Concepto	Descripción
Oficinas Administrativas	Ubicada en la entrada del relleno sanitario. Ahí se realizan todas las funciones administrativas del relleno sanitario.
Caseta de Seguridad	Ubicada en la entrada del relleno sanitario. Controla la entrada y salida de los vehículos.
Báscula	Se encuentre pasando la caseta de seguridad. Pesaje de Vehículos.
Pila de Lixiviados	Debajo del talud. Dentro de la pila se descargan todos los lixiviados generados en la compactación de los residuos. El lixiviado es un fluido residual que, a partir de un proceso de percolación, se filtra de un vertedero.
Taller Mecánico	Ubicado al noroeste del sitio. Dentro del taller se repara la maquinaria utilizada en el relleno sanitario.
Pipas	Agua utilizada en el relleno sanitario.
Mecheros	Distribuidos en la celda 1 (clausurada). Expulsa los gases acumulados.
Máquinas	- Tractor Caterpillar D9 (2 unidades). - Tractor compactador de basura con llantas de acero Caterpillar (1 unidad).

Tabla 2.22. Infraestructura y Equipamiento del Relleno Sanitario Actual

Concepto	Descripción
	Cargador frontal de neumático Caterpillar 980G.

Fuente: Manual de Operación del Relleno Sanitario.

La caseta de control y el área de pesaje, representan la primera fase de las operaciones del relleno sanitario y en esta se constituye el principal control para:

- Detectar residuos sólidos prohibidos, (no hay una detección real, ingresa todo)
- Localizar irregularidades en los vehículos (actualmente no se identifican estas)
- Dirigir los vehículos al área adecuada (los conductores saben el camino)
- Comunicarse con el conductor (los controladores de vehículos en la celda dos)
- Registrar la entrada de los vehículos, el peso del vehículo al ingreso y a la salida
- Controlar el flujo vehicular interno (esto en la parte superior de la celda dos)

El relleno sanitario actual ha operado ininterrumpidamente desde hace 29 (veintinueve) años y da servicio a 3 municipios (Aldama, Aquiles Serdán y Chihuahua) los cuales en 2021 generaron en promedio 1,272.5 Ton/día.

2.5. Generación y Caracterización de los Residuos

Actualmente, no existe un criterio unificado respecto a la clasificación socioeconómica de una población en los estratos alto (o residencial), medio y bajo (o popular). Para efectuar lo anterior, se utilizó un criterio que presenta el documento de datos básicos del manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento de la CONAGUA y resultados de la Evaluación de la UACH (2022).

Clase socioeconómica	Descripción del tipo de vivienda
Residencial	Casas solas o departamentos de lujo, que cuentan con dos o más baños, jardín de 50 m ² o más, cisterna, lavadora.
Media	Casas y departamentos, que cuentan con uno o dos baños, jardín de 15 a 35 m ² y tinaco.
Popular	Vecindades y casas habitadas por una o varias familias, que cuentan con jardín de 2 a 8 m ² , con un baño o compartiéndolo.

Fuente: Datos Básicos. Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. CONAGUA 2007

La aplicación de la metodología acorde a lo indicado por la normatividad, proporciona datos indispensables para la toma de decisiones en los municipios y localidades de México. Así, el presente estudio de generación y cuantificación de subproductos de residuos sólidos urbanos fue desarrollado en el Municipio de Chihuahua durante el mes de junio de 2022. Mediante un proceso que consistió en las siguientes etapas: (1) clasificación de la población en sectores, (2)

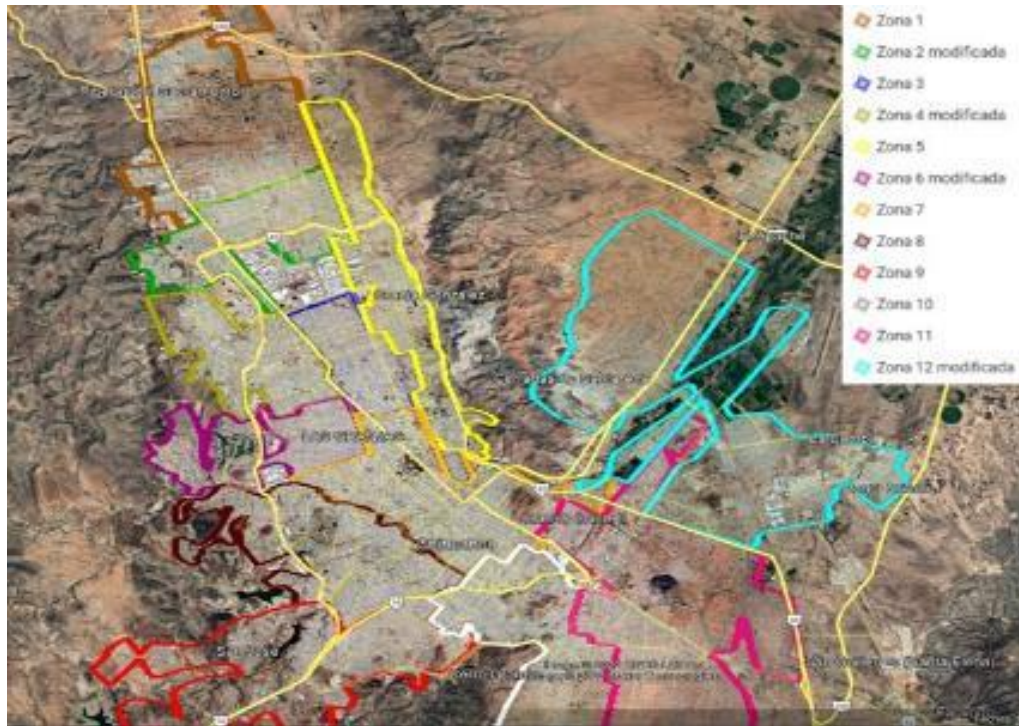
determinación del número de muestras (definición del error acorde a la norma NMX-AA-61-1985) y selección de domicilios de manera aleatoria, (3) colecta de muestras (capacitación a brigadistas, encuestas a domicilios), (4) cuarteo, determinación de peso volumétrico, clasificación y cuantificación de los subproductos (NMX-AA: 15, 19 y 22 de 1985), (5) análisis de resultados.

Clasificación de la Población por Sectores

Para determinar la generación per cápita de los residuos sólidos provenientes de casas habitación como en otro tipo de fuentes (excepto las industriales) se ha de emplear la NMX-AA-61-1985. Dentro de la norma se hace la aclaración que se parte de un muestreo estadístico aleatorio en sectores o zonas. Se establecieron los sectores o zonas de estudio en el Municipio de Chihuahua considerando los sectores que tiene delimitado Servicios Públicos Municipales para la recolección de residuos en casas habitación, esto es 12 zonas, aunque no son estratos socioeconómicos, si obedece a la organización técnica y operativa de la dependencia mencionada, ya que las 12 zonas en las que está dividida la ciudad, corresponden a las rutas de recolección de RSU y dichas rutas están organizadas por la relativa homogeneidad que guardan con respecto a ciertas variables socioeconómicas así como a las vías de acceso y comunicación existentes. Esta estratificación arroja información respecto al comportamiento en la generación de RSU por cada zona, con lo que se pudieran definir estrategias de educación ambiental, así como de valorización y eficiente recolección. Además, junto con la información obtenida a nivel municipal, se realiza el análisis para el diseño de las propuestas de educación ambiental, así como de valorización de los RSU. Con estas 12 zonas se procede a los cálculos para definir el tamaño de la muestra.

Para la distribución de las encuestas a aplicar, se utilizó un muestreo aleatorio simple por estratos, en el que se utilizó el mapa de zonas ya trazado por el Gobierno Municipal, así mismo, se asignaron las muestras determinadas estadísticamente para cada zona aleatoriamente.

Imagen 2.19. Distribución de las 12 zonas utilizadas para la aplicación de encuestas



Fuente: Municipio de Chihuahua

A las viviendas que participaron en la encuesta se les tomó una coordenada geográfica con la finalidad de poder cruzar la información con la base de datos del Índice de Rezago Social, mismo que es una medida ponderada que con cuatro indicadores de carencias sociales (educación, salud, servicios básicos y calidad y espacios en la vivienda), de esta forma su finalidad es el ordenar a las unidades de observación según sus carencias sociales. Los cinco niveles de rezago social en que se mide son: muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto rezago social (CONEVAL, 2022).

Resumen Generación Total de residuos sólido

Se ha estimado la cantidad total de Residuos Sólidos generados en el área de estudio (tanto Residuos Sólidos Urbanos (RSU) o tipo domiciliarios, como de Manejo Especial o RME), así como la cantidad per cápita total, utilizando como base la medición de los Residuos Sólidos Urbanos y los residuos generados por diferentes fuentes distintas a los domiciliarios (que se cuantifican y presentan en otras secciones), tales como los residuos comerciales e industriales, residuos de hoteles, aeropuerto, servicios, escuelas, así como otros específicos como residuos de rastros, residuos de la construcción, o incluso llantas. De esta manera, la cantidad per cápita total de residuos sólidos en el área de estudio se estima en 1.124 kg/hab/día.

Es importante señalar que los valores que aquí se presentan para las fuentes distintas a las domiciliarias no representan la cantidad per cápita específica de cada actividad, sino su contribución a la cantidad per cápita total en el área de estudio. En otras palabras, los valores reflejan el total de residuos sólidos generados por cada actividad en el área de estudio, dividido entre la población total del área de estudio, y no solo entre el número de personas que generan ese tipo de residuos. Lo anterior, para poder extrapolar de forma efectiva la generación total de residuos del área en estudio a través del horizonte del proyecto, basado en el crecimiento poblacional, y partiendo de una población base proyectada al año 2023 de 1,013,877 habitantes correspondiente a los municipios de Chihuahua, Aldama y Aquiles Serdán.

Tabla 2.24. Generación per cápita total de Residuos Sólidos

Generador	Generación Per Cápita (kg/hab/día)
RSU	0.780
RME	0.344
Total	1.124

Fuente: Estudio Diagnóstico

A continuación, se presenta una tabla con las cantidades de residuos presentadas en el área de estudio.

Tabla 2.25. Generación Diaria de Residuos

Tipo de Residuo	Toneladas/día	Toneladas/año
RSU y RME	1,148.6	419,235
RSU	796.8	290,828
RME Totales	351.8	128,406
<i>No Domésticos similares a Domésticos</i>	336.4	122,771
<i>Llantas</i>	3.1	1,133
<i>Escombros</i>	4.2	1,528
<i>Orgánicos</i>	7.4	2,705
<i>Inorgánicos</i>	0.7	269
Total	1,148.6	419,235

Fuente: Estudio Diagnóstico

Con la finalidad de proyectar la cantidad de residuos valorizables y conforme a se establece en la normativa vigente también se analizó la cantidad de subproductos que se encuentran en el área de influencia.

Tabla 2.26. Caracterización de RSU y RME en la Zona de Estudio

Subproducto	% Global	Clase de Residuo	Tipo de Residuo	Toneladas totales
Residuos Alimenticios	15.1%	Orgánico	Residuos alimenticios	177.9
Residuos de jardinería	3.4%	Orgánico	Residuos de jardinería	38.5
Hueso	0.2%	Orgánico	Otros	2.6
Fibra dura vegetal	0.0%	Orgánico	Otros	0.0
Papel	4.2%	Inorg. Recuperable	Papel y Cartón	47.4
Cartón	8.6%	Inorg. Recuperable	Papel y Cartón	97.2
Envase de cartón encerado	0.0%	Inorg. Recuperable	Papel y Cartón	0.0
Envase tetra capa	1.4%	Inorg. Recuperable	Papel y Cartón	15.9
Plástico rígido	7.1%	Inorg. Recuperable	Plástico	80.1
Plástico ligero	9.7%	Inorg. Recuperable	Plástico	109.9
PET	6.7%	Inorg. Recuperable	Plástico	75.6
Vidrio de color	1.0%	Inorg. Recuperable	Vidrio	11.0
Vidrio transparente	3.2%	Inorg. Recuperable	Vidrio	36.6
Lata	0.6%	Inorg. Recuperable	Metales	6.8
Material ferroso	1.4%	Inorg. Recuperable	Metales	15.5
Material no-ferroso	0.2%	Inorg. Recuperable	Metales	2.4
Papel aluminio	0.2%	Inorg. Recuperable	Metales	1.8
Textiles de algodón	4.9%	Inorg. No Recup.	Textiles	55.3
Textiles sintéticos	8.9%	Inorg. No Recup.	Textiles	100.9
Trapos (jerga, franela, etc.)	0.2%	Inorg. No Recup.	Textiles	2.0
Residuo fino que pase la criba M 200	3.5%	Inorg. No Recup.	Otros	39.8
Pañal desechable	4.6%	Inorg. No Recup.	Otros	52.1
Madera	0.6%	Inorg. No Recup.	Otros	6.8
Papel sanitario	3.9%	Inorg. No Recup.	Otros	43.7
Plástico no identificado	0.0%	Inorg. No Recup.	Otros	0.1
Poliestireno expandido	2.5%	Inorg. No Recup.	Otros	28.4
Envoltura metalizada	1.3%	Inorg. No Recup.	Otros	14.3
Cuero	0.1%	Inorg. No Recup.	Otros	0.8
Material de construcción	0.1%	Inorg. No Recup.	Otros	5.2
Loza y cerámica	0.2%	Inorg. No Recup.	Otros	2.4
Poliuretano	0.6%	Inorg. No Recup.	Otros	6.3
Hule	0.4%	Inorg. No Recup.	Otros	7.7
Otros	5.1%	Inorg. No Recup.	Otros	59.0
Residuos Peligrosos	0.4%	Peligrosos	Otros	4.4
Total general	100.0%	Total de toneladas		1,148.6

Fuente: Estudio Diagnóstico.

2.6. Problemática

El relleno sanitario de la ciudad de Chihuahua recibe en promedio de 800 a 1,200 toneladas de residuos diarios y tiene un área de 451,385 m² y un volumen de 2,700,000 m³ para la celda 1 (clausurada) y de 2,251,000 m³ para la celda 2, cuya vida útil restante está llegando a su fin. De acuerdo a la NOM-083-SEMARNAT-2003, el relleno sanitario es de tipo A, debido a la categorización por tonelaje de residuos recibidos al día (mayor a 100), dicho relleno sanitario ha operado de manera ininterrumpida por más tiene más de 29 y ocupa alrededor de 50 hectáreas.

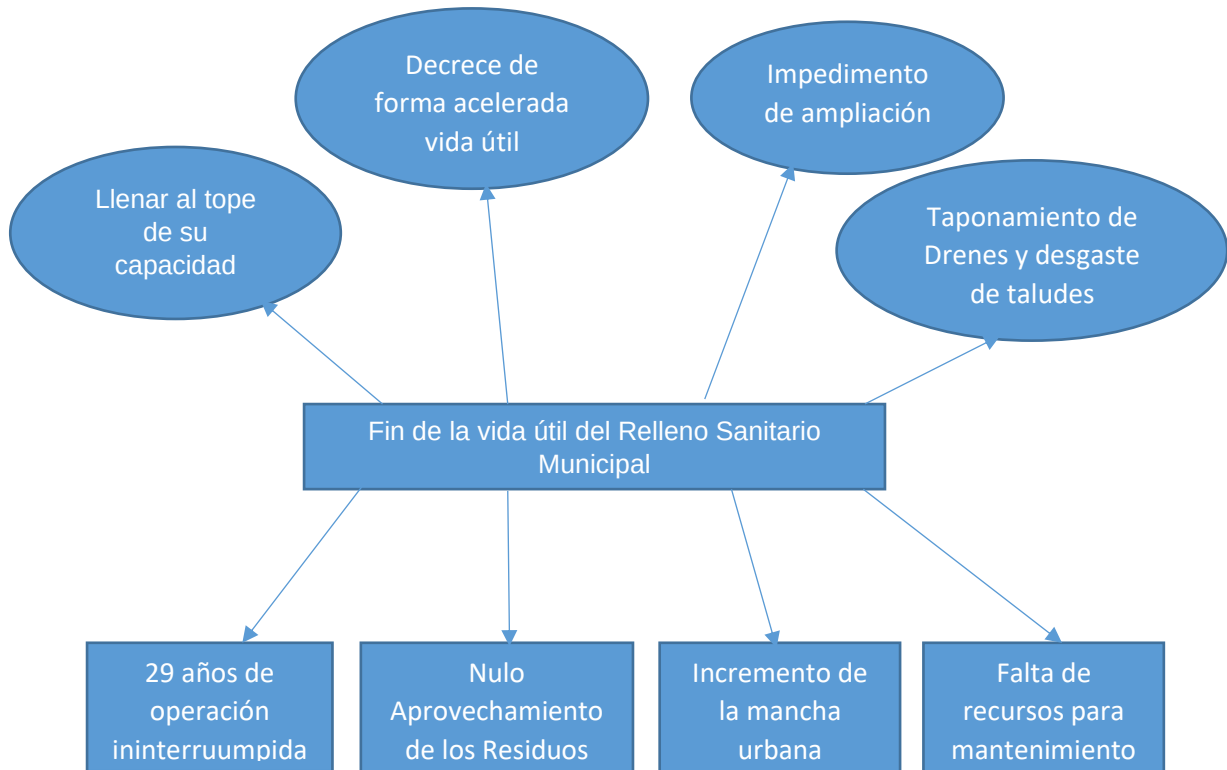
Actualmente, el Municipio de Chihuahua no cuenta con infraestructura para el aprovechamiento de los residuos que disminuya la cantidad de los mismos destinados al confinamiento, esta situación, de acuerdo con un análisis desarrollado por el municipio, ha generado que la vida útil restante del relleno sanitario llegue a fin al final del 2023 según la “Evaluación de la situación actual y plan de clausura del relleno sanitario actual del municipio de Chihuahua” elaborado por la UACH en 2022.

Adicionalmente no es posible construir más celdas en el relleno sanitario, solo es posible realizar una ampliación al mismo, ya que la mancha urbana ha crecido de tal manera que la distancia entre el relleno y ésta es menor a los 500 metros, por lo cual es necesario encontrar una nueva ubicación para desarrollar un nuevo relleno sanitario metropolitano que continúe dando servicio a los tres municipios.

El relleno sanitario no cumple en su totalidad a los requerimientos establecidos por la NOM-083-SEMARNAT-2003, entre los principales incumplimientos se encuentran: no cumple la distancia mayor a 15 km respecto al aeropuerto más cercano, ya que en línea recta está a un máximo de sus puntos medios de 8 km, no cumple la distancia mayor a 500 m de una zona poblacional, ya se encuentra muy cercano a fraccionamiento habitacional (el cual fue construido posterior a la construcción del Relleno Sanitario), No cuenta con control de fauna nociva; Si bien cuenta con un sistema de captación y conducción de lixiviados, éste presenta fracturas, y obstrucción en el canal de conducción, por los residuos se desbordan de la Celda 2; No existe un sistema de captación y aprovechamiento de biogás, entre otras.

Estas condiciones hacen necesario el cierre, clausura y rehabilitación del sitio de disposición final llamado relleno sanitario, conforme lo establecido en la NOM-083-SEMARNAT-2003.

A continuación, se muestra un diagrama causa efecto con la problemática central.



El segundo punto a resaltar, respecto a la problemática es la falta de equipamiento que le permita al municipio aprovechar el valor intrínseco de los residuos y que extienda a su vez la vida útil de un nuevo relleno sanitario y a su vez un mayor incremento en los costos de operación del relleno sanitario.

2.7. Demanda en la Situación Actual

Para la estimación de la demanda en la situación actual, es necesario primero determinar la población a la que se da servicio actualmente, Dado que la generación de residuos está vinculada directamente al número de habitantes en la zona de influencia del presente estudio; el crecimiento en cuanto al volumen de residuos generados está relacionado directamente a la tasa de crecimiento poblacional, por lo cual, con base en información del "Censo de Población y Vivienda 2020", y a las tasas de crecimiento poblacional establecidas por el Consejo Nacional de Población (**CONAPO**) se proyectó la generación anual de residuos durante el horizonte de evaluación.

**Tabla 2.27. Número de Habitantes,
INEGI 2020**

Municipio	Número de Habitantes
Chihuahua	937,674
Aldama	26,047
Aquiles Serdán	24,344
Total	988,065

Fuente: INEGI 2020

Con base en los datos del INEGI se proyectó el crecimiento poblacional

Tabla 2.28. Proyección de Crecimiento Poblacional

No.	Año	Tasa	Municipio			Total
			Chihuahua	Aldama	Aquiles Serdán	
-4	2020	-	937,674	26,047	24,344	988,065
-3	2021	0.94%	946,505	26,292	24,573	997,370
-2	2022	1.12%	957,080	26,586	24,848	1,008,514
-1	2023	1.29%	969,428	26,929	25,168	1,021,526
0	2024	1.26%	981,622	27,268	25,485	1,034,375
1	2025	1.20%	993,432	27,596	25,792	1,046,820
2	2026	1.13%	1,004,668	27,908	26,083	1,058,659
3	2027	1.05%	1,015,261	28,202	26,358	1,069,821
4	2028	0.98%	1,025,204	28,478	26,616	1,080,298
5	2029	0.91%	1,034,549	28,738	26,859	1,090,146
6	2030	0.85%	1,043,390	28,984	27,089	1,099,462
7	2031	0.81%	1,051,823	29,218	27,308	1,108,349
8	2032	0.77%	1,059,939	29,443	27,518	1,116,900
9	2033	0.74%	1,067,815	29,662	27,723	1,125,200
10	2034	0.72%	1,075,528	29,876	27,923	1,133,328
11	2035	0.70%	1,083,104	30,087	28,120	1,141,310
12	2036	0.69%	1,090,555	30,294	28,313	1,149,162
13	2037	0.67%	1,097,849	30,496	28,502	1,156,848
14	2038	0.64%	1,104,903	30,692	28,686	1,164,281
15	2039	0.61%	1,111,611	30,879	28,860	1,171,350
16	2040	0.56%	1,117,866	31,052	29,022	1,177,940
17	2041	0.51%	1,123,574	31,211	29,170	1,183,956
18	2042	0.46%	1,128,707	31,354	29,304	1,189,364
19	2043	0.40%	1,133,262	31,480	29,422	1,194,164
20	2044	0.36%	1,137,290	31,592	29,526	1,198,408
21	2045	0.31%	1,140,838	31,691	29,619	1,202,148

Tabla 2.28. Proyección de Crecimiento Poblacional

No.	Año	Tasa	Municipio			Total
			Chihuahua	Aldama	Aquiles Serdán	
22	2046	0.28%	1,143,976	31,778	29,700	1,205,454
23	2047	0.24%	1,146,772	31,855	29,773	1,208,400
24	2048	0.22%	1,149,288	31,925	29,838	1,211,051
25	2049	0.20%	1,151,568	31,989	29,897	1,213,453
26	2050	0.18%	1,153,638	32,046	29,951	1,215,635
27	2051	0.16%	1,155,496	32,098	29,999	1,217,593
28	2052	0.14%	1,157,124	32,143	30,041	1,219,308
29	2053	0.12%	1,158,469	32,180	30,076	1,220,726
30	2054	0.09%	1,159,463	32,208	30,102	1,221,773
31	2055	0.05%	1,160,045	32,224	30,117	1,222,386
32	2056	0.01%	1,160,178	32,228	30,121	1,222,527
33	2057	-0.03%	1,159,844	32,219	30,112	1,222,175
34	2058	-0.07%	1,159,054	32,197	30,091	1,221,342
35	2059	-0.10%	1,157,840	32,163	30,060	1,220,063
36	2060	-0.14%	1,156,249	32,119	30,019	1,218,386
37	2061	-0.17%	1,154,322	32,065	29,969	1,216,356
38	2062	-0.19%	1,152,108	32,004	29,911	1,214,023
39	2063	-0.21%	1,149,660	31,936	29,848	1,211,443
40	2064	-0.23%	1,146,998	31,862	29,778	1,208,638
41	2065	-0.25%	1,144,141	31,782	29,704	1,205,627
42	2066	-0.27%	1,141,090	31,698	29,625	1,202,413
43	2067	-0.29%	1,137,828	31,607	29,540	1,198,975
44	2068	-0.31%	1,134,330	31,510	29,450	1,195,289
45	2069	-0.33%	1,130,556	31,405	29,352	1,191,312
46	2070	-0.36%	1,126,478	31,292	29,246	1,187,015
47	2071	-0.39%	1,122,074	31,169	29,131	1,182,374

Fuente: Elaboración Propia con información del INEGI y CONAPO

Una vez calculado la población para los próximos años se utilizó la generación per cápita para calcular la cantidad de residuos en el horizonte de evaluación.

Tabla 2.29. Proyección de la Cantidad de Residuos

Año	RSU (ton/día)	RME (ton/día)	Total (ton/día)	RSU (ton/día)	RME (ton/día)	Total (ton/día)	RSU (ton/día)	RME (ton/día)	Total (ton/día)	Total
	Chihuahua			Aldama			Aguiles Serdan			
2024	765.7	337.6	1,103.3	21.3	9.4	30.6	19.9	8.8	28.6	1,162.6
2025	774.9	341.7	1,116.6	21.5	9.5	31.0	20.1	8.9	29.0	1,176.6
2026	783.6	345.6	1,129.2	21.8	9.6	31.4	20.3	9.0	29.3	1,189.9
2027	791.9	349.2	1,141.1	22.0	9.7	31.7	20.6	9.1	29.6	1,202.4
2028	799.7	352.6	1,152.3	22.2	9.8	32.0	20.8	9.2	29.9	1,214.2
2029	806.9	355.8	1,162.8	22.4	9.9	32.3	21.0	9.2	30.2	1,225.3
2030	813.8	358.9	1,172.7	22.6	10.0	32.6	21.1	9.3	30.4	1,235.8
2031	820.4	361.8	1,182.2	22.8	10.0	32.8	21.3	9.4	30.7	1,245.7
2032	826.8	364.6	1,191.3	23.0	10.1	33.1	21.5	9.5	30.9	1,255.4
2033	832.9	367.3	1,200.2	23.1	10.2	33.3	21.6	9.5	31.2	1,264.7
2034	838.9	369.9	1,208.9	23.3	10.3	33.6	21.8	9.6	31.4	1,273.8
2035	844.8	372.5	1,217.4	23.5	10.3	33.8	21.9	9.7	31.6	1,282.8
2036	850.6	375.1	1,225.7	23.6	10.4	34.0	22.1	9.7	31.8	1,291.6
2037	856.3	377.6	1,233.9	23.8	10.5	34.3	22.2	9.8	32.0	1,300.3
2038	861.8	380.0	1,241.9	23.9	10.6	34.5	22.4	9.9	32.2	1,308.6
2039	867.1	382.4	1,249.4	24.1	10.6	34.7	22.5	9.9	32.4	1,316.6
2040	871.9	384.5	1,256.4	24.2	10.7	34.9	22.6	10.0	32.6	1,324.0
2041	876.4	386.5	1,262.9	24.3	10.7	35.1	22.8	10.0	32.8	1,330.7
2042	880.4	388.2	1,268.6	24.5	10.8	35.2	22.9	10.1	32.9	1,336.8
2043	883.9	389.8	1,273.7	24.6	10.8	35.4	22.9	10.1	33.1	1,342.2
2044	887.1	391.2	1,278.3	24.6	10.9	35.5	23.0	10.2	33.2	1,347.0
2045	889.9	392.4	1,282.3	24.7	10.9	35.6	23.1	10.2	33.3	1,351.2
2046	892.3	393.5	1,285.8	24.8	10.9	35.7	23.2	10.2	33.4	1,354.9
2047	894.5	394.4	1,288.9	24.8	11.0	35.8	23.2	10.2	33.5	1,358.2
2048	896.4	395.3	1,291.8	24.9	11.0	35.9	23.3	10.3	33.5	1,361.2
2049	898.2	396.1	1,294.3	25.0	11.0	36.0	23.3	10.3	33.6	1,363.9
2050	899.8	396.8	1,296.6	25.0	11.0	36.0	23.4	10.3	33.7	1,366.3
2051	901.3	397.4	1,298.7	25.0	11.0	36.1	23.4	10.3	33.7	1,368.5
2052	902.6	398.0	1,300.6	25.1	11.1	36.1	23.4	10.3	33.8	1,370.5
2053	903.6	398.5	1,302.1	25.1	11.1	36.2	23.5	10.3	33.8	1,372.0
2054	904.4	398.8	1,303.2	25.1	11.1	36.2	23.5	10.4	33.8	1,373.2
2055	904.8	399.0	1,303.8	25.1	11.1	36.2	23.5	10.4	33.9	1,373.9
2056	904.9	399.1	1,304.0	25.1	11.1	36.2	23.5	10.4	33.9	1,374.1
2057	904.7	398.9	1,303.6	25.1	11.1	36.2	23.5	10.4	33.8	1,373.7
2058	904.1	398.7	1,302.7	25.1	11.1	36.2	23.5	10.4	33.8	1,372.7
2059	903.1	398.3	1,301.4	25.1	11.1	36.1	23.4	10.3	33.8	1,371.3
2060	901.9	397.7	1,299.6	25.1	11.0	36.1	23.4	10.3	33.7	1,369.4
2061	900.4	397.0	1,297.4	25.0	11.0	36.0	23.4	10.3	33.7	1,367.1
2062	898.6	396.3	1,294.9	25.0	11.0	36.0	23.3	10.3	33.6	1,364.5
2063	896.7	395.4	1,292.2	24.9	11.0	35.9	23.3	10.3	33.5	1,361.6
2064	894.7	394.5	1,289.2	24.9	11.0	35.8	23.2	10.2	33.5	1,358.5
2065	892.4	393.5	1,286.0	24.8	10.9	35.7	23.2	10.2	33.4	1,355.1
2066	890.1	392.5	1,282.5	24.7	10.9	35.6	23.1	10.2	33.3	1,351.5
2067	887.5	391.4	1,278.9	24.7	10.9	35.5	23.0	10.2	33.2	1,347.6

Tabla 2.29. Proyección de la Cantidad de Residuos

Año	RSU (ton/día)	RME (ton/día)	Total (ton/día)	RSU (ton/día)	RME (ton/día)	Total (ton/día)	RSU (ton/día)	RME (ton/día)	Total (ton/día)	Total
	Chihuahua			Aldama			Aguilera Serdan			
2068	884.8	390.2	1,274.9	24.6	10.8	35.4	23.0	10.1	33.1	1,343.5
2069	881.8	388.9	1,270.7	24.5	10.8	35.3	22.9	10.1	33.0	1,339.0
2070	878.7	387.5	1,266.1	24.4	10.8	35.2	22.8	10.1	32.9	1,334.2
2071	875.2	385.9	1,261.2	24.3	10.2	34.5	22.7	10.0	32.7	1,328.4

Fuente: Elaboración Propia

Como se puede apreciar en la tabla anterior, la demanda de disposición final inicia en 2024 un total de **1,162 toneladas día** y esta se incrementa hasta llegar a las **1,328 toneladas día**. Adicionalmente para contabilizar la demanda de disposición final es necesario pasar éstas toneladas día a metros cúbicos, para lo cual con base en el manual de especificaciones publicado por la SEMARNAT un relleno sanitario de este tipo debe de tener una densidad en la basura compactada a un mínimo de 700 kg/m³, además de tomar en cuenta un coeficiente de capas intermedias de cobertura de 0.25 y un coeficiente de eficiencia de vertedero de 1.0101, con lo cual la demanda de disposición final es la situación actual es la siguiente

Tabla 2.30 Proyección de la Demanda de Disposición final

Año	Volumen a Disposición Final Coeficiente de Vertido (m3/año)	Volumen de material de cobertura compacto (m³/año)	Volumen Efectivo Confinado (m³/año)
2024	612,335	153,084	765,419
2025	619,702	154,925	774,627
2026	626,711	156,678	783,388
2027	633,318	158,330	791,648
2028	639,521	159,880	799,401
2029	645,350	161,338	806,688
2030	650,865	162,716	813,581
2031	656,126	164,032	820,158
2032	661,188	165,297	826,486
2033	666,102	166,525	832,627
2034	670,913	167,728	838,642
2035	675,639	168,910	844,548
2036	680,287	170,072	850,359
2037	684,837	171,209	856,046
2038	689,237	172,309	861,547
2039	693,422	173,355	866,777
2040	697,323	174,331	871,654
2041	700,884	175,221	876,105
2042	704,086	176,021	880,107
2043	706,927	176,732	883,659
2044	709,440	177,360	886,800
2045	711,654	177,913	889,567
2046	713,611	178,403	892,014

Tabla 2.30 Proyección de la Demanda de Disposición final

Año	Volumen a Disposición Final Coeficiente de Vertido (m ³ /año)	Volumen de material de cobertura compacto (m ³ /año)	Volumen Efectivo Confinado (m ³ /año)
2047	715,355	178,839	894,194
2048	716,925	179,231	896,156
2049	718,346	179,587	897,933
2050	719,638	179,909	899,547
2051	720,797	180,199	900,996
2052	721,813	180,453	902,266
2053	722,652	180,663	903,314
2054	723,272	180,818	904,090
2055	723,635	180,909	904,543
2056	723,718	180,929	904,647
2057	723,510	180,877	904,387
2058	723,017	180,754	903,771
2059	722,259	180,565	902,824
2060	721,267	180,317	901,584
2061	720,065	180,016	900,081
2062	718,684	179,671	898,355
2063	717,157	179,289	896,446
2064	715,496	178,874	894,370
2065	713,714	178,428	892,142
2066	711,811	177,953	889,763
2067	709,776	177,444	887,220
2068	707,594	176,898	884,492
2069	705,239	176,310	881,549
2070	702,695	175,674	878,369
2071	699,654	174,914	874,568

Fuente: Elaboración Propia

Como se puede apreciar en la tabla anterior, la demanda de disposición final para el final del horizonte de evaluación es de 874,568 metros cúbicos al año.

2.8. Oferta en la Situación Actual

Como se mencionó anteriormente, para la disposición final de los residuos que se generan en el municipio de Chihuahua se cuenta con un Relleno Sanitario Municipal de Chihuahua, el cual se encuentra ubicado en el KM. 7.5 Carretera a Aldama, El relleno sanitario de la Ciudad de Chihuahua recibe en promedio de 800 a 1200 toneladas diarias de basura y tiene un área de 451,385 m² y un volumen de 2,700,000 m³ para la celda 1 (clausurada) y de 2,251,000m³ para la celda 2.

El sitio de disposición final llamado relleno sanitario tiene más de 29 años de operación y ocupa alrededor de 50 hectáreas. El relleno sanitario actualmente no cumple en su totalidad con los requerimientos establecidos por la NOM-083-SEMARNAT-2003.

El relleno sanitario actual ha operado ininterrumpidamente desde hace 29 (veintinueve) años y da servicio a 3 municipios (Aldama, Aquiles Serdán y Chihuahua). De acuerdo con los registros del relleno sanitario, en 2021 entraron en promedio 1,272.5 ton/día de residuos provenientes de los municipios de Aldama, Aquiles Serdán y Chihuahua.

Tabla 2.30.1. Cumplimiento de la NOM-083-SEMARNAT-2003

PUNTO DE LA NOM-083	CONCEPTO	CUMPLE PUNTO	
6.1.1	Se debe encontrar ubicado a una distancia de 15 km de un aeropuerto.	Si	No
6.1.2	No se debe encontrar ubicado dentro de un área naturalmente protegida.	Si	No
6.1.3	Si hay una localidad con mayor a 2,500 habitantes, el sitio se debe ubicar a una distancia mayor a 500 m.	Si	No
6.1.4	No debe ubicarse en zonas de: marismas, manglares, pantanos, humedales, estuarios, planicies aluviales, fluviales, recarga de acuíferos, arqueológicas.	Si	No
6.1.5	El sitio se debe ubicar fuera de zonas de inundación para un periodo de retorno de 100 años.	Si	No
6.1.6	Se debe ubicar a una distancia mínima de 500 m. de cuerpos de agua con caudal continuo, lagos y lagunas.	Si	No
6.1.7	Ubicar a no menos de 500 m de pozos de agua.	Si	No
7.1	Debe contar con una barrera geológica natural o equivalente a un espesor de 1 m.	Si	No
7.2	Debe garantizar la extracción, captación, conducción y control del biogás.	Si	No
7.3	Debe contar con sistema de captación y extracción de lixiviados.	Si	No
7.4	Debe contar con drenes pluviales.	Si	No
7.5	Debe contar con un área de emergencia para la recepción de residuos sólidos.	Si	No
7.7	Se debe controlar la fauna nociva, materiales ligeros.	Si	No
7.10 a)	Debe contar con un manual de operación.	Si	No
7.10 b)	Debe llevar un control de registro.	Si	No
7.10 c)	Informe mensual de actividades.	Si	No
7.11.1	Realiza monitoreo de biogás.	Si	No
7.11.2	Realiza monitoreo de lixiviados.	Si	No
7.11.3	Realiza monitoreo de acuíferos.	Si	No

Fuente: Estudio Diagnóstico.

Para este caso, ya que el relleno sanitario actual ésta llegando al final de su vida útil y no se cuenta con una estación de transferencia, la oferta para ambos servicios es de cero.

Tabla 2.31. Proyección de la Oferta Actual (Ton/año)

Año	Oferta Actual	Total
2024	0	0
2025	0	0
2026	0	0

Tabla 2.31. Proyección de la Oferta Actual (Ton/año)

Año	Oferta Actual	Total
2027	0	0
2028	0	0
2029	0	0
2042	0	0
...	...	...
2071	0	0

Fuente: Elaboración Propia

Como se puede apreciar en la tabla anterior, la oferta a partir del año 2024 es cero.

2.9. Interacción Oferta-Demanda.

A continuación, se presenta una tabla con la interacción oferta-demanda en la situación actual, la cual resalta la urgencia de contar con un nuevo sitio de disposición final.

Tabla 2.33. Interacción Oferta - Demanda Disposición Final

Año	Oferta (m3/año)	Demanda (m3/año)	Interacción (m3/año)	Déficit Acumulado (m3)
2024	-	598,681	-598,681	-598,681
2025	-	606,211	-606,211	-1,204,892
2026	-	613,505	-613,505	-1,818,397
2027	-	620,443	-620,443	-2,438,841
2028	-	626,985	-626,985	-3,065,826
2029	-	633,126	-633,126	-3,698,951
2030	-	638,897	-638,897	-4,337,848
2031	-	644,356	-644,356	-4,982,205
2032	-	649,565	-649,565	-5,631,770
2033	-	654,577	-654,577	-6,286,346
2034	-	659,441	-659,441	-6,945,787
2035	-	664,204	-664,204	-7,609,991
2036	-	668,882	-668,882	-8,278,873
2037	-	673,484	-673,484	-8,952,358
2038	-	677,989	-677,989	-9,630,346
2039	-	682,345	-682,345	-10,312,691
2040	-	686,487	-686,487	-10,999,179
2041	-	690,350	-690,350	-11,689,529
2042	-	693,875	-693,875	-12,383,404
2043	-	697,045	-697,045	-13,080,449
2044	-	699,858	-699,858	-13,780,307

2045	-	702,346	-702,346	-14,482,653
2046	-	704,537	-704,537	-15,187,190
2047	-	706,475	-706,475	-15,893,665
2048	-	708,202	-708,202	-16,601,866
2049	-	709,755	-709,755	-17,311,622
2050	-	711,163	-711,163	-18,022,785
2051	-	712,441	-712,441	-18,735,226
2052	-	713,589	-713,589	-19,448,815
2053	-	714,594	-714,594	-20,163,410
2054	-	715,425	-715,425	-20,878,835
2055	-	716,039	-716,039	-21,594,874
2056	-	716,398	-716,398	-22,311,272
2057	-	716,481	-716,481	-23,027,753
2058	-	716,274	-716,274	-23,744,027
2059	-	715,786	-715,786	-24,459,814
2060	-	715,037	-715,037	-25,174,850
2061	-	714,054	-714,054	-25,888,904
2062	-	712,864	-712,864	-26,601,769
2063	-	711,497	-711,497	-27,313,266
2064	-	709,985	-709,985	-28,023,251
2065	-	708,341	-708,341	-28,731,592
2066	-	706,577	-706,577	-29,438,168
2067	-	704,693	-704,693	-30,142,861
2068	-	702,678	-702,678	-30,845,539
2069	-	700,518	-700,518	-31,546,057
2070	-	698,187	-698,187	-32,244,244
2071	-	695,668	-695,668	-32,939,912

Como se puede apreciar en la tabla anterior, la falta de oferta tanto en la transferencia como en la disposición final hace que se tengan déficit en los servicios desde el primer año de evaluación.

Supuestos

Para el cálculo de la interacción oferta – demanda, como se mencionó anteriormente se tomó como base principal la generación per cápita la cual se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 2.33. Generación per cápita total de Residuos Sólidos

Generador	Generación Per Cápita (kg/hab/día)
RSU	0.780
RME	0.344
Total	1.124

Fuente: Estudio Diagnóstico

Para determinar la generación per cápita de los residuos sólidos provenientes de casas habitación

como en otro tipo de fuentes (excepto las industriales) se ha de emplear la NMX-AA-61-1985. Dentro de la norma se hace la aclaración que se parte de un muestreo estadístico aleatorio en sectores o zonas. Se establecieron los sectores o zonas de estudio en el municipio de Chihuahua considerando los sectores que tiene delimitado Servicios Públicos Municipales para la recolección de residuos en casas habitación, esto es 12 zonas, aunque no son estratos socioeconómicos, si obedece a la organización técnica y operativa de la dependencia mencionada, ya que las 12 zonas en las que está dividida la ciudad, corresponden a las rutas de recolección de RSU y dichas rutas están organizadas por la relativa homogeneidad que guardan con respecto a ciertas variables socioeconómicas así como a las vías de acceso y comunicación existentes. Esta estratificación arroja información respecto al comportamiento en la generación de RSU por cada zona, con lo que se pudieran definir estrategias de educación ambiental, así como de valorización y eficiente recolección. Además, junto con la información obtenida a nivel municipal, se realiza el análisis para el diseño de las propuestas de educación ambiental, así como de valorización de los RSU.

La generación per cápita de RSU domésticos se obtiene con base en la generación promedio de residuos sólidos por habitante, medido en kg/hab/, a partir de la información obtenida del muestreo estadístico aleatorio en campo, con duración de ocho días para cada una de las zonas establecidas.

Una vez calculado el índice, se toma como un valor constante en el tiempo y se utiliza el crecimiento poblacional para proyectar en el tiempo la cantidad de residuos generados y por ende la capacidad necesario del proyecto; para éste estudio se tomaron como base las proyecciones demográficas que elabora el Consejo Nacional de Población.

3. Situación sin Proyecto

3.1 Optimizaciones

Las optimizaciones son medidas de bajo costo que mitigan la problemática, sin resolverla del todo, estas medidas son generalmente de carácter administrativo, sin embargo, también se pueden encontrar acciones de carácter operativo o técnico; son acciones que se deben de realizar en caso de que el Proyecto no se lleve a cabo, y su principal función es no atribuirle beneficios de más al Proyecto.

De acuerdo con los Lineamientos para la elaboración y presentación de los análisis costo y beneficio de los programas y proyectos de inversión, publicados por la Secretaría de Hacienda y Crédito Público en el DOF, el 30 de diciembre de 2013, el monto de inversión de las optimizaciones no debe de ser mayor al 10% de la inversión total del Proyecto propuesto.

Dado que la problemática central que dio origen al presente estudio es el fin de la vida útil del relleno sanitario actual, no existen realmente medidas de optimización que puedan alargar de manera considerable el arranque o construcción de un nuevo sitio.

Se pueden tomar medidas para una mayor compactación o incrementar la pepena de los residuos que terminan en confinamiento, pero esas medidas ya se llevan a cabo hoy en día, adicionalmente no es posible construir una celda de emergencia en los terrenos aledaños, ya que la mancha urbana ha alcanzado las inmediaciones del relleno, por lo cual, se estaría incumpliendo con la NOM-083, lo cual nos deja de fuera esta opción.

Derivado de lo anterior, la situación optimizada no dista mucho de la situación actual.

3.2 Análisis de la Oferta en Situación Sin Proyecto

Derivado de que no existen medidas que puedan corregir o atenuar la problemática, y puesto que la situación actual se considera una situación optimizada, debido a que actualmente ya se compacta la basura y se pepena en los residuos que posteriormente pueden ser reciclables, la cantidad y volumen de RSU y RME que se destinan a confinamiento no puede disminuir más.

Tabla 3.1. Oferta Estación de Transferencia

Año	RSU (ton/día)	RME (ton/día)	Total (ton/día)
2024	0	0	0
2025	0	0	0
2026	0	0	0
2027	0	0	0
...	0	0	0
2070	0	0	0
2071	0	0	0

Fuente: Estudio Diagnóstico

Como se mencionó anteriormente, en el municipio de Chihuahua no se cuenta con Estaciones de Transferencia, por lo cual la oferta de este servicio desde primer año de evaluación es cero.

Tabla 3.2. Proyección de la Oferta Optimizada (Ton/año)

Año	Oferta Actual	Total
2024	0	0
2025	0	0
2026	0	0
...	...	...
2071	0	0

Fuente: Elaboración Propia

Dado que la vida útil del Relleno Sanitario, finaliza en el 2023, la oferta de un Sitio de Disposición que opera conforme a la norma es de cero.

3.3 Análisis de la Demanda en Situación Sin Proyecto

Para la estimación de la demanda en la situación actual, es necesario primero determinar la población a la que se da servicio actualmente, dado que la generación de residuos está vinculada directamente al número de habitantes en la zona de influencia del presente estudio; el crecimiento en cuanto al volumen de residuos generados está relacionado directamente a la tasa de crecimiento poblacional, por lo cual, con base en información del “Censo de Población y Vivienda 2020”, y a las tasas de crecimiento poblacional establecidas por el Consejo Nacional de Población (**CONAPO**) se proyectó la generación anual de residuos durante el horizonte de evaluación.

**Tabla 3.3. Número de Habitantes,
INEGI 2020**

Municipio	Número de Habitantes
Chihuahua	937,674
Aldama	26,047
Aquiles Serdán	24,344
Total	988,065

Fuente: INEGI 2020

Con base en los datos del INEGI se proyectó el crecimiento poblacional

Tabla 3.4. Proyección de Crecimiento Poblacional

No.	Año	Tasa	Municipio			Total
			Chihuahua	Aldama	Aquiles Serdán	
-4	2020	-	937,674	26,047	24,344	988,065
-3	2021	0.94%	946,505	26,292	24,573	997,370
-2	2022	1.12%	957,080	26,586	24,848	1,008,514
-1	2023	1.29%	969,428	26,929	25,168	1,021,526
0	2024	1.26%	981,622	27,268	25,485	1,034,375
1	2025	1.20%	993,432	27,596	25,792	1,046,820
2	2026	1.13%	1,004,668	27,908	26,083	1,058,659
3	2027	1.05%	1,015,261	28,202	26,358	1,069,821
4	2028	0.98%	1,025,204	28,478	26,616	1,080,298
5	2029	0.91%	1,034,549	28,738	26,859	1,090,146
6	2030	0.85%	1,043,390	28,984	27,089	1,099,462
7	2031	0.81%	1,051,823	29,218	27,308	1,108,349
8	2032	0.77%	1,059,939	29,443	27,518	1,116,900
9	2033	0.74%	1,067,815	29,662	27,723	1,125,200
10	2034	0.72%	1,075,528	29,876	27,923	1,133,328
11	2035	0.70%	1,083,104	30,087	28,120	1,141,310
12	2036	0.69%	1,090,555	30,294	28,313	1,149,162
13	2037	0.67%	1,097,849	30,496	28,502	1,156,848

Tabla 3.4. Proyección de Crecimiento Poblacional

No.	Año	Tasa	Municipio			Total
			Chihuahua	Aldama	Aquiles Serdán	
14	2038	0.64%	1,104,903	30,692	28,686	1,164,281
15	2039	0.61%	1,111,611	30,879	28,860	1,171,350
16	2040	0.56%	1,117,866	31,052	29,022	1,177,940
17	2041	0.51%	1,123,574	31,211	29,170	1,183,956
18	2042	0.46%	1,128,707	31,354	29,304	1,189,364
19	2043	0.40%	1,133,262	31,480	29,422	1,194,164
20	2044	0.36%	1,137,290	31,592	29,526	1,198,408
21	2045	0.31%	1,140,838	31,691	29,619	1,202,148
22	2046	0.28%	1,143,976	31,778	29,700	1,205,454
23	2047	0.24%	1,146,772	31,855	29,773	1,208,400
24	2048	0.22%	1,149,288	31,925	29,838	1,211,051
25	2049	0.20%	1,151,568	31,989	29,897	1,213,453
26	2050	0.18%	1,153,638	32,046	29,951	1,215,635
27	2051	0.16%	1,155,496	32,098	29,999	1,217,593
28	2052	0.14%	1,157,124	32,143	30,041	1,219,308
29	2053	0.12%	1,158,469	32,180	30,076	1,220,726
30	2054	0.09%	1,159,463	32,208	30,102	1,221,773
31	2055	0.05%	1,160,045	32,224	30,117	1,222,386
32	2056	0.01%	1,160,178	32,228	30,121	1,222,527
33	2057	-0.03%	1,159,844	32,219	30,112	1,222,175
34	2058	-0.07%	1,159,054	32,197	30,091	1,221,342
35	2059	-0.10%	1,157,840	32,163	30,060	1,220,063
36	2060	-0.14%	1,156,249	32,119	30,019	1,218,386
37	2061	-0.17%	1,154,322	32,065	29,969	1,216,356
38	2062	-0.19%	1,152,108	32,004	29,911	1,214,023
39	2063	-0.21%	1,149,660	31,936	29,848	1,211,443
40	2064	-0.23%	1,146,998	31,862	29,778	1,208,638
41	2065	-0.25%	1,144,141	31,782	29,704	1,205,627
42	2066	-0.27%	1,141,090	31,698	29,625	1,202,413
43	2067	-0.29%	1,137,828	31,607	29,540	1,198,975
44	2068	-0.31%	1,134,330	31,510	29,450	1,195,289
45	2069	-0.33%	1,130,556	31,405	29,352	1,191,312
46	2070	-0.36%	1,126,478	31,292	29,246	1,187,015
47	2071	-0.39%	1,122,074	31,169	29,131	1,182,374

Fuente: Elaboración Propia con información del INEGI y CONAPO

Una vez calculado la población para los próximos años se utilizó la generación per cápita para calcular la cantidad de residuos en el horizonte de evaluación.

Tabla 3.5. Proyección de la Cantidad de Residuos

Año	RSU (ton/día)	RME (ton/día)	Total (ton/día)	RSU (ton/día)	RME (ton/día)	Total (ton/día)	RSU (ton/día)	RME (ton/día)	Total (ton/día)	Total
	Chihuahua			Aldama			Aguiles Serdán			
2024	765.7	337.6	1,103.3	21.3	9.4	30.6	19.9	8.8	28.6	1,162.6
2025	774.9	341.7	1,116.6	21.5	9.5	31.0	20.1	8.9	29.0	1,176.6
2026	783.6	345.6	1,129.2	21.8	9.6	31.4	20.3	9.0	29.3	1,189.9
2027	791.9	349.2	1,141.1	22.0	9.7	31.7	20.6	9.1	29.6	1,202.4
2028	799.7	352.6	1,152.3	22.2	9.8	32.0	20.8	9.2	29.9	1,214.2
2029	806.9	355.8	1,162.8	22.4	9.9	32.3	21.0	9.2	30.2	1,225.3
2030	813.8	358.9	1,172.7	22.6	10.0	32.6	21.1	9.3	30.4	1,235.8
2031	820.4	361.8	1,182.2	22.8	10.0	32.8	21.3	9.4	30.7	1,245.7
2032	826.8	364.6	1,191.3	23.0	10.1	33.1	21.5	9.5	30.9	1,255.4
2033	832.9	367.3	1,200.2	23.1	10.2	33.3	21.6	9.5	31.2	1,264.7
2034	838.9	369.9	1,208.9	23.3	10.3	33.6	21.8	9.6	31.4	1,273.8
2035	844.8	372.5	1,217.4	23.5	10.3	33.8	21.9	9.7	31.6	1,282.8
2036	850.6	375.1	1,225.7	23.6	10.4	34.0	22.1	9.7	31.8	1,291.6
2037	856.3	377.6	1,233.9	23.8	10.5	34.3	22.2	9.8	32.0	1,300.3
2038	861.8	380.0	1,241.9	23.9	10.6	34.5	22.4	9.9	32.2	1,308.6
2039	867.1	382.4	1,249.4	24.1	10.6	34.7	22.5	9.9	32.4	1,316.6
2040	871.9	384.5	1,256.4	24.2	10.7	34.9	22.6	10.0	32.6	1,324.0
2041	876.4	386.5	1,262.9	24.3	10.7	35.1	22.8	10.0	32.8	1,330.7
2042	880.4	388.2	1,268.6	24.5	10.8	35.2	22.9	10.1	32.9	1,336.8
2043	883.9	389.8	1,273.7	24.6	10.8	35.4	22.9	10.1	33.1	1,342.2
2044	887.1	391.2	1,278.3	24.6	10.9	35.5	23.0	10.2	33.2	1,347.0
2045	889.9	392.4	1,282.3	24.7	10.9	35.6	23.1	10.2	33.3	1,351.2
2046	892.3	393.5	1,285.8	24.8	10.9	35.7	23.2	10.2	33.4	1,354.9
2047	894.5	394.4	1,288.9	24.8	11.0	35.8	23.2	10.2	33.5	1,358.2
2048	896.4	395.3	1,291.8	24.9	11.0	35.9	23.3	10.3	33.5	1,361.2
2049	898.2	396.1	1,294.3	25.0	11.0	36.0	23.3	10.3	33.6	1,363.9
2050	899.8	396.8	1,296.6	25.0	11.0	36.0	23.4	10.3	33.7	1,366.3
2051	901.3	397.4	1,298.7	25.0	11.0	36.1	23.4	10.3	33.7	1,368.5
2052	902.6	398.0	1,300.6	25.1	11.1	36.1	23.4	10.3	33.8	1,370.5
2053	903.6	398.5	1,302.1	25.1	11.1	36.2	23.5	10.3	33.8	1,372.0
2054	904.4	398.8	1,303.2	25.1	11.1	36.2	23.5	10.4	33.8	1,373.2
2055	904.8	399.0	1,303.8	25.1	11.1	36.2	23.5	10.4	33.9	1,373.9
2056	904.9	399.1	1,304.0	25.1	11.1	36.2	23.5	10.4	33.9	1,374.1
2057	904.7	398.9	1,303.6	25.1	11.1	36.2	23.5	10.4	33.8	1,373.7
2058	904.1	398.7	1,302.7	25.1	11.1	36.2	23.5	10.4	33.8	1,372.7
2059	903.1	398.3	1,301.4	25.1	11.1	36.1	23.4	10.3	33.8	1,371.3
2060	901.9	397.7	1,299.6	25.1	11.0	36.1	23.4	10.3	33.7	1,369.4
2061	900.4	397.0	1,297.4	25.0	11.0	36.0	23.4	10.3	33.7	1,367.1
2062	898.6	396.3	1,294.9	25.0	11.0	36.0	23.3	10.3	33.6	1,364.5
2063	896.7	395.4	1,292.2	24.9	11.0	35.9	23.3	10.3	33.5	1,361.6
2064	894.7	394.5	1,289.2	24.9	11.0	35.8	23.2	10.2	33.5	1,358.5
2065	892.4	393.5	1,286.0	24.8	10.9	35.7	23.2	10.2	33.4	1,355.1
2066	890.1	392.5	1,282.5	24.7	10.9	35.6	23.1	10.2	33.3	1,351.5
2067	887.5	391.4	1,278.9	24.7	10.9	35.5	23.0	10.2	33.2	1,347.6

Tabla 3.5. Proyección de la Cantidad de Residuos

Año	RSU (ton/día)	RME (ton/día)	Total (ton/día)	RSU (ton/día)	RME (ton/día)	Total (ton/día)	RSU (ton/día)	RME (ton/día)	Total (ton/día)	Total
	Chihuahua			Aldama			Aguiles Serdán			
2068	884.8	390.2	1,274.9	24.6	10.8	35.4	23.0	10.1	33.1	1,343.5
2069	881.8	388.9	1,270.7	24.5	10.8	35.3	22.9	10.1	33.0	1,339.0
2070	878.7	387.5	1,266.1	24.4	10.8	35.2	22.8	10.1	32.9	1,334.2
2071	875.2	385.9	1,261.2	24.3	10.2	34.5	22.7	10.0	32.7	1,328.4

Fuente: Elaboración Propia

Como se puede apreciar en la tabla anterior, la demanda de disposición final inicia en 2024 un total de **1,162 toneladas día** y esta se incrementa hasta llegar a las **1,328 toneladas día**. Adicionalmente para contabilizar la demanda de disposición final es necesario pasar éstas toneladas día a metros cúbicos, para lo cual con base en el manual de especificaciones publicado por la SEMARNAT un relleno sanitario de este tipo debe de tener una densidad en la basura compactada 700 kg/m³, además de tomar en cuenta un coeficiente de capas intermedias de cobertura de 0.25 y un coeficiente de eficiencia de vertedero de 1.0101, con lo cual la demanda de disposición final es la situación actual es la siguiente

Tabla 3.6 Proyección de la Demanda de Disposición final

Año	Volumen a Disposición Final Coeficiente de Vertido (ton/m ³)	Volumen de material de cobertura compacto (m ³ /año)	Volumen Efectivo Confinado (m ³ /año)
2024	612,335	153,084	765,419
2025	619,702	154,925	774,627
2026	626,711	156,678	783,388
2027	633,318	158,330	791,648
2028	639,521	159,880	799,401
2029	645,350	161,338	806,688
2030	650,865	162,716	813,581
2031	656,126	164,032	820,158
2032	661,188	165,297	826,486
2033	666,102	166,525	832,627
2034	670,913	167,728	838,642
2035	675,639	168,910	844,548
2036	680,287	170,072	850,359
2037	684,837	171,209	856,046
2038	689,237	172,309	861,547
2039	693,422	173,355	866,777
2040	697,323	174,331	871,654
2041	700,884	175,221	876,105
2042	704,086	176,021	880,107
2043	706,927	176,732	883,659
2044	709,440	177,360	886,800
2045	711,654	177,913	889,567
2046	713,611	178,403	892,014

Tabla 3.6 Proyección de la Demanda de Disposición final

Año	Volumen a Disposición Final Coeficiente de Vertido (ton/m³)	Volumen de material de cobertura compacto (m³/año)	Volumen Efectivo Confinado (m³/año)
2047	715,355	178,839	894,194
2048	716,925	179,231	896,156
2049	718,346	179,587	897,933
2050	719,638	179,909	899,547
2051	720,797	180,199	900,996
2052	721,813	180,453	902,266
2053	722,652	180,663	903,314
2054	723,272	180,818	904,090
2055	723,635	180,909	904,543
2056	723,718	180,929	904,647
2057	723,510	180,877	904,387
2058	723,017	180,754	903,771
2059	722,259	180,565	902,824
2060	721,267	180,317	901,584
2061	720,065	180,016	900,081
2062	718,684	179,671	898,355
2063	717,157	179,289	896,446
2064	715,496	178,874	894,370
2065	713,714	178,428	892,142
2066	711,811	177,953	889,763
2067	709,776	177,444	887,220
2068	707,594	176,898	884,492
2069	705,239	176,310	881,549
2070	702,695	175,674	878,369
2071	699,654	174,914	874,568

Fuente: Elaboración Propia

Como se puede apreciar en la tabla anterior, la demanda de disposición final para el final del horizonte de evaluación es de 874,568 metros cúbicos al año.

3.4 Interacción Oferta-Demanda Sin Proyecto

A continuación, se presenta una tabla con la interacción oferta-demanda en la situación sin proyecto, la cual resalta la urgencia de contar con un nuevo sitio de disposición final.

Tabla 3.7. Proyección de la Oferta Actual (Ton/año)

Año	Oferta Actual	Demanda Actual	Total
2024	0	348,235	-348,235
2025	0	348,235	-348,235
2026	0	348,235	-348,235

Tabla 3.7. Proyección de la Oferta Actual (Ton/año)

Año	Oferta Actual	Demanda Actual	Total
2027	0	350,798	-350,798
2028	0	353,025	-353,025
2029	0	354,874	-354,874
2030	0	356,368	-356,368
2031	0	357,469	-357,469
2032	0	358,580	-358,580
2033	0	359,700	-359,700
2034	0	360,830	-360,830
2035	0	361,968	-361,968
2036	0	363,115	-363,115
2037	0	364,273	-364,273
2038	0	365,438	-365,438
2039	0	366,613	-366,613
2040	0	367,797	-367,797
2041	0	368,989	-368,989
2042	0	370,190	-370,190
2043	0	371,400	-371,400
2044	0	372,618	-372,618

Fuente: Elaboración Propia

Como se puede apreciar en la tabla anterior, a partir de año 2024 empezamos a tener un déficit en el servicio de disposición final al no contar ya con un relleno sanitario, este déficit inicia con 348 mil toneladas de RSU al año y se incrementa hasta llegar a 372 toneladas/año. Esto resalta la urgencia y la importancia de iniciar la construcción de un nuevo sitio de disposición final.

3.5. Alternativas de Solución

A continuación, se describirán dos vías de resolver la problemática planteada en la Situación Actual, ambas alternativas son viables y lo que determina la cual de las dos vías ejecutar, es una comparación de los Costos Anuales Equivalentes.

3.5.1. Alternativa 1 (Proyecto)

Dentro de este apartado se presenta una tabla con el monto de inversión de esta alternativa.

Tabla 3.8 Monto de Inversión

Concepto	Monto de Inversión (sin IVA)
Estación de transferencia	\$168,584,589
Infraestructura	\$49,118,750
Equipamiento	\$113,672,525
Supervisión	\$5,793,314
Nuevo Relleno Sanitario	\$243,664,880
Infraestructura	\$228,045,541
Equipamiento	\$6,550,000
Supervisión	\$9,069,339
Planta de Valorización	\$659,233,454
Infraestructura	\$108,409,602
Equipamiento	\$531,622,878
Supervisión	\$19,200,974
Clausura del Relleno Sanitario Actual	\$92,484,000
Infraestructura	\$88,080,000
Supervisión	\$4,404,000
Ampliación del Relleno Sanitario Actual	\$56,678,528
Total	\$ 1,220,645,451

Fuente: Elaboración Propia con Estudio Diagnóstico

El monto total de inversión de esta alternativa, la cual se describirá a detalle en el capítulo siguiente es de \$1,220.6 mdp. A continuación, se presentan los costos de operación y mantenimiento de esta alternativa.

Tabla 3.9 Costos de Operación y Mantenimiento del NRSM

Concepto	Mensual sin IVA	Anual sin IVA
Personal	\$536,575	\$6,438,900
Gastos de oficina	\$70,250	\$843,000
Energía eléctrica Parte Fija	\$32,751	\$393,008
Laboratorio externo (Monitoreo)	\$12,500	\$150,000
Renta de Maquinaria y Equipo	\$1,308,621	\$15,703,448
Combustibles y lubricantes (variable)	\$1,308,621	\$15,703,448
Refacciones (variable)	\$74,179	\$890,148
Total	\$3,288,824	\$39,465,883

La siguiente tabla presenta los costos de operación de la Estación de Transferencia, sin embargo, dado que se reducirán en 83% los residuos destinados al confinamiento, el costo de operación y mantenimiento de este componente se consideró de \$15.3 mdp anuales. Adicionalmente se consideran otros \$75.0 mdp adicionales de costos de transportación.

La siguiente tabla presenta los costos de operación y mantenimiento de la Planta de Valorización

Tabla 3.11 Costos de Operación y Mantenimiento de la Planta de Valorización

Concepto	Mensual sin IVA	Anual sin IVA
Personal	\$1,844,500	\$22,134,000
Gastos de oficina	\$52,250	\$627,000
Energía eléctrica Parte Fija	\$11,536	\$138,437
Laboratorio externo (Monitoreo)	\$7,500	\$90,000
Maquinaria y Equipo	\$775,028	\$9,300,339
Energía eléctrica (variable)	\$1,175,121	\$14,101,447
Costo de Rechazo (variable)	\$1,492,559	\$17,910,706
Costo de Lixiviados (variable)	\$377,996	\$4,535,949
Total	\$5,736,490	\$68,837,878

Una vez presentados los costos de operación y mantenimiento se calcula el Costo Anual Equivalente de esta alternativa.

Tabla 3.12 Cálculo del Costo Anual Equivalente

Año		Costos totales de inversión	Costos de Operación y Mantenimiento	Costos de Mantenimiento Mayor	Costos Totales por año	Valor presente de los costos
0	2024	206,270,723	53,334,915.29	-	259,605,638	259,605,638
1	2025	935,392,236	53,334,915.29	-	988,727,152	898,842,865
2	2026	78,982,491	150,206,048.75	-	229,188,540	189,412,017
3	2027	-	151,007,835.86	-	151,007,836	113,454,422
4	2028	-	151,760,433.59	-	151,760,434	103,654,418
5	2029	-	152,467,788.29	-	152,467,788	94,670,501
6	2030	-	153,136,951.08	-	153,136,951	86,441,817
7	2031	-	153,775,328.41	-	153,775,328	78,911,058
8	2032	-	154,389,578.63	1,750,000.00	156,139,579	72,840,266
9	2033	-	154,985,780.27	32,378,260.00	187,364,040	79,460,643
10	2034	-	155,569,581.69	125,491,485.00	281,061,067	108,361,208
11	2035	-	156,142,965.43	-	156,142,965	54,727,157
12	2036	-	156,706,997.58	-	156,706,998	49,931,679
13	2037	-	157,259,078.39	49,394,500.00	206,653,578	59,860,181
14	2038	-	157,793,017.10	-	157,793,017	41,551,833
15	2039	-	158,300,752.64	-	158,300,753	37,895,942
16	2040	-	158,774,167.82	1,750,000.00	160,524,168	34,934,736
17	2041	-	159,206,248.95	227,685,146.00	386,891,395	76,544,400
18	2042	-	159,594,751.65	15,750,000.00	175,344,752	31,537,295
19	2043	-	159,939,507.58	-	159,939,508	26,151,388
20	2044	-	160,244,425.71	-	160,244,426	23,819,313
21	2045	-	160,513,003.54	-	160,513,004	21,690,214
22	2046	-	160,750,515.37	188,740,447.00	349,490,962	42,933,558
23	2047	-	160,962,141.98	49,394,500.00	210,356,642	23,492,242

24	2048	-	161,152,577.88	1,750,000.00	162,902,578	16,538,782
25	2049	-	161,325,114.82	-	161,325,115	14,889,663
26	2050	-	161,481,810.16	14,000,000.00	175,481,810	14,723,881
27	2051	-	161,622,476.86	-	161,622,477	12,328,188
28	2052	-	161,745,693.49	1,750,000.00	163,495,693	11,337,339
29	2053	-	161,847,494.96	-	161,847,495	10,202,770
30	2054	-	161,922,737.90	163,247,831.00	325,170,569	18,635,055
31	2055	-	161,966,765.21	-	161,966,765	8,438,255
32	2056	-	161,976,883.64	1,750,000.00	163,726,884	7,754,505
33	2057	-	161,951,596.92	49,394,500.00	211,346,097	9,099,879
34	2058	-	161,891,784.12	14,000,000.00	175,891,784	6,884,846
35	2059	-	161,799,876.63	-	161,799,877	5,757,503
36	2060	-	161,679,465.49	-	161,679,465	5,230,199
37	2061	-	161,533,636.70	-	161,533,637	4,750,438
38	2062	-	161,366,056.11	1,750,000.00	163,116,056	4,360,885
39	2063	-	161,180,726.18	-	161,180,726	3,917,404
40	2064	-	160,979,218.00	157,896,801.00	318,876,019	7,045,543
41	2065	-	160,762,971.69	49,394,500.00	210,157,472	4,221,286
42	2066	-	160,532,062.09	188,740,447.00	349,272,509	6,377,811
43	2067	-	160,285,142.56	-	160,285,143	2,660,773
44	2068	-	160,020,380.18	-	160,020,380	2,414,889
45	2069	-	159,734,707.63	-	159,734,708	2,191,434
46	2070	-	159,426,011.45	1,750,000.00	161,176,011	2,010,189
47	2071	-	159,092,664.47	-	159,092,664	1,803,823
Tasa		10%			Valor Presente	2,794,300,129
Horizonte		48			CAE	282,340,220

Esta alternativa presenta un costo anual equivalente de **\$282.3 mdp.**

3.5.2. Alternativa 2

Para esta alternativa se considera la construcción de un biodigestor el cual procese la fracción orgánica de los residuos

Tabla 3.13 Monto de Inversión de la Alternativa 2

Concepto	Monto de Inversión (sin IVA)
Estación de transferencia	\$168,584,589
Infraestructura	\$49,118,750
Equipamiento	\$113,672,525
Supervisión	\$5,793,314
Nuevo Relleno Sanitario	\$243,664,880
Infraestructura	\$228,045,541
Equipamiento	\$6,550,000
Supervisión	\$9,069,339
Planta de Valorización	\$686,733,454
Infraestructura	\$108,409,602
Equipamiento	\$559,122,878

Tabla 3.13 Monto de Inversión de la Alternativa 2

Concepto	Monto de Inversión (sin IVA)
<i>Supervisión</i>	\$19,200,974
Clausura del Relleno Sanitario Actual	\$92,484,000
<i>Infraestructura</i>	\$88,080,000
<i>Supervisión</i>	\$4,404,000
Ampliación del Relleno Sanitario Actual	\$92,484,000
Biodigestor	\$500,373,034
Total	\$1,756,823,956

Fuente: Elaboración Propia con Estudio Diagnóstico

A continuación, se presenta los costos de operación y mantenimiento de esta alternativa.

Tabla 3.14 Costos de Operación y Mantenimiento del NRSM

Concepto	Mensual sin IVA	Anual sin IVA
Personal	536,575	6,438,900
Gastos de oficina	70,250	843,000
Energía eléctrica Parte Fija	32,751	393,008
Laboratorio externo (Monitoreo)	12,500	150,000
Renta de Maquinaria y Equipo	1,110,000	13,320,000
Combustibles y lubricantes (variable)	444,931	5,339,172
Refacciones (variable)	74,179	890,148
Total	2,281,186	27,374,228

La siguiente tabla presenta los costos de operación de la Estación de Transferencia

Tabla 3.15 Costos de Operación y Mantenimiento de la Estación de Transferencia

Concepto	Mensual sin IVA	Anual sin IVA
Personal	155,050	1,860,600
Gastos de oficina	39,750	477,000
Energía eléctrica Parte Fija	6,409	76,910
Laboratorio externo (Monitoreo)	7,500	90,000
Arrendamiento de Equipo	1,311,614	15,739,367
Costos de Transporte (variable)	1,560,983	18,731,793
Energía eléctrica (variable)	52,421	629,053
Reactivos Químicos (Variable)	24,000	288,000
Total	3,157,727	37,892,723

La siguiente tabla presenta los costos de operación y mantenimiento de la Planta de Valorización

Tabla 3.16 Costos de Operación y Mantenimiento de la Planta de Valorización

Concepto	Mensual sin IVA	Anual sin IVA
Personal	1,844,500	22,134,000
Gastos de oficina	52,250	627,000
Energía eléctrica Parte Fija	11,536	138,437
Laboratorio externo (Monitoreo)	7,500	90,000
Maquinaria y Equipo	775,028	9,300,339
Energía eléctrica (variable)	1,175,121	14,101,447
Costo de Rechazo (variable)	1,492,559	17,910,706
Costo de Lixiviados (variable)	377,996	4,535,949
Total	5,736,490	68,837,878

La siguiente tabla contiene los costos de operación y mantenimiento del biodigestor

Tabla 3.17 Costos de Operación y Mantenimiento del Biodigestor

Concepto	Mensual sin IVA	Anual sin IVA
Operación y Mantenimiento	2,204,993	26,459,913

Una vez presentados los costos de operación y mantenimiento se calcula el Costo Anual Equivalente de esta alternativa.

Tabla 3.18 Cálculo del Costo Anual Equivalente

Año		Costos totales de inversión	Costos de Operación y Mantenimiento	Costos de Mantenimiento Mayor	Costos Totales por año	Valor presente de los costos
0	2024	242,076,195	53,334,915	-	295,411,110	295,411,110
1	2025	1,185,578,753	53,334,915	-	1,238,913,668	1,126,285,153
2	2026	329,169,008	226,479,247	-	555,648,255	459,213,434
3	2027	-	226,907,407	-	226,907,407	170,478,893
4	2028	-	227,320,324	-	227,320,324	155,262,840
5	2029	-	227,712,478	-	227,712,478	141,391,533
6	2030	-	228,094,464	-	228,094,464	128,753,378
7	2031	-	228,454,550	-	228,454,550	117,233,307
8	2032	-	228,797,669	1,750,000	230,547,669	107,552,189
9	2033	-	229,123,508	32,378,260	261,501,768	110,902,277
10	2034	-	229,431,769	125,491,485	354,923,254	136,838,279
11	2035	-	229,722,167	-	229,722,167	80,516,218
12	2036	-	229,994,435	-	229,994,435	73,283,315
13	2037	-	230,248,319	49,394,500	279,642,819	81,002,564
14	2038	-	230,483,582	-	230,483,582	60,693,531

Tabla 3.18 Cálculo del Costo Anual Equivalente

Año		Costos totales de inversión	Costos de Operación y Mantenimiento	Costos de Mantenimiento Mayor	Costos Totales por año	Valor presente de los costos
15	2039	-	230,700,004	-	230,700,004	55,227,747
16	2040	-	230,897,380	1,750,000	232,647,380	50,630,848
17	2041	-	231,075,523	227,685,146	458,760,669	90,763,353
18	2042	-	231,234,263	205,352,820	436,587,083	78,524,024
19	2043	-	231,373,448	-	231,373,448	37,831,408
20	2044	-	231,492,943	-	231,492,943	34,409,951
21	2045	-	231,592,631	-	231,592,631	31,295,244
22	2046	-	231,672,414	188,740,447	420,412,861	51,646,027
23	2047	-	231,732,211	49,394,500	281,126,711	31,395,713
24	2048	-	231,771,962	1,750,000	233,521,962	23,708,457
25	2049	-	231,792,615	-	231,792,615	21,393,531
26	2050	-	231,813,276	14,000,000	245,813,276	20,625,074
27	2051	-	231,833,943	-	231,833,943	17,683,756
28	2052	-	231,854,616	1,750,000	233,604,616	16,198,927
29	2053	-	231,875,296	-	231,875,296	14,617,282
30	2054	-	231,895,983	163,247,831	395,143,814	22,645,120
31	2055	-	231,916,676	-	231,916,676	12,082,554
32	2056	-	231,937,375	1,750,000	233,687,375	11,068,004
33	2057	-	231,958,082	49,394,500	281,352,582	12,114,132
34	2058	-	231,978,795	399,966,900	631,945,695	24,735,943
35	2059	-	231,999,514	-	231,999,514	8,255,495
36	2060	-	232,020,240	-	232,020,240	7,505,666
37	2061	-	232,040,973	-	232,040,973	6,823,942
38	2062	-	232,061,712	1,750,000	233,811,712	6,250,924
39	2063	-	232,082,458	-	232,082,458	5,640,630
40	2064	-	232,103,211	157,896,801	390,000,012	8,617,022
41	2065	-	232,123,970	49,394,500	281,518,470	5,654,664
42	2066	-	232,144,736	188,740,447	420,885,183	7,685,478
43	2067	-	232,165,508	-	232,165,508	3,854,005
44	2068	-	232,186,287	-	232,186,287	3,503,954
45	2069	-	232,207,073	-	232,207,073	3,185,698
46	2070	-	232,227,865	1,750,000	233,977,865	2,918,174
47	2071	-	232,248,663	-	232,248,663	2,633,280
Tasa		10%			Valor Presente	3,975,944,048
Horizonte		48			CAE	401,735,270

Una vez que se tienen los dos costos anuales equivalentes se hace una comparación de los mismos.

Tabla 3.20 Comparación de los Costos Anuales Equivalentes

Costo Anual Equivalente Alternativa 1		Costo Anual Equivalente Alternativa 2	
Valor Presente	2,794,300,129	Valor Presente	3,975,944,048
CAE	282,340,220	CAE	401,735,270

Fuente: Elaboración Propia

Como se puede apreciar la Alternativa 1, es la mejor vía para resolver la problemática planteada.

4. Situación con Proyecto

4.1. Descripción del Proyecto

La gestión de los desechos sólidos es un problema universal que atañe a todo habitante del planeta. El Banco Mundial prevé que para 2050 los desechos crezcan un 70%, impulsado por la rápida urbanización y el crecimiento de las poblaciones mundiales. La disposición final apropiada de los residuos en México debe cumplir con los estándares de seguridad y aseguramiento para evitar la propagación de contaminantes al subsuelo, agua y aire. Aunado a lo anterior, México y los países del mundo deberán optar por maneras más innovadoras de disposición final, considerando la transformación y reúso de los residuos en distintas formas. El proyecto de Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos del municipio de Chihuahua es un proyecto vanguardista que busca cumplir con las normas oficiales mexicanas pero también reducir al mínimo los residuos que se confinarán al relleno sanitario. El proyecto contiene una tecnología para convertir los residuos en combustible sólido para su venta a la industria, valorizando los residuos al máximo.

Los componentes del proyecto son los siguientes:

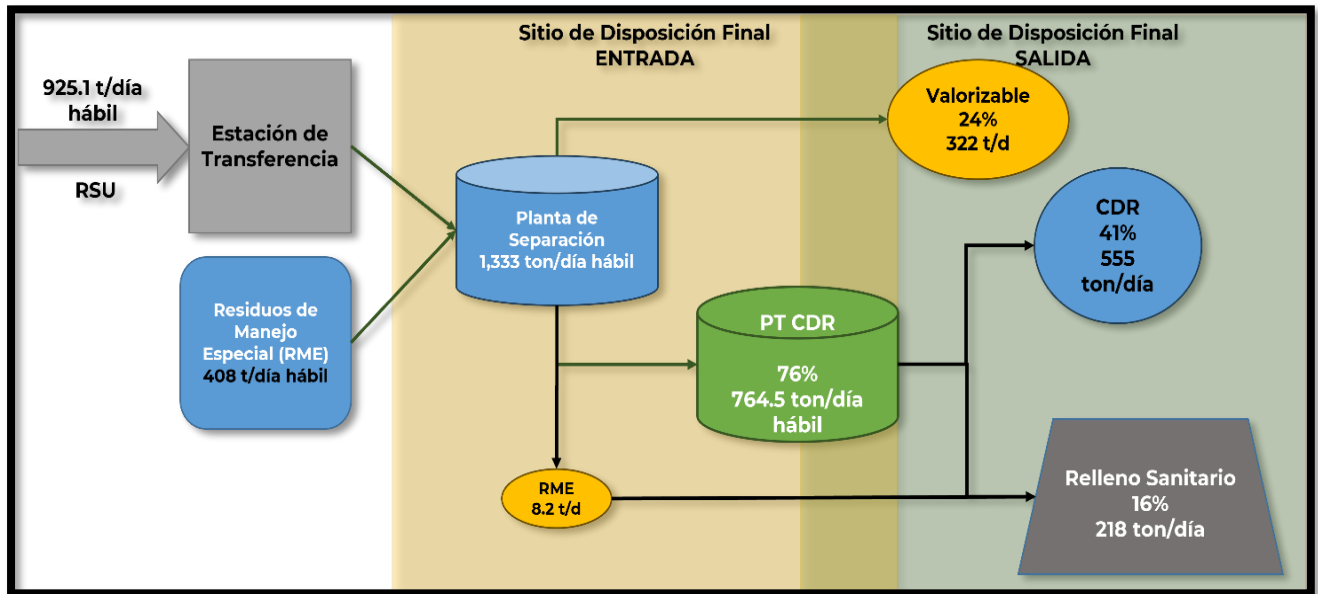
1. Estación de Transferencia “ET” de RSU para el NRSM. (Recolección).
2. Construcción, mantenimiento y operación del nuevo sitio de disposición final de los RSU en el “NRSM”. (Disposición final).
3. Construcción, mantenimiento y operación de una planta de procesamiento de RSU y RME para conversión a CDR's. (Disposición final).
4. Clausura, monitoreo y mantenimiento del relleno sanitario actual “RSA”. (Disposición final)

En el presente Proyecto se considera que la totalidad de los residuos sólidos urbanos (RSU) entrarán a la Estación de Transferencia y de esta se transportarán al sitio de disposición NRSM, donde, junto con los Residuos de Manejo Especial (RME) se verterán en las líneas de separación de la Planta de Separación ubicada en el sitio de disposición final.

Los residuos de naturaleza reciclable de la fracción inorgánica que puedan ser recuperables para su valorización se extraerán del proceso en este paso, se calcula que un 28% de la totalidad de los residuos se podrán valorizar. Los residuos rechazados para la valorización, así como los materiales específicos que forman parte de los RME que no son aptos para el proceso biológico al que se someterán los residuos, serán dispuestos en el relleno sanitario.

Por otro lado, el tratamiento biológico previo a la planta de CDR, permitirá la separación del agua contenida en los RSU y RME que entren al reactor aeróbico

Imagen 4.1 Proceso del Proyecto



Fuente: Elaboración propia

Estación de transferencia

El proyecto incluye la construcción, equipamiento y operación de una estación de transferencia de **RSU** automatizada con capacidad de hasta 1,200 t/d que cumpla con la normatividad aplicable y vigente que permita reducir los costos de traslado de los RSU de los camiones recolectores al sitio de disposición final en el NRSM y minimizar el potencial de la tira clandestina de basura, así como, los riesgos ambientales y sanitarios asociados.

Su objetivo es ahorrar costos, minimizar el impacto ambiental y reducir el tráfico vehicular en el traslado de los RSU desde el término de su recolección hasta el sitio de disposición final en el NRSM.

El terreno cuenta con 20,000 m² y se encuentra ubicado en Ave Juan Pablo II a un costado de la PTARs Sur. Actualmente, es propiedad de la Junta Central de Agua y Saneamiento (JCAS), una unidad administrativa estatal, sin embargo, para el desarrollo de este proyecto, el municipio plantea adquirirlo por un monto que asciende a \$9,000,000 (Nueve millones de pesos 00/100 M.N.). Se encuentra ubicado a una distancia de 6.5 km a la ciudad y 29 km del NRSM.

Los camiones recolectores de RSU llegarán a la Estación de Transferencia (ET) la cual constará de **dos líneas de descarga y compactación para recibir a dos camiones simultáneamente**.

El sitio contará con la siguiente infraestructura.

1. Área de recepción
2. Caseta de control
3. Área de oficinas
4. Área de básculas
5. Vialidades internas
6. Área de estacionamiento para vehículos ligeros
7. Área de estacionamiento para tractores y remolques
8. Cimentación para montaje de prensa (40 Tn de peso)
9. Rampa de acceso a plataforma de descarga (Pendiente no mayor de 5%)
10. Patio de Maniobras
11. Área de taller y servicios
12. Equipamiento del sistema de transferencia
13. Zona de amortiguamiento y jardines.

El equipamiento principal de la Estación de Transferencia incluye:

1. 5 vehículos menores (Carros compactos y camionetas)
2. 1 subestación completa de 300 KVA tipo aérea
3. Equipos y mobiliario de oficina
4. 2 básculas de registro y control de 40 t
5. 6 contenedores remolque abierto de 30 m³
6. Sistema contra incendio completo con bomba y tanque
7. 2 sistemas de compactación MP-5070TS de 2x30 kW completa de 70 toneladas Incluye cada uno:
 - a. Dispositivo automático de cambio de contenedores
 - b. Amarres hidráulicos
 - c. Dispositivo abertura/cierre de la puerta de guillotina en contenedores Husmann.
 - d. Tolva preparada para carga directa con camión
 - e. Transferidor mecánico de carros TM-4/7 (4 carros para 7 posiciones)
 - f. 7 Contenedores con cierre de guillotina PM 30 V-E (capacidad aprox. de 30 m³)
8. Planta de emergencia Diesel, capacidad 150KW Standby (Inc. equipo de generación, tablero de transf. y Caseta - Automática) - CUMMINS

El proceso consiste en:

1. Vigilancia, registro y control.
2. Pesaje de entrada del camión recolector.
3. Acceso a rampa.
4. Posicionamiento en tolva
5. Descarga de RSU en tolva
6. RSU:

- a. Compactación de residuos
- b. Introducción a contenedor
- c. Aseguramiento de compuertas de contenedor
- d. Transporte a planta de tratamiento o SDF.

7. Pesaje de salida de Camión recolector

Sitio de disposición final y Relleno Sanitario

De igual forma, el proyecto considera la construcción, operación y mantenimiento de un sitio de disposición final para Residuos Sólidos Urbanos (RSU) y Residuos de Manejo Especial (RME) que brindará servicio a los municipios de Aldama, Aquiles Serdán y Chihuahua. La realización de este componente permitirá continuar con el servicio de disposición final de los RSU una vez que el RS actual haya llegado al término de su vida útil lo que se espera ocurra aproximadamente a finales de 2023, según la “Evaluación de la situación actual y plan de clausura del relleno sanitario actual del municipio de Chihuahua” elaborado por la UACH en 2022.

El sitio de disposición final recibirá la totalidad de los RSU de los contenedores de la estación de Transferencia, lo transportado por los camiones de Residuos de Manejo Especial (RME).

El terreno se encuentra ubicado al sur del municipio de Chihuahua, por la salida a Delicias, 1.5 km antes del Templo Católico San Judas Tadeo, en las coordenadas geográficas 28°29'59.84" N, 105°53'29.96" O, con un área aproximada de 72.2 ha.

Imagen 4.2. Terreno del Nuevo Relleno Sanitario Municipal



Fuente: Estudio Diagnóstico

El relleno sanitario se construirá de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003, Especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial; de acuerdo a dicha normatividad al proyecto le corresponde una clasificación tipo A ya que recibirá más de 100 ton/día.

Se construirán cinco celdas, que juntas suman un área de 36ha. Cada celda cuenta con un sistema de impermeabilización (geomembrana y material natural impermeable) que garantiza que no se contamine el subsuelo. Aunque el área destinada para celdas de disposición final asciende a 36 Ha, el terreno total del sitio de disposición final es de 73 Ha, el cual incluye otros componentes como las lagunas de lixiviados, el patio para pepena, el área recepción, patio de maquinaria, oficinas, planta de CDR, áreas verdes, caminos, estacionamiento, básculas, entre otras.

Imagen 4.3 Diagrama del NRSM



Fuente: Dirección de Servicios Públicos Municipales de Chihuahua

El equipamiento principal del NRSM incluye los siguiente:

1. Dos básculas de 40 t para entrada y salida de unidades con señalización digital.
2. Planta de emergencia de 150 KVA equipada con transfer.
3. Equipo de oficinas y amueblado.
4. Sistema contra incendios
5. Laguna de lixiviados y sistema de extracción
6. Subestación principal de 150 KVA y CCM
7. Sistema de vigilancia
8. Sistema informático y de control SCADA
9. Sistema de monitoreo de lixiviados
10. Sistema de monitoreo de biogás
11. Sistema de monitoreo de acuífero
12. Cuarto de capacitación
13. Cuarto de enfermería y primeros auxilios

14. Equipos para taller mecánico

15. Otros equipos periféricos

4.1. Tabla de Volúmenes de celdas y capacidad

Celda	SB (NTN) m ²	SF (Fondo) m ²	SC (Cubierta) m ²	Volumen Bajo Nivel (m ³)
1A	54,120	36,717	25,765	902,759
1	54,120	36,717	25,765	902,759
1B	104,689	77,440	59,368	1,814,450
1C	76,556	54,962	40,748	1,309,233
2	67,467	47,399	34,636	1,142,771
Emergencia	19,665	17,441	10,095	370,838
Total	376,616		196,378	6,442,810

Fuente: Estudio Diagnóstico

Nota: La Profundidad de la Excavación es de 20 m.

Planta de tratamiento de RSU, CDR

La planta de tratamiento de Residuos Sólidos Urbanos y Residuos de Manejo especial tiene como objetivo el tratamiento, conversión y valorización de los RSU en Combustibles Derivados de Residuos o CDR's para así minimizar el flujo de disposición final en el NRSM de RSU + RME para reducir costos, incrementar la vida útil y reducir el impacto ambiental del NRSM; separar, reciclar y valorizar los residuos como el plástico, papel, cartón, PET, metales ferrosos y no ferrosos, plástico en película, etc.; procesar y valorizar la fracción orgánica de los RSU + RME para transformarlos y comercializarlos como CDR a la industria establecida en la Entidad Federativa.

Se consideró esta alternativa de separación y tratamiento biológico aeróbico de residuos sólidos sobre otras alternativas como son 1) Relleno seco, que consiste en compactar los RSU en pacas flejadas con extracción de lixiviados para su reducción y disposición final, con o sin separación previa de reciclables, 2) Biodigestores anaerobios, y otras alternativas, por alcanzar con la alternativa seleccionada y a costosa similares las mejores eficiencias en recuperación de reciclables y reducción de huella de carbono y cantidad de RS a disposición final. El sistema seleccionado clasifica los CDRs en verdes, que son aquellos que provienen del FORSU tratado biológicamente y el CDRs plástico que proviene de la fracción del FIRSU. Estos CDRs tienen precios y mercados diferentes por lo que es necesario separarlos como se tiene en el proceso.

Esta planta de tratamiento, mediante procesos mecánicos y biológicos aeróbicos, produce Combustible Derivado de Residuos (CDR) de dos calidades: verde y plástico, con una capacidad nominal de 1200 ton/día de RSU. La planta de selección procesará el Residuo Sólido Urbano – RSU y RME de características similares, para llevar a cabo la separación de los subproductos que puedan ser valorizados y reciclados tanto para producción de bienes como para su aprovechamiento energético por la industria. Los materiales por separar en el proceso serán: papel y cartón; plásticos;

metales férricos y no férricos, y otros que tengan bajo poder calórico. El material restante con poder calórico se convertirá en CDR de calidad para su aprovechamiento energético dentro de la Industria.

Equipamiento

El equipamiento con el que cuenta la Planta de Valorización es el siguiente:

1. Planta de Separación
2. Equipo mecánico de Tratamiento Biológico
3. Equipo de secado de Tratamiento Biológico
4. Subestación completa de 1500 KVA terrestre
5. Grúa puente de 15 ton
6. Camión para levantar contenedores roll on roll of
7. Contenedores de rechazo 34 m³
8. Báscula magnetec
9. Góndolas de 4 m³
10. Báscula electrónica digital 2 ton
11. Hidro lavadora Karsher
12. Equipo hidráulico montacargas
13. Montacargas Iron FD 30 ton.
14. Cargador frontal tipo 950 Cat.
15. Bobcat Iron WS60
16. Plataforma de tijera Genie GS 1932 8m
17. Camión rechazo MV16 International
18. PTARi

El tratamiento reduce significativamente la cantidad de RSU que se disponen en el NRSM minimizando el impacto ambiental y aumentando la vida útil del mismo.

Existen varios procesos probados a nivel mundial para el tratamiento de RSU y su conversión a CDR's. Algunos de los procesos principales son los que se enlistan en la tabla siguiente:

Tabla 4.2. Ventajas y desventajas de algunos los principales procesos de tratamiento de RSU para su conversión a CDR's.

Proceso principal	Ventajas	Desventajas
Físico: ▪ Separación ▪ Trituración ▪ Rompedoras, ▪ Clasificadoras,	▪ Sencilla y económica ▪ Conserva P.C.I.	▪ Materia orgánica si digerir, requiere manejo apropiado para control de olores derivados de la descomposición bioquímica

Tabla 4.2. Ventajas y desventajas de algunos los principales procesos de tratamiento de RSU para su conversión a CDR's.

Proceso principal	Ventajas	Desventajas
▪ Compactado		
Bioquímica aeróbica (Biodigestor Aeróbico) ▪ Biopilas mezcladas ▪ Biopilas aireadas	▪ Estabilización permanente del CDR's ▪ Menor potencial de generación de olores ▪ Velocidad de reacción ▪ Control de proceso ▪ Buena calidad del residuo tratado	▪ Pérdida de P.C.I por efecto de la reacción bioquímica.
Fisicoquímicos ▪ Neutralización ▪ Neutralización encapsulamiento	▪ Conserva P.C.I. ▪ Estabilización temporal del CDR's ▪ Menor potencial de generación de olores ▪ Velocidad de reacción ▪ Control de proceso ▪ Buena calidad del residuo tratado	▪ La estabilización química es temporal. Si se dispone adecuadamente dentro de los tiempos correctos esto no representa mayor problema
Térmicos ▪ Pirólisis ▪ Incineración controlada	▪ Estabilización permanente del CDR's ▪ Menor potencial de generación de olores ▪ Velocidad de reacción ▪ Control de proceso ▪ Buena calidad del residuo tratado	▪ Pérdida de P.C.I por efecto de la descomposición química de la materia orgánica.
Químicos ▪ Oxidación química	▪ Estabilización permanente del CDR's ▪ Menor potencial de generación de olores ▪ Velocidad de reacción ▪ Control de proceso ▪ Buena calidad del residuo tratado	▪ Pérdida de P.C.I por efecto de la descomposición química de la materia orgánica.

Fuente: Elaboración Propia

Clausura, monitoreo y mantenimiento del relleno sanitario actual

El actual relleno sanitario de la ciudad de Chihuahua entró en funcionamiento en octubre de 1993. Se encuentra ubicado en la latitud 28°41'12.53" N y longitud 105° 59'32.28" O a 200 m de la calle "Valle del Rosario" y a 2,140 m del kilómetro 6 de la carretera "Chihuahua-Aldama", en terrenos que antes formaron parte del ejido de Tabalaopa, sobre la vialidad Fuerza Aérea. Tiene una longitud de 750 m de largo por 800 m de ancho. El lugar está acondicionado para aceptar todo tipo de residuos

sólidos, siempre y cuando éstos no estén catalogados como peligrosos. Cuenta con dos celdas para el vertido de los residuos. Este componente permitirá cumplir con lo establecido en la normatividad aplicable y vigente NOM-083-SEMARNAT-2003.

La Celda 1 fue clausurada en septiembre de 2010.

Según, la evaluación realizada por la UACH en 2022, la Celda 2 entró en operación en septiembre de 2010. La celda mide 250 m de ancho por 700 m de largo. Sin embargo, sólo la mitad del terreno está habilitado para recibir residuos. La celda tiene una profundidad de 17 m cuya base fue revestida con una capa de arcilla de 30 cm, una capa de geomembrana y geotextil, así como una capa de 40 cm de arena para evitar la infiltración de los lixiviados generados al subsuelo. Cuenta con un sistema de recopilación de lixiviados mediante tuberías ubicadas en el fondo de la celda. Actualmente se recibe de 900 a 1,200 toneladas por día efectivo de trabajo. El Relleno Sanitario Actual se encuentra en una zona con uso de suelo de equipamiento general según el Plan de Desarrollo Urbano 2040 (PDU 2040), sin embargo, en el perímetro norte y oeste se tiene una zona de preservación ecológica (PE), y al sur y este una zona de amortiguamiento (ZA). Además, a 500 m del perímetro del RSA se tienen zonas residenciales de 26-45 viv/a, y áreas destinadas a usos mixtos suburbanos (MS2, MS, H35, H60).

Asimismo, la UACH en dicho estudio, estima que la celda 2 llegue al término de su vida útil en diciembre del 2023

Características

La clausura cumplirá con lo establecido en la noma aplicable NOM-083-SEMARNAT-2003 a fin de evitar el impacto ambiental por emisiones a la atmósfera y contaminación de agua superficial y del subsuelo.

Para este efecto se deberá de considerar:

1. El sellado de la celda
2. Las obras de drenaje pluvial consistentes en la reparación y/o ampliación de canales existentes y construcción de nuevos canales
3. Sistema captación y manejo de lixiviados que incluye
 - a. La obra de captación,
 - b. La conducción hacia la laguna de lixiviados
 - c. Almacenamiento en laguna de lixiviados
 - d. Sistema de recirculación de lixiviados
 - e. Línea de retorno al relleno sanitario
4. Sistema de captación y quemado de biogás
 - a. En este caso pozos de captación.

- b. Quemadores cerrados de biogás incluyendo filtros de H_2S , aspiración, impulsión y antorcha.
- 5. El sistema de monitoreo
 - a. De acuíferos
 - b. De lixiviados dentro del relleno sanitario
 - c. De biogás
- 6. Sistema de tratamiento de lixiviados
- 7. Sembrado de capa vegetal
- 8. Instalación de dispositivos para el control de asentamientos
- 9. Cercado del predio
- 10. Sistema de vigilancia remota

Equipamiento

El equipamiento deberá de ser definido y especificado en el proyecto ejecutivo de clausura y debe de incluir cuando menos lo siguiente:

- 1. Sistema captación y manejo de lixiviados
 - a. Sistema de recirculación de lixiviados por medio de un sistema de bombeo de aproximadamente 10HP alejado de cualquier punto de posible contacto con el biogás.
- 2. Sistema de captación y quemado de biogás
 - a. Pozos de captación que incluyen quemadores cerrados de biogás incluyendo filtros de H_2S , aspiración, impulsión y antorcha. Deben de ser automáticos de encendido remoto y manual con señal remota para verificar estado en cabina.
- 3. El sistema de monitoreo
 - a. De acuíferos.
 - Incluye pozo y sensor de nivel, pH, Temperatura, Conductividad y puerto de muestreo para determinaciones de laboratorio
 - Bomba para extracción de muestras.
 - b. De lixiviados dentro del relleno sanitario.
 - Incluye pozo y sensor de nivel, pH, Temperatura, Conductividad y puerto de muestreo para determinaciones de laboratorio
 - Bomba para extracción de muestras.
 - c. De biogás
 - Incluye detectores móviles y de instalación fija.
- 4. Sistema de tratamiento de lixiviados (Opcional a considerar después de los estudios de caracterización)
- 5. Instalación de dispositivos para el control de asentamientos.
- 6. Sistema de vigilancia remota con cámaras e internet

4.2. Alineación Estratégica

El Presente Proyecto está alineado con la Objetivo 11 “Ciudades y Comunidades Sostenibles” de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de los Estados Miembros de las Naciones Unidas, particularmente con la Meta 11.6: “De aquí a 2030, reducir el impacto ambiental negativo per cápita de las ciudades, incluso prestando especial atención a la calidad del aire y la gestión de los desechos municipales y de otro tipo” ya que con el desarrollo del Proyecto se estructurará una solución sustentable y sostenible a la gestión de los RSU.

El Presente Proyecto está alineado al Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024, en su Capítulo II. Política Social en específico con el tema “Desarrollo Sostenible” en el que “El Gobierno de México está comprometido a impulsar un desarrollo sostenible, que en la época presente se ha evidenciado como un factor indispensable del bienestar. Se le define como la satisfacción de las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades., ...”, ya que con el Proyecto se valorizarán y reciclarán los RSU generados en los tres municipios antes mencionados.

El Proyecto también se encuentra alineado al Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Promarnat) 2020-2024, en su Objetivo Prioritario 2. “Fortalecer la acción climática a fin de transitar hacia una economía baja en carbono y una población, ecosistemas, sistemas productivos e infraestructura estratégica resilientes, con el apoyo de los conocimientos científicos, tradicionales y tecnológicos disponibles”; en específico a su Estrategia Prioritaria 2.2. “Diseñar, establecer y coordinar políticas e instrumentos para reducir emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero, así como promover y conservar sumideros de carbono, en concordancia con los compromisos nacionales e internacionales”, que uno de los objetivos del proyecto que se estructure es reducir la disposición final de los RSU reduciendo así las emisiones de gases efecto invernadero.

El Proyecto también se encuentra alineado al Programa Nacional para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos PNPGIR 2022-2024, en su Objetivo prioritario 1: Incrementar la capacidad del mercado de reciclaje de residuos sólidos urbanos, en todo el país, ya con el Proyecto incluye el desarrollo de una Planta de Separación de residuos la cual tiene como uno de sus objetivos separar residuos para el reciclaje, y así disminuir el confinamiento; el Proyecto también se vincula con el Objetivo prioritario 3: Promover la creación de infraestructura y equipamiento necesario para el manejo sustentable de los residuos, ya que con el Proyecto se busca crear fuentes de ingreso adicionales a través del aprovechamiento de los residuos los cual tiene un impacto positivo en el ambiente y fomenta la sustentabilidad del mismo.

El Proyecto también se encuentra alineado al Programa Nacional para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos de Manejo Especial PNPGIRME 2022-2024, el Proyecto se vincula en específico con el Objetivo prioritario 2: Promover la prevención de la generación, así como el adecuado manejo y aprovechamiento de residuos de manejo especial; ya que unos de los objetivos

del objetivos del Proyecto es el aprovechamiento de los residuos de manejo especial con la finalidad de generar fuentes adicionales de ingresos y a su vez fomentar la sostenibilidad y sustentabilidad socioeconómica y ambiental del Proyecto.

Con respecto al Plan Estatal de Desarrollo (2022-2027), el Proyecto se encuentran alineado al Eje Tres “Ecología y Medio Ambiente”, el cual contiene como Objetivo Específico: “Impulsar acciones que garanticen un medio ambiente sano y un desarrollo sustentable del territorio, la protección de la biodiversidad y de los ecosistemas, promoviendo la mitigación y adaptación al cambio climático”, y como Estrategia: “Implementar mecanismos y acciones para mejorar la gestión y disposición final de residuos sólidos”, ya que el Proyecto garantizará una disposición final de los RSU por los próximos 30 años.

Finalmente, el Proyecto se encuentran vinculado al Plan Municipal de Desarrollo 2021 – 2024, en su Eje 4 “Gobierno Eficaz y Eficiente”, el cual contiene el Programa 4.8 “Ciudad Limpia y Sustentable”, en específico a la Actividad 4.8.2.1. “Construir el nuevo relleno sanitario de la ciudad”, ya que el objetivo principal es construir un nuevo relleno sanitario para el Municipio de Chihuahua.

4.3. Localización geográfica

El Proyecto se localizará dentro de los confines del Municipio de Chihuahua, sin embargo, tendrá diversas localidades, las cuales se mencionan en la siguiente tabla:

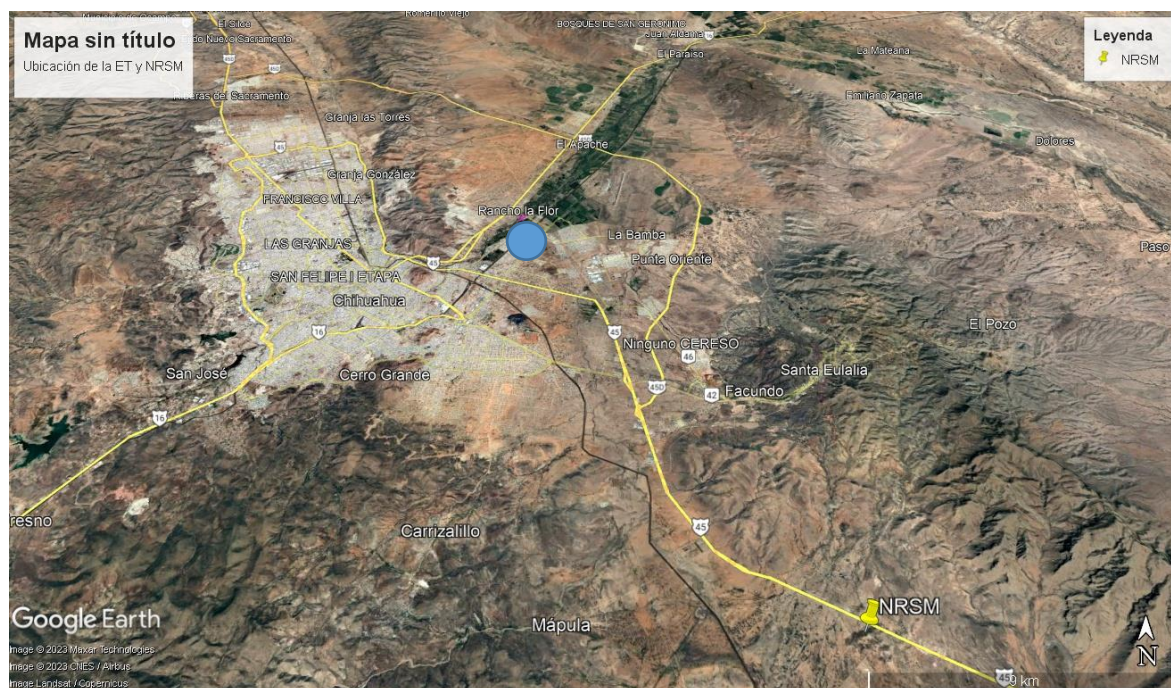
Tabla 4.3. Localización Geográfica del Proyecto

Componente	Coordenadas	Dirección
Estación de Transferencia	28°39'55.7" N 106°00'13.7" O (28.665475, -106.003797)	Ave Juan Pablo II a un costado de la PTAR Sur.
Sitio de Disposición Final	28°29'59.84" N, 105°53'29.96" O (28.499955555, -105.891655555)	Salida a Delicias, 1.5 km antes del Templo Católico San Judas Tadeo A 200 m de la calle “Valle del Rosario” y a 2,140 m del kilómetro 6 de la carretera “Chihuahua-Aldama”, en terrenos expropiados al ejido de Tabalaopa, sobre la vialidad Fuerza Aérea.
Clausura de SDF actual	28°41'12.53" N, 105° 59'32.28" O (28.686813888, -105.9923)	

Fuente: Estudio Diagnóstico.

Dentro de los componentes del Proyecto se encuentra la construcción de una Estación de Transferencia, la cual se localiza sobre la Avenida Fuerza Aérea Mexicana entre la carretera Chihuahua-Ojinaga y el Blvd. Juan Pablo II, a una distancia aproximada de 6.5 km desde el centro de la ciudad y a 31 km. del Nuevo Relleno Sanitario Municipal.

Ilustración 4.5. Plano de localización del sitio de la Estación de Transferencia y del NRSM



Nota: Estación de Transferencia marcada con círculo Azul y NRSM con un marcador amarillo.

Fuente: Dirección de Servicios Públicos Municipales de Chihuahua

En lo que respecta al Nuevo Relleno Sanitario Mápula (NRSM), El terreno se encuentra ubicado al sur del municipio de Chihuahua, por la salida a Ciudad Delicias, 1.5 km antes del Templo Católico San Judas Tadeo, en las coordenadas geográficas 28°29'59.84" N, 105°53'29.96" O, con un área de 73.39 Ha.

Ilustración 4.6. Ubicación del Nuevo Relleno Sanitario Municipal



Fuente: Dirección de Servicios Públicos Municipales de Chihuahua

4.4. Calendario de Actividades

A continuación, se presenta una tabla con el Calendario de actividades.

Tabla 4.3. Calendario de Actividades del NRSM

Concepto	Mdp / %	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8
Gastos de Preinversión	21.2	21.2							
	100%	100%							
Terreno	31.9	31.9							
	100%	100%							
Celda 1A	111.5		17.0	17.4	17.4	23.5	26.2	9.8	0.1
	100%		15.3%	15.6%	15.6%	21.1%	23.5%	8.8%	0.01%
Muro	21.6			1.2	7.2	5.1	2.0	6.1	
	100%			5.4%	33.6%	23.8%	8.9%	28.3%	
Celda Emergencia	16.5				2.9	5.2	8.3		
	100%				17.6%	31.8%	50.6%		
Oficinas, Regaderas, Caseta y Caja	6.3					2.7	1.3	1.6	0.5
	100%					44.2%	21.5%	25.9%	8.4%
Calles	3.6	0.3	0.8	0.8	0.8	0.8			
	100%	9.1%	22.5%	23.0%	23.0%	22.5%			
Laguna Lixiviados	2.4			0.1	1.1	1.2			
	100%			1.8%	47.2%	51.0%			

Tabla 4.3. Calendario de Actividades del NRSM

Concepto	Mdp / %	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8
Baja Tension	1.5								1.5
	100%								100%
Media tensión	0.5							0.3	0.2
	100%							62.5%	37.5%
Proyecto	0.1					0.05	0.06	0.05	
	100%					33.3%	35.5%	31.2%	
Sistema contra incendios	8.0					2.0	2.0	2.0	2.0
	100%					25.0%	25.0%	25.0%	25.0%
Sistema de extracción de lixiviados	2.6					0.6	0.6	0.6	0.6
	100%					25.0%	25.0%	25.0%	25.0%
Equipamiento	6.5					1.6	1.6	1.6	1.6
	100%					25.0%	25.0%	25.0%	25.0%
Supervisión	9.0	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
	100%	12.5%	12.5%	12.5%	12.5%	12.5%	12.5%	12.5%	12.5%
Total	243.6	54.6	19.0	20.5	30.6	44.2	43.3	23.4	7.7

Fuente: Elaboración Propia con información del Estudio Diagnóstico.

La siguiente Tabla muestra el calendario de actividades de la Estación de Transferencia.

Tabla 4.3.1 Calendario de Actividades de la Estación de Transferencia

Concepto	Mdp / %	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9
Terreno	9.0	9.0								
	100%	100%								
Proyecto Ejecutivo	5.7	2.8	2.3	0.5						
	100%	50.0%	40.0%	10.0%						
Obra Civil	22.9	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
	100%	11.1%	11.1%	11.1%	11.1%	11.1%	11.1%	11.1%	11.1%	11.1%
Obra Mecánica	8.0					1.6	2.4	2.4	1.6	
	100%					20.0%	30.0%	30.0%	20.0%	
Obra Eléctrica	3.4							1.3	1.3	1.3
	100%							30.0%	40.0%	30.0%
Equipamiento	113.6		11.3	11.3	5.6	5.6	11.3	11.3	34.1	22.7
	100%		10.0%	10.0%	5.0%	5.0%	10.0%	10.0%	30.0%	20.0%
Supervisión	5.7	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
	100%	11.1%	11.1%	11.1%	11.1%	11.1%	11.1%	11.1%	11.1%	11.1%
Total	168.5	12.4	10.7	8.9	4.4	6.0	10.8	11.8	27.1	17.3

Fuente: Elaboración Propia con información del Estudio Diagnóstico.

La siguiente Tabla, muestra el calendario de actividades de la Planta de Separación que es el componente que más tiempo se lleva en su construcción debido a la complejidad de la instalación del equipo.

Tabla 4.3.2 Calendario de Actividades de la Planta de Separación

Concepto	Mdp / %	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12	Mes 13	Mes 14	Mes 15
Proyecto Ejecutivo	4.7	1.1	1.1	1.1	1.1											
	100%	25%	25%	25%	25%											
Construcción (obra civil, mecánica y eléctrica)	103.6				5.1	10.3	15.5	15.5	15.5	10.3	10.3	10.3	10.3			
	100%				5.0%	10.0 %	15.0 %	15.0 %	15.0 %	10.0 %	10.0 %	10.0 %	10.0 %			
Equipamiento	559.1					83.8	83.8	83.8	55.9	55.9	55.9	55.9	27.9	16.7	16.7	22.3
	100%					15%	15%	15%	10%	10%	10%	10%	5.0%	3.0%	3.0%	4.0%
Supervisión	19.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
	100%	6.7%	6.7%	6.7%	6.7%	6.7%	6.7%	6.7%	6.7%	6.7%	6.7%	6.7%	6.7%	6.7%	6.7%	6.7%
Total	686.7	2.4	2.4	2.4	7.6	95.5	100.6	100.6	72.7	67.5	67.5	67.5	39.6	18.0	18.0	23.6

Fuente: Elaboración Propia con información del Estudio Diagnóstico.

Finalmente, se presenta la Tabla de la Clausura del Relleno Sanitario Actual

Tabla 4.3.3 Calendario de Actividades del Relleno Sanitario Actual

Concepto	Mdp / %	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6
Proyecto Ejecutivo	0.3	0.3					
	100.0%	100.0%					
Cobertura final de clausura	70.0	11.6	11.6	11.6	11.6	11.6	11.6
	100%	16.7%	16.7%	16.7%	16.7%	16.7%	16.7%
Conformación final del sitio	5.2					2.6	2.6
	100%					50.0%	50.0%
Drenaje pluvial	3.2				1.8	1.8	1.8
	100%				33.3%	33.3%	33.3%
Laguna de lixiviados profundidad 4 ms., con liner y zampeada	4.2			1.0	1.0	1.0	1.0
	100%			25.0%	25.0%	25.0%	25.0%
Sistema de captación y quemado de Biogás	3.1			7.0	7.0	7.0	7.0
	100%			25.0%	25.0%	25.0%	25.0%
Sistema de vigilancia remota completo	0.1						0.1
	100%						100%
Elaboración de programa de mantenimiento postclausura	15,000	15,000					
	100%	100%					
Elaboración de programa de monitoreo postclausura	0.01	0.01					
	100%	100%					
Adecuaciones para uso final incluyendo reforestación	1.7				0.6	0.6	0.6
	100%				33.3%	33.3%	33.3%
Supervisión	4.4	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7

Tabla 4.3.3 Calendario de Actividades del Relleno Sanitario Actual

Concepto	Mdp / %	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6
	100%	16.7%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
Total	92.4	12.8	12.4	14.2	15.8	18.5	18.6

Fuente: Elaboración Propia con información del Estudio Diagnóstico.

Como se puede apreciar la inversión se planea realizar en un periodo de 15 meses.

4.5. Monto total de Inversión

El monto total de inversión del proyecto planteado es de \$1,163,966,922.85 (Mil ciento sesenta y tres millones novecientos sesenta y seis mil novecientos veintidós pesos 85/100 M.N.) sin IVA y \$1,343,646,696.71 (Mil trescientos cuarenta y tres millones seiscientos cuarenta y seis mil seiscientos noventa y seis pesos 71/100 M.N.) con IVA.

El desglose de la inversión por componente se presenta en la tabla siguiente:

Tabla 4.5 Monto de Inversión desglosado por Componente

Concepto	Monto sin IVA
Ampliación del RS Actual	\$56,678,528
Estación de Transferencia	\$168,584,589
PSeparación + PTratamientoBiológico	\$659,233,454
Sitio de Disposición + Relleno	\$243,664,880
Clausura	\$92,484,000
Total	\$1,220,645,451

Fuente: Estudio Diagnóstico

4.6. Fuentes de Financiamiento

A continuación, se presenta una tabla con las fuentes de financiamiento del Proyecto.

Tabla 4.6 Fuentes de Financiamiento

Fuente de Financiamiento	Porcentaje	Monto incluye IVA
FONADIN	43.31%	\$610,322,726
Privado	56.69%	\$805,625,998
Total	100%	\$1,415,948,723

Fuente: Elaboración Propia.

4.7. Capacidad Instalada

La capacidad total instalada en celdas de confinamiento del **Relleno Sanitario asciende a 6,442,810 m³** para confinamiento bajo el nivel de terreno natural, considerando una profundidad de 20 metros bajo el nivel de terreno natural.

Tabla 4.7. Capacidad Total del Relleno Sanitario

Celda	SB (NTN) m ²	SF (Fondo) m ²	SC (cubierta) m ²	Volumen Bajo Nivel (m ³)
1A	54,120	36,717	25,765	902,759
1	54,120	36,717	25,765	902,759
1B	104,689	77,440	59,368	1,814,450
1C	76,556	54,962	40,748	1,309,233
2	67,467	47,399	34,636	1,142,771
Emergencia	19,665	17,441	10,095	370,838
Total	376,616		196,378	6,442,810

La capacidad instala de la Planta de Separación/CDR es de 1,300 Ton/día.

Tabla 4.8. Capacidad Instalada de la Planta de Separación y CDR

No.	Año	Planta Separación/CDR (Ton/año)
0	2024	1,300
1	2025	1,300
2	2026	1,300
3	2027	1,300
4	2028	1,300
5	2029	1,300
6	2030	1,300
7	2031	1,300
8	2032	1,300
9	2033	1,300
10	2034	1,300
11	2035	1,300
12	2036	1,300
13	2037	1,300
14	2038	1,300
15	2039	1,300
16	2040	1,300
17	2041	1,300
18	2042	1,300
19	2043	1,300

No.	Año	Planta Separación/CDR (Ton/año)
20	2044	1,300
21	2045	1,300
22	2046	1,300
23	2047	1,300
24	2048	1,300
25	2049	1,300
26	2050	1,300
27	2051	1,300
28	2052	1,300
29	2053	1,300
30	2054	1,300
31	2055	1,300
32	2056	1,300
33	2057	1,300
34	2058	1,300
35	2059	1,300
36	2060	1,300
37	2061	1,300
38	2062	1,300
39	2063	1,300
40	2064	1,300
41	2065	1,300
42	2066	1,300
43	2067	1,300
44	2068	1,300
45	2069	1,300
46	2070	1,300
47	2071	1,300

4.8. Metas anuales y totales de producción

Las metas anuales del Proyecto se resumen en la siguiente tabla.

4.9 Metas anuales y totales de Producción

Año		Gestionar RS (ton/año)	Valorizar (ton/año)	Dar tratamiento a (ton/año)	Confinar en Relleno Sanitario (ton/año)
0	2024	424,348	91,529	332,819	82,137
1	2025	429,453	92,630	336,823	83,125
2	2026	434,310	93,678	340,633	84,065
3	2027	438,890	94,665	344,224	84,952
4	2028	443,188	95,592	347,596	85,784
5	2029	447,228	96,464	350,764	86,566
6	2030	451,050	97,288	353,762	87,305
7	2031	454,695	98,074	356,621	88,011
8	2032	458,204	98,831	359,372	88,690
9	2033	461,609	99,566	362,043	89,349
10	2034	464,943	100,285	364,658	89,995
11	2035	468,218	100,991	367,227	90,628
12	2036	471,439	101,686	369,753	91,252
13	2037	474,592	102,366	372,226	91,862
14	2038	477,641	103,024	374,618	92,453
15	2039	480,541	103,649	376,892	93,014
16	2040	483,245	104,232	379,013	93,537
17	2041	485,713	104,765	380,948	94,015
18	2042	487,932	105,243	382,688	94,444
19	2043	489,901	105,668	384,233	94,825
20	2044	491,642	106,044	385,599	95,163
21	2045	493,176	106,374	386,802	95,459
22	2046	494,532	106,667	387,865	95,722
23	2047	495,741	106,928	388,813	95,956
24	2048	496,829	107,162	389,666	96,166
25	2049	497,814	107,375	390,439	96,357
26	2050	498,709	107,568	391,141	96,530
27	2051	499,512	107,741	391,771	96,686
28	2052	500,216	107,893	392,323	96,822
29	2053	500,798	108,018	392,779	96,935
30	2054	501,227	108,111	393,116	97,018
31	2055	501,479	108,165	393,314	97,067
32	2056	501,537	108,178	393,359	97,078
33	2057	501,392	108,147	393,246	97,050
34	2058	501,050	108,073	392,978	96,984
35	2059	500,526	107,960	392,566	96,882
36	2060	499,838	107,811	392,027	96,749
37	2061	499,005	107,632	391,373	96,588
38	2062	498,048	107,425	390,623	96,402
39	2063	496,989	107,197	389,793	96,198
40	2064	495,839	106,949	388,890	95,975
41	2065	494,604	106,682	387,921	95,736

4.9 Metas anuales y totales de Producción

Año	Gestionar RS (ton/año)	Valorizar (ton/año)	Dar tratamiento a (ton/año)	Confinar en Relleno Sanitario (ton/año)
42 2066	493,285	106,398	386,887	95,481
43 2067	491,875	106,094	385,781	95,208
44 2068	490,362	105,768	384,595	94,915
45 2069	488,731	105,416	383,315	94,599
46 2070	486,968	105,035	381,933	94,258
47 2071	485,064	104,625	380,439	93,889

Fuente: Elaboración Propia

4.9. Vida útil

La vida útil del relleno sanitario es de **47 años**. Aunque en la presente versión, el objetivo es sólo llegar a nivel de terreno natural, sin embargo, de ser necesario se podrán confinar los residuos sólidos de manera piramidal hasta alcanzar los 25 metros de altura, alargando la vida útil, hasta aproximadamente 60 años.

La vida útil de las plantas de tratamiento con mantenimiento mayor extendido es de 47 años

4.10. Análisis de Demanda

La demanda se analiza desde diferentes puntos. La totalidad de la demanda para gestionar la generación de residuos sólidos, en 2024 será **de 424,348 toneladas**.

Sin embargo, tras entrar al primer proceso de separación y valorización de la fracción inorgánica reciclable (91,529 ton/año), la demanda para la el tratamiento de residuos sólidos y su conversión a CDR's "PT RS a CDR's" es de **332,819 toneladas anuales**, y finalmente, tras el segundo proceso de valorización mediante la planta CDR, se alcanza una demanda de **82,137 toneladas anuales** para disponer en el relleno sanitario.

Tabla 4.10. Demanda con Proyecto

Año	Generación RS (ton/año)	Valorizable (ton/año)	Demanda Disposición Final (ton/año)	Demanda de Relleno Sanitario (ton/año)
0 2024	424,348	91,529	332,819	82,137
1 2025	429,453	92,630	336,823	83,125
2 2026	434,310	93,678	340,633	84,065
3 2027	438,890	94,665	344,224	84,952
4 2028	443,188	95,592	347,596	85,784
5 2029	447,228	96,464	350,764	86,566
6 2030	451,050	97,288	353,762	87,305

Tabla 4.10. Demanda con Proyecto

Año		Generación RS (ton/año)	Valorizable (ton/año)	Demanda Disposición Final (ton/año)	Demanda de Relleno Sanitario (ton/año)
7	2031	454,695	98,074	356,621	88,011
8	2032	458,204	98,831	359,372	88,690
9	2033	461,609	99,566	362,043	89,349
10	2034	464,943	100,285	364,658	89,995
11	2035	468,218	100,991	367,227	90,628
12	2036	471,439	101,686	369,753	91,252
13	2037	474,592	102,366	372,226	91,862
14	2038	477,641	103,024	374,618	92,453
15	2039	480,541	103,649	376,892	93,014
16	2040	483,245	104,232	379,013	93,537
17	2041	485,713	104,765	380,948	94,015
18	2042	487,932	105,243	382,688	94,444
19	2043	489,901	105,668	384,233	94,825
20	2044	491,642	106,044	385,599	95,163
21	2045	493,176	106,374	386,802	95,459
22	2046	494,532	106,667	387,865	95,722
23	2047	495,741	106,928	388,813	95,956
24	2048	496,829	107,162	389,666	96,166
25	2049	497,814	107,375	390,439	96,357
26	2050	498,709	107,568	391,141	96,530
27	2051	499,512	107,741	391,771	96,686
28	2052	500,216	107,893	392,323	96,822
29	2053	500,798	108,018	392,779	96,935
30	2054	501,227	108,111	393,116	97,018
31	2055	501,479	108,165	393,314	97,067
32	2056	501,537	108,178	393,359	97,078
33	2057	501,392	108,147	393,246	97,050
34	2058	501,050	108,073	392,978	96,984
35	2059	500,526	107,960	392,566	96,882
36	2060	499,838	107,811	392,027	96,749
37	2061	499,005	107,632	391,373	96,588
38	2062	498,048	107,425	390,623	96,402
39	2063	496,989	107,197	389,793	96,198
40	2064	495,839	106,949	388,890	95,975
41	2065	494,604	106,682	387,921	95,736
42	2066	493,285	106,398	386,887	95,481
43	2067	491,875	106,094	385,781	95,208
44	2068	490,362	105,768	384,595	94,915
45	2069	488,731	105,416	383,315	94,599
46	2070	486,968	105,035	381,933	94,258

Tabla 4.10. Demanda con Proyecto

Año		Generación RS (ton/año)	Valorizable (ton/año)	Demanda Disposición Final (ton/año)	Demanda de Relleno Sanitario (ton/año)
47	2071	485,064	104,625	380,439	93,889

4.11. Oferta

Al realizar el proyecto de inversión planteado se alcanzará una oferta por la totalidad de los residuos generados por la población objetivo, dar tratamiento a toneladas anuales a través de los distintos procesos de transportación, valorización y disposición final considerados en este Proyecto. Es importante considerar que se consideran 312 días hábiles cuando se trata de la oferta al día.

Tabla 4.11. Oferta con Proyecto

Año		Oferta de transferencia (ton/año)	Oferta de Planta CDR (Ton/año)	Oferta de Disposición final (m³/año)
0	2024	0	0	902,759
1	2025	296,400	374,400	902,759
2	2026	296,400	374,400	902,759
3	2027	312,000	374,400	902,759
4	2028	312,000	374,400	902,759
5	2029	312,000	374,400	902,759
6	2030	312,000	374,400	1,805,518
7	2031	312,000	374,400	1,805,518
8	2032	312,000	374,400	1,805,518
9	2033	312,000	374,400	1,805,518
10	2034	312,000	374,400	1,805,518
11	2035	312,000	374,400	1,805,518
12	2036	312,000	374,400	4,898,086
13	2037	319,800	374,400	4,898,086
14	2038	319,800	374,400	4,898,086
15	2039	319,800	374,400	4,898,086
16	2040	319,800	374,400	4,898,086
17	2041	319,800	374,400	4,898,086
18	2042	319,800	374,400	4,898,086
19	2043	319,800	374,400	4,898,086
20	2044	319,800	374,400	4,898,086
21	2045	319,800	374,400	4,898,086
22	2046	319,800	374,400	4,898,086
23	2047	319,800	374,400	4,898,086
24	2048	327,600	374,400	4,898,086

Tabla 4.11. Oferta con Proyecto

Año		Oferta de transferencia (ton/año)	Oferta de Planta CDR (Ton/año)	Oferta de Disposición final (m³/año)
25	2049	327,600	374,400	4,898,086
26	2050	327,600	374,400	4,898,086
27	2051	327,600	374,400	4,898,086
28	2052	327,600	374,400	4,898,086
29	2053	327,600	374,400	4,898,086
30	2054	327,600	374,400	6,207,319
31	2055	327,600	374,400	6,207,319
32	2056	327,600	374,400	6,207,319
33	2057	327,600	374,400	6,207,319
34	2058	327,600	374,400	6,207,319
35	2059	327,600	374,400	6,207,319
36	2060	327,600	374,400	6,207,319
37	2061	327,600	374,400	6,207,319
38	2062	327,600	374,400	7,350,091
39	2063	327,600	374,400	7,350,091
40	2064	327,600	374,400	7,350,091
41	2065	335,400	374,400	7,350,091
42	2066	335,400	374,400	7,350,091
43	2067	335,400	374,400	7,350,091
44	2068	335,400	374,400	7,927,305
45	2069	335,400	374,400	7,927,305
46	2070	335,400	374,400	7,927,305
47	2071	296,400	374,400	7,927,305

4.12. Interacción Oferta – Demanda

A continuación, se presentan unas tablas con la interacción oferta demanda

Tabla 4.12. Interacción O-D (Relleno Sanitario)

No.	Año	DEMANDA - Volumen efectivo (M³ Acumulado)	OFERTA - Capacidad de Celdas utilizado (M³ Acumulado)	interacción (Espacio libre en celdas)
0	2024		902,759	902,758.78
1	2025	149,937	902,759	752,821.48
2	2026	301,570	902,759	601,188.38

No.	Año	DEMANDA - Volumen efectivo (M ³ Acumulado)	OFERTA - Capacidad de Celdas utilizado (M ³ Acumulado)	interacción (Espacio libre en celdas)
3	2027	454,802	902,759	447,956.52
4	2028	609,535	902,759	293,223.98
5	2029	765,678	902,759	137,080.98
6	2030	923,155	1,805,518	882,362.45
7	2031	1,081,905	1,805,518	723,612.22
8	2032	1,241,880	1,805,518	563,637.18
9	2033	1,403,044	1,805,518	402,473.32
10	2034	1,565,372	1,805,518	240,145.35
11	2035	1,728,843	1,805,518	76,674.06
12	2036	1,893,439	4,898,086	3,004,646.96
13	2037	2,059,136	4,898,086	2,838,950.15
14	2038	2,225,898	4,898,086	2,672,188.66
15	2039	2,393,672	4,898,086	2,504,414.76
16	2040	2,562,390	4,898,086	2,335,696.86
17	2041	2,731,969	4,898,086	2,166,117.40
18	2042	2,902,323	4,898,086	1,995,763.26
19	2043	3,073,365	4,898,086	1,824,721.69
20	2044	3,245,014	4,898,086	1,653,072.10
21	2045	3,417,199	4,898,086	1,480,886.98
22	2046	3,589,858	4,898,086	1,308,228.25
23	2047	3,762,939	4,898,086	1,135,147.55
24	2048	3,936,399	4,898,086	961,687.11
25	2049	4,110,204	4,898,086	787,882.64
26	2050	4,284,321	4,898,086	613,765.72
27	2051	4,458,718	4,898,086	439,368.30
28	2052	4,633,361	4,898,086	264,725.20
29	2053	4,808,207	4,898,086	89,879.10
30	2054	4,983,203	6,207,319	1,224,116.01
31	2055	5,158,287	6,207,319	1,049,032.09
32	2056	5,333,391	6,207,319	873,927.99
33	2057	5,508,445	6,207,319	698,874.32
34	2058	5,683,380	6,207,319	523,939.91
35	2059	5,858,131	6,207,319	349,188.76
36	2060	6,032,642	6,207,319	174,677.71
37	2061	6,206,862	6,207,319	457.45
38	2062	6,380,748	7,350,091	969,342.80
39	2063	6,554,265	7,350,091	795,826.24
40	2064	6,727,379	7,350,091	622,711.48
41	2065	6,900,063	7,350,091	450,027.92
42	2066	7,072,286	7,350,091	277,804.79

No.	Año	DEMANDA - Volumen efectivo (M ³ Acumulado)	OFERTA - Capacidad de Celdas utilizado (M ³ Acumulado)	interacción (Espacio libre en celdas)
43	2067	7,244,017	7,350,091	106,074.02
44	2068	7,415,220	7,927,305	512,085.54
45	2069	7,585,853	7,927,305	341,452.33
46	2070	7,755,871	7,927,305	171,434.67
47	2071	7,925,224	7,927,305	2,081.69

Tabla 4.13 Interacción O-D (Planta de Separación y CDR)

No.	Año	Demanda Masa RS (T/año)	Demanda Masa RS (T/día)	Oferta de Planta CDR (Ton/día)	interacción O-D (T/día)
0	2024	332,819	1,067	1,300	233
1	2025	336,823	1,080	1,300	220
2	2026	340,633	1,092	1,300	208
3	2027	344,224	1,103	1,300	197
4	2028	347,596	1,114	1,300	186
5	2029	350,764	1,124	1,300	176
6	2030	353,762	1,134	1,300	166
7	2031	356,621	1,143	1,300	157
8	2032	359,372	1,152	1,300	148
9	2033	362,043	1,160	1,300	140
10	2034	364,658	1,169	1,300	131
11	2035	367,227	1,177	1,300	123
12	2036	369,753	1,185	1,300	115
13	2037	372,226	1,193	1,300	107
14	2038	374,618	1,201	1,300	99
15	2039	376,892	1,208	1,300	92
16	2040	379,013	1,215	1,300	85
17	2041	380,948	1,221	1,300	79
18	2042	382,688	1,227	1,300	73
19	2043	384,233	1,232	1,300	68
20	2044	385,599	1,236	1,300	64
21	2045	386,802	1,240	1,300	60
22	2046	387,865	1,243	1,300	57
23	2047	388,813	1,246	1,300	54
24	2048	389,666	1,249	1,300	51
25	2049	390,439	1,251	1,300	49
26	2050	391,141	1,254	1,300	46
27	2051	391,771	1,256	1,300	44
28	2052	392,323	1,257	1,300	43
29	2053	392,779	1,259	1,300	41

No.	Año	Demanda Masa RS (T/año)	Demanda Masa RS (T/día)	Oferta de Planta CDR (Ton/día)	interacción O-D (T/día)
30	2054	393,116	1,260	1,300	40
31	2055	393,314	1,261	1,300	39
32	2056	393,359	1,261	1,300	39
33	2057	393,246	1,260	1,300	40
34	2058	392,978	1,260	1,300	40
35	2059	392,566	1,258	1,300	42
36	2060	392,027	1,256	1,300	44
37	2061	391,373	1,254	1,300	46
38	2062	390,623	1,252	1,300	48
39	2063	389,793	1,249	1,300	51
40	2064	388,890	1,246	1,300	54
41	2065	387,921	1,243	1,300	57
42	2066	386,887	1,240	1,300	60
43	2067	385,781	1,236	1,300	64
44	2068	384,595	1,233	1,300	67
45	2069	383,315	1,229	1,300	71
46	2070	381,933	1,224	1,300	76
47	2071	380,439	1,219	1,300	81

Como se puede apreciar en la tabla 4.12 anterior, una vez que se cuenta con el NRSM, ya no se cuenta con déficit en el confinamiento.

5. Evaluación del Proyecto

Identificación, cuantificación y valoración de costos del Proyecto

Los costos considerados para efecto de la evaluación se determinaron con base en los datos generados en el Estudio Diagnóstico y corresponden a los principales gastos en los que se incurrirá en el proyecto.

- i. Inversión inicial por la infraestructura y equipamiento para el manejo de los residuos en Chihuahua.
- ii. Costos de operación y mantenimiento para la transferencia y disposición final de los RSU. Este concepto considera gasto por combustible de las estaciones de transferencia, por mantenimiento, y por gasto de nómina de los operadores.
- iii. Costos de terrenos

iv. Costos de mantenimiento mayor o reinversiones

Costo de inversión inicial

El monto total de inversión del proyecto planteado es de **\$1,163,966,922.85** (Mil ciento sesenta y tres millones novecientos sesenta y seis mil novecientos veintidós pesos 85/100 M.N.) sin IVA y **\$1,343,646,696.71** (Mil trescientos cuarenta y tres millones seiscientos cuarenta y seis mil seiscientos noventa y seis pesos 71/100 M.N.) con IVA.

Tabla 5.1. Monto de Inversión desglosado por Componente

Concepto	Unidad	Cant.	\$ Importe (Sin IVA)	\$ Importe (Con IVA)
Estación de Transferencia (ET)				
Infraestructura			\$ 49,118,750.00	\$ 55,537,750.00
Terreno (20,000 M ²)	m ²	20,000	\$ 9,000,000.00	\$ 9,000,000.00
Proyecto ejecutivo incluyendo estudios, permisos y trámites	Lote	1	\$ 5,750,000.00	\$ 6,670,000.00
Obra civil	Lote	1	\$ 22,912,500.00	\$ 26,578,500.00
Obra Mecánica (Tuberías, proceso, estructuras y soportes metálicos)	Lote	35%	\$ 8,019,375.00	\$ 9,302,475.00
Obra Eléctrica (Canalización y cableado)	Lote	15%	\$ 3,436,875.00	\$ 3,986,775.00
Equipamiento			\$ 113,672,524.96	\$ 131,860,128.95
Vehículos menores (Carros compactos y camionetas)	unidad	5	\$ 1,750,000.00	\$ 2,030,000.00
Vehículos recolectores	unidad	28	\$ 1,245,535.71	\$ 34,875,000.00
Subestación completa de 300 KVA tipo aérea	pza	1	\$ 332,933.00	\$ 386,202.28
Equipos eléctricos (Interruptor, CCM)	Lote	1	\$ 1,275,000.00	\$ 1,479,000.00
Sistema contraincendio completo con bomba y tanque	Lote	1	\$ 4,500,000.00	\$ 5,220,000.00
Equipos y mobiliario de oficina	Lote	1	\$ 450,000.00	\$ 522,000.00
Báscula de registro y control de 40 t (Cotización báscula similar)	unidad	2	\$ 2,500,000.00	\$ 2,900,000.00
Contenedor remolque abierto de 30 m ³ (Punto verde, Ver Cotización anexa)	unidad	6	\$ 3,840,000.00	\$ 4,454,400.00
Sistema de compactación MP-5070TS de 2x30 kW completa de 70 toneladas (Ver cotización GREEN ROBOTS 25/08/2022 anexa) Incluye cada uno:	unidad	2	\$ 47,644,500.00	\$ 55,267,620.00
C150D6+TT+CA Planta de emergencia Diesel, capacidad 150KW Standby (Inc. equipo de generación, tablero de transf. y Caseta - Automática) - CUMMINS	unidad	1	\$ 750,000.00	\$ 870,000.00
Equipos menores (Taller, PTARi 20 m/d, etc.)	Lote	1	\$ 7,500,000.00	\$ 8,700,000.00
Instalación, pruebas y arranque de equipos	Lote	12%	\$ 8,255,091.96	\$ 9,575,906.67
Supervisión externa	Lote	5%	\$ 5,793,313.75	\$ 6,720,243.95
Sub-TOTAL			\$ 168,584,588.71	\$ 194,118,122.90
Sitio de Disposición Final (NRSM)				

Concepto	Unidad	Cant.	\$ Importe (Sin IVA)	\$ Importe (Con IVA)
Infraestructura			\$ 228,045,540.81	\$ 259,417,893.54
Gastos De Preinversión	Lote	1	\$ 21,240,416.99	\$ 24,638,883.71
Terreno Comprado por el Municipio	Lote	1	\$ 31,968,336.23	\$ 31,968,336.23
Celda 1A	Obra	1	\$ 111,491,485.41	\$ 129,330,123.08
Muro	Obra	1	\$ 21,625,995.78	\$ 25,086,155.10
Celda Emergencia	Obra	1	\$ 16,550,798.88	\$ 19,198,926.70
Oficinas, Regaderas, Caseta y Caja	Obra	1	\$ 6,282,841.65	\$ 7,288,096.31
Calles	Obra	1	\$ 3,601,480.86	\$ 4,177,717.80
Laguna Lixiviados	Obra	1	\$ 2,420,460.94	\$ 2,807,734.69
Baja Tensión	Obra	1	\$ 1,531,717.38	\$ 1,776,792.16
Media tensión	Obra	1	\$ 541,771.55	\$ 628,455.00
Proyecto	Obra	1	\$ 174,489.82	\$ 202,408.19
SISTEMA CONTRAINCENDIOS	Obra	1	\$ 7,952,528.82	\$ 9,224,933.43
SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE LIXIVIADOS	Obra	1	\$ 2,663,216.50	\$ 3,089,331.14
Equipamiento			\$ 6,550,000.00	\$ 7,598,000.00
Bascula de 40 t		2	\$ 2,500,000.00	\$ 2,900,000.00
C150D6+TT+CA Planta de emergencia Diesel, capacidad 150KW Standby (Inc. equipo de generación, tablero de transf. y Caseta - Automatica) - CUMMINS		1	\$ 750,000.00	\$ 870,000.00
Equipo de oficinas y amueblado		1	\$ 750,000.00	\$ 870,000.00
Sistema de vigilancia		1	\$ 750,000.00	\$ 870,000.00
Sistema de control SCADA		1	\$ 750,000.00	\$ 870,000.00
Sistema de monitoreo de lixiviados		1	\$ 350,000.00	\$ 406,000.00
Sistema de monitoreo de biogás		1	\$ 350,000.00	\$ 406,000.00
Sistema de monitoreo de acuífero		1	\$ 350,000.00	\$ 406,000.00
Supervisión	Obra	5.0%	\$ 9,069,339.38	\$ 10,520,433.68
Sub-TOTAL			\$ 243,664,880.19	\$ 277,536,327.22
PT RSU CDR (FÍSICA + BIOLÓGICA AERÓBICA)				
Infraestructura			\$ 108,409,601.56	\$ 125,755,137.81
Proyecto ejecutivo incluyendo estudios, permisos y trámites	Lote	1	\$ 4,750,000.00	\$ 5,510,000.00
Obra civil	Lote	1	\$ 82,927,681.25	\$ 96,196,110.25
Obra Mecánica (Tuberías, estructuras y soportes metálicos)	Lote	10%	\$ 8,292,768.13	\$ 9,619,611.03
Obra Eléctrica (Canalización y cableado)	Lote	15%	\$ 12,439,152.19	\$ 14,429,416.54
Equipamiento			\$ 531,622,878.00	\$ 616,682,538.48
Vehículos menores (Carros compactos y camionetas)	unidad	5	\$ 1,750,000.00	\$ 2,030,000.00
Equipo mecánico	Lote	1	\$ 350,015,748.00	\$ 406,018,267.68
Equipo de secado biológico	Lote	1	\$ 121,835,370.00	\$ 141,329,029.20
Subestación completa de 1500 KVA terrestre	pza	1	\$ 1,750,000.00	\$ 2,030,000.00
Equipos eléctricos (Interruptor, CCM)	Lote	1	\$ 1,400,000.00	\$ 1,624,000.00
Sistema contra incendio completo con bomba y tanque	Lote	1	\$ 4,500,000.00	\$ 5,220,000.00
Grúa puente de 15 ton	unidad	3	\$ 3,750,000.00	\$ 4,350,000.00
Equipos y mobiliario de oficina	Lote	1	\$ 450,000.00	\$ 522,000.00
Camion levantacontenedores roll on roll of	unidad	3	\$ 11,250,000.00	\$ 13,050,000.00

Concepto	Unidad	Cant.	\$ Importe (Sin IVA)	\$ Importe (Con IVA)
Contenedores de rechazo 34 m ³	unidad	14	\$ 1,940,400.00	\$ 2,250,864.00
Báscula magnética	unidad	1	\$ 1,127,000.00	\$ 1,307,320.00
Góndolas de 4 m ³	unidad	4	\$ 70,560.00	\$ 81,849.60
Báscula electrónica digital 2 ton	unidad	2	\$ 90,000.00	\$ 104,400.00
Hidrolavadora Karsher	unidad	2	\$ 21,000.00	\$ 24,360.00
Equipo hidráulico hook lift	unidad	4	\$ 1,528,800.00	\$ 1,773,408.00
Montacargas Iron FD 30 ton.	unidad	2	\$ 1,278,000.00	\$ 1,482,480.00
Cargador frontal tipo 950 Cat.	unidad	2	\$ 7,881,000.00	\$ 9,141,960.00
Bobcat Iron WS60	unidad	2	\$ 1,491,000.00	\$ 1,729,560.00
Plataforma de tijera Genie GS 1932 8m	unidad	2	\$ 852,000.00	\$ 988,320.00
Camión rechazo MV16 International	unidad	4	\$ 10,224,000.00	\$ 11,859,840.00
Instalación de equipos periféricos	Lote	12%	\$ 918,000.00	\$ 1,064,880.00
Planta de tratamiento biológica aeróbica de lixiviados cap. 250 m ³ /d	unidad	1	\$ 7,500,000.00	\$ 8,700,000.00
Supervisión externa	Lote	3%	\$ 19,200,974.39	\$ 22,273,130.29
Sub-TOTAL			\$ 659,233,453.95	\$ 764,710,806.58
CLAUSURA DEL RELLENO SANITARIO				0
Infraestructura			\$ 88,080,000.00	\$ 102,172,800.00
Proyecto Ejecutivo	proyecto	1	\$ 375,000.00	\$ 435,000.00
Cobertura final de clausura			\$ 70,000,000.00	\$ 81,200,000.00
Conformación final del sitio	m ²	175,000	\$ 5,250,000.00	\$ 6,090,000.00
Drenaje pluvial	ml	1,300	\$ 3,250,000.00	\$ 3,770,000.00
Sistema de captación y manejo de lixiviados	Sistema	1	\$ 4,200,000.00	\$ 4,872,000.00
Sistema de captación y quemado de Biogás	unidad	25	\$ 3,125,000.00	\$ 3,625,000.00
Sistema de vigilancia remota completo	cámara	10	\$ 100,000.00	\$ 116,000.00
Elaboración de programa de mantenimiento postclausura	manual	1	\$ 15,000.00	\$ 17,400.00
Elaboración de programa de monitoreo postclausura	manual	1	\$ 15,000.00	\$ 17,400.00
Adecuaciones para uso final incluyendo reforestación	Lote	175,000	\$ 1,750,000.00	\$ 2,030,000.00
SUPERVISION	Lote	5%	\$ 4,404,000.00	\$ 5,108,640.00
Sub-TOTAL			\$ 92,484,000.00	\$ 107,281,440.00
Ampliación del Relleno Sanitario Actual			\$ 56,678,528	\$ 65,747,092
TOTAL			\$ 1,220,645,451	\$ 1,415,948,723

Costos de mantenimiento mayor o reinversiones

El proyecto considera costos de mantenimiento mayor para los equipos y maquinaria instalada, así como reinversiones que corresponden a la reposición de equipamiento para asegurar la vida útil de 47 años.

De manera similar, en las **estaciones de transferencia**, el equipo y vehículos utilizados en la estación requieren ser reemplazados al término de su vida útil, al igual que el equipo de cómputo y el mobiliario.

Por otro lado, en la **planta de separación**, los equipos utilizados en la planta que requieren ser reemplazados al término de su vida útil

Igualmente, el sitio de **disposición final o relleno sanitario** requerirá gastos para reemplazo de maquinaria y equipo de manejo de residuos. Además, se necesitarán gastos para la habilitación de las celdas de confinamiento en tanto las celdas se van saturando y las nuevas deberán entrar en operación en las etapas 1 y 2 del relleno sanitario.

Costos de Operación y Mantenimiento

Los costos de operación y mantenimiento incluyen el pago de salarios; mantenimiento a la infraestructura y vehículos; combustible; servicios como electricidad; administración; y, supervisión.

Tabla 5.2. Costos de Operación y Mantenimiento del NRSM

Concepto	Unidad	Cantidad	P.U.	Importe mensual
Personal Operativo				
<i>Gerente de planta</i>	persona	1	36,250	36,250
<i>Jefe de operaciones del relleno sanitario</i>	persona	1	26,100	26,100
<i>Supervisor de operaciones</i>	persona	2	18,125	36,250
<i>Operadores de maquinaria Amarilla</i>	persona	4	16,500	66,000
<i>Operador de camión de volteo 14 m³</i>	persona	4	14,025	56,100
<i>Supervisor de mantenimiento</i>	persona	1	18,125	18,125
<i>Mecánico</i>	persona	2	15,675	31,350
<i>Ayudante de mecánico</i>	persona	2	11,550	23,100
<i>Jefe de seguridad y salud ocupacional</i>	persona	1	26,100	26,100
<i>Jefe de calidad y medio ambiente</i>	persona	1	26,100	26,100
Subtotal de Personal Operativo			208,550	345,475
Personal Administrativo				
<i>Jefe administrativo</i>	persona	1	26,100	26,100
<i>Auxiliar administrativo</i>	persona	1	20,625	20,625
<i>Auxiliar informático</i>	persona	1	20,625	20,625
<i>Auxiliar de almacén</i>	persona	1	20,625	20,625
<i>Vigilantes</i>	persona	3	13,200	39,600
<i>Veladores</i>	persona	2	10,725	21,450
<i>Basculista</i>	persona	2	10,725	21,450
<i>Auxiliar de compras</i>	persona	1	20,625	20,625

Tabla 5.2. Costos de Operación y Mantenimiento del NRSM

Concepto	Unidad	Cantidad	P.U.	Importe mensual
Subtotal de Personal Administrativo			143,250	191,100
Gastos de Oficina				
Energía eléctrica	mes	1	5,000	5,000
Servicios (Teléfono, internet)	mes	1	7,500	7,500
Licencias (Software)	mes	1	1,250	1,250
Subcontratos personal de limpieza (3 personas)	mes	1	34,500	34,500
Subcontratos fumigación y otros	mes	2	7,500	15,000
Artículos de limpieza	mes	1	3,500	3,500
Papelería y copias	mes	1	3,500	3,500
Subtotal de Gastos de Oficina			62,750	70,250
Energía Eléctrica Parte Fija				
Potencia Instalada	kW	150		
Potencia en operación		11.7%		
	kW	17.5		
Consumo	kW-h/mes	12,775		
Tarifa de EE en media tensión (HM)	\$/kW-h	1.899		
Otros costos (Base + DF; Dato de instalaciones similares)	35.0%	0.66465		
Total tarifa	\$/kW-h	2.56365		
Costo de energía eléctrica	\$/mes	32,750.63		
Subtotal Energía Eléctrica Parte Fija		1	32,750.63	32,751
Laboratorio Externo				
Análisis de Laboratorio	mes	1	12,500	12,500
Subtotal de Análisis de Laboratorio			12,500	12,500
Maquinaria y Renta de Equipo				
Tractor D7R adaptado para basura	h	200	2,000	400,000
Compactador 815	h	200	1,750	350,000
Cargador 953 K	h	200	1,200	240,000
Retroexcavadora Cat516	h	200	600	120,000
Subtotal de Renta de Maquinaria y Equipo			5,550	1,110,000
Costos de Operación (variable)				
Diesel				
Tractor D7R adaptado para basura	lto.	4,000	19.82758621	79,310
Compactador 815F	lto.	4,000	19.82758621	79,310
Cargador 953K	lto.	3,000	19.82758621	59,483
Retroexcavadora Cat516	lto.	1,500	19.82758621	29,741
Camión volteo 14 m ³	lto.	5,000	19.82758621	99,138
Camión pipa 20 m ³	lto.	1,200	19.82758621	23,793
Lubricantes	lto.	20%	370,776	74,155
Subtotal de Diesel		18,700	370,895	444,931
Refacciones				
Refacciones	mes	20%	370,895	74,179
Subtotal de Refacciones			370,895	74,179
Costo por Tonelada				92.56
Fracción Separada del RS				83.8%

A continuación, se presenta una tabla con los costos de operación y mantenimiento de la Estación de Transferencia.

Tabla 5.3. Costos de Operación y Mantenimiento de la ET

Concepto	Unidad	Cantidad	P.U.	Importe Mensual
Personal Operativo				
<i>Jefe de operaciones</i>	persona	1	36,250	36,250
<i>Supervisor</i>	persona	1	24,750	24,750
<i>Electromecánico</i>	persona	1	16,500	16,500
<i>Ayudante de electromecánico</i>	persona	1	13,200	13,200
<i>Operadores</i>	persona	2	16,500	33,000
Subtotal de Personal Operativo		6	107,200	123,700
Personal Administrativo				
<i>Auxiliar administrativo</i>	persona	1	20,625	20,625
<i>Velador</i>	persona	1	10,725	10,725
Subtotal de Personal Administrativo		2	31,350	31,350
Gastos de Oficina				
<i>Energía eléctrica</i>	mes	1	2,500	2,500
<i>Servicios (Teléfono, internet)</i>	mes	1	1,500	1,500
<i>Licencias (Software)</i>	mes	1	1,250	1,250
<i>Subcontratos personal de limpieza (2 personas)</i>	mes	1	20,000	20,000
<i>Subcontratos fumigación y otros</i>	mes	1	7,500	7,500
<i>Artículos de limpieza</i>	mes	1	3,500	3,500
<i>Papelería y copias</i>	mes	1	3,500	3,500
Subtotal de Gastos de Oficina		5	39,750	39,750
Energía eléctrica Parte Fija				
<i>Consumo parte fija</i>	kW-h/mes	2500		
<i>Tarifa de EE en media tensión (HM)</i>	\$/kW-h	1.899		
<i>Otros costos (Base + DF; Dato de instalaciones similares)</i>	35%	0.66465		
<i>Total tarifa</i>	\$/kW-h	2.6		
<i>Costo de energía eléctrica</i>	\$/mes	6,409.1		
Subtotal de Energía Eléctrica Parte Fija		1	6,409	6,409
Laboratorio Externo (Descarga de aguas residuales)				
<i>Análisis de Laboratorio</i>	mes	1	7,500	7,500
Subtotal Análisis de Laboratorio		1	7,500	7,500

Tabla 5.3. Costos de Operación y Mantenimiento de la ET

Concepto	Unidad	Cantidad	P.U.	Importe Mensual
Arrendamiento de Equipo	mes	1	1,311,614	1,311,614
Costo Variable				
Costos de Transporte EQUIPO PROPIO de ET a NRS				
Personal (Chofer de tracto)	h	24,731	103	2,550,338
Combustible Diesel	l	340,045	20	6,742,273
Lubricantes	%	20%	6,742,273	1,348,455
Mantenimiento y refacciones	km	680,090	12	8,090,728
Total Anual (costo variable)				18,731,793
Total Mensual (costo variable)				1,560,983
Energía Eléctrica (variable)				
Potencia Instalada	kW	150		
Potencia en operación	kW	120	80%	
Capacidad nominal de compactación	t/h	140		
Número de horas de compactación (Base 365d)	h/mes	170.4		
Consumo	kW-h/mes	20,447.82		
Tarifa de EE en media tensión (HM)	\$/kW-h	1.899		
Otros costos (Base + DF; Dato de instalaciones similares)	35%	0.66465		
Total tarifa	\$/kW-h	2.56365		
Costo de energía eléctrica	\$/mes	52,421		
Subtotal Energía Eléctrica Variable			2.56	52,421
Reactivos químicos PTAR				
Reactivos Químicos	m ³	600	40	24,000
Subtotal Reactivos Químicos	m ³	600	40	24,000
Costo por Tonelada				68.1

A continuación, se presenta una tabla con los costos de operación y mantenimiento de la Planta de Separación

Tabla 5.4. Costos de Operación y Mantenimiento de la Planta de Separación

Concepto	Unidad	Cantidad	P.U.	Importe Mensual
Personal				
Gerente de Planta	persona	1	58,000	58,000
Superintendente	persona	2	33,000	66,000

Tabla 5.4. Costos de Operación y Mantenimiento de la Planta de Separación

Concepto	Unidad	Cantidad	P.U.	Importe Mensual
<i>Operadores</i>	persona	118	10,725	1,265,550
<i>Supervisor de mantenimiento</i>	persona	1	24,750	24,750
<i>Encargados de mantenimiento</i>	persona	14	10,725	150,150
<i>Gerente administrativo</i>	persona	1	50,750	50,750
<i>Jefe administrativo</i>	persona	1	36,250	36,250
<i>Administrativos</i>	persona	18	10,725	193,050
Subtotal de Personal		156	234,925	1,844,500
Gastos de Oficina				
<i>Energía eléctrica</i>	mes	1	5,000	5,000
<i>Servicios (Teléfono, internet)</i>	mes	1	1,500	1,500
<i>Licencias (Software)</i>	mes	1	1,250	1,250
<i>Subcontratos personal de limpieza (3 personas)</i>	mes	1	30,000	30,000
<i>Subcontratos fumigación y otros</i>	mes	1	7,500	7,500
<i>Artículos de limpieza</i>	mes	1	3,500	3,500
<i>Papelería y copias</i>	mes	1	3,500	3,500
Subtotal de Gastos de Oficina		7	52,250	52,250
Energía eléctrica Parte Fija				
<i>Consumo parte fija</i>	kW-h/mes	4,500.00		
<i>Tarifa de EE en media tensión (HM)</i>	\$/kW-h	1.899		
<i>Otros costos (Base + DF; Dato de instalaciones similares)</i>	35%	0.66465		
<i>Total tarifa</i>	\$/kW-h	2.56365		
<i>Costo de energía eléctrica</i>	\$/mes	11,536		
Subtotal Energía Eléctrica parte fija		1	11,536	11,536.43
Laboratorio Externo (Descarga de aguas residuales)				
<i>Análisis de Laboratorio</i>	mes	1	7,500	7,500
Subtotal Análisis de Laboratorio		1	7,500	7,500
Maquinaria y Equipo				
<i>Mantenimiento y refacciones de equipos (2% anual)</i>	mes	0.2%	261,186,439	435,311
<i>Consumibles taller y otros</i>	mes	20%	435,311	87,062.15
<i>Combustibles y lubricantes vehículos</i>	vehículo	5	7,000	35,000
<i>Reposición de equipos menores (10 años)</i>	mes	0.8%	26,118,644	217,655
Subtotal de Maquinaria y Equipo			287,747,394	775,028

Tabla 5.4. Costos de Operación y Mantenimiento de la Planta de Separación

Concepto	Unidad	Cantidad	P.U.	Importe Mensual
Costo Variable				
Energía Eléctrica				
Consumo	kW-h/mes	458,378		
Tarifa de EE en media tensión (HM)	\$/kW-h	1.899		
Otros costos (Base + DF; Dato de instalaciones similares)	35%	0.66465		
Total tarifa	\$/kW-h	2.56365		
Subtotal Energía Eléctrica Variable			2.564	1,175,121
Costo de Rechazo				
Cantidad de RSU + RME	ton/año	412,508		
Rechazos a SDF	ton/mes	5,528		
Costo de disposición final	\$/ton	270		
Subtotal de Costo de Rechazo			270	1,492,559
Costo de Lixiviados				
Flujo másico de RSU	t/año	412,508		
Generación de Lixiviado	t/día prom	1,130		
	l/ton	183.27		
	l/día	207,121		
	m³/mes	6,300		
Costo por disposición	\$/m³	60.0		
Subtotal de Costo de Lixiviado		6,300	60	377,996
Costo Variable por Tonelada				88

Finalmente, se presenta la tabla con los costos de mantenimiento del sitio clausurado.

Tabla 5.4. Costos de Operación y Mantenimiento de la Planta de Separación

Concepto	Unidad	Cantidad	P.U.	Importe Mensual
Monitoreos (Biogás, lixiviados, acuíferos, etc.)	mes	1	15,000.00	15,000
Mantenimiento taludes	mes	1	15,000.00	15,000
Mantenimiento de canales pluviales	mes	1	7,500.00	7,500
Total mensual				37,500
Total anual				450,000

Identificación, cuantificación y valoración de los beneficios del Proyecto de Inversión

Los beneficios que se identificaron para este proyecto y que le son atribuibles se dividen en directos, indirectos y externalidades positivas.

Por un lado, los beneficios directos son:

- Evitar la contaminación del subsuelo y mantos acuíferos al proteger el suelo y canalizar los lixiviados.
- Disminución en la contaminación del aire al controlar los gases invernadero generados por la basura, como el metano, del relleno existente.
- Revalorización al máximo de los residuos.
- Mejora en la provisión de servicios públicos municipales.
- Cumplimiento con la normatividad ambiental nacional e internacional.

Beneficios indirectos y externalidades:

- Recuperación en el valor de los terrenos donde actualmente se encuentran los tiraderos.
- Incremento en el valor de las propiedades aledañas.
- Reducción de riesgos a la salud pública al eliminar los vectores de contagio (ratas, moscas, mosquitos, cucarachas y aves) de enfermedades como cólera, salmonelosis, dengue, fiebre tifoidea, malaria, toxoplasmosis, amibiasis, giardiasis, leptospirosis, entre otras.
- Disminución de peligro de incendios accidentales en los tiraderos a cielo abierto y su propagación a las comunidades cercanas.
- Formalización de empleos
- Impulso a la economía circular.

Asimismo, algunos de los beneficios anteriormente expuestos son cuantificables y otros no cuantificables. La dificultad para la valoración está relacionada con aquéllos que se refieren a la mejora ambiental, disminución de riesgos para la salud y cumplimiento de reglas, principalmente.

- Disminución en la contaminación del subsuelo y mantos acuíferos al proteger el suelo y canalizar los lixiviados.
- Disminución de la contaminación del agua al evitar que la basura llegue a lagos, ríos y lagunas.
- Mejora en la provisión de servicios públicos municipales.
- Cumplimiento con la normatividad ambiental nacional e internacional.

- Reducción de riesgos a la salud pública al eliminar los vectores de contagio (ratas, moscas, mosquitos, cucarachas y aves) de enfermedades como cólera, salmonelosis, dengue, fiebre tifoidea, malaria, toxoplasmosis, amibiasis, giardiasis, leptospirosis, entre otras.
- Disminución de peligro de incendios accidentales en los tiraderos a cielo abierto y su propagación a las comunidades cercanas.

Beneficios

Para efectos de la cuantificación de beneficios en el presente proyecto se considerarán los siguientes:

- Valorización de la Fracción reciclable recuperable
- Valorización de residuos mediante la generación de Combustible derivado de Residuos (CDR)
- Ahorro en costos de operación de transporte por ahorro de combustible
- Reducción de dióxido de carbono (CO₂) por la disminución de km recorridos
- Valorización de las emisiones de dióxido de carbono equivalente (CO₂e) de metano y óxido nitroso evitadas por disposición final en relleno sanitario y tratamiento biológico.

Valorización de materiales reciclables

Consiste en la separación y recuperación de materiales reciclables que son procesados y vendidos para su subsecuente reutilización. La caracterización de RSU obtenida en el “Estudio Diagnóstico, Generación y Composición de los Residuos” (2023) para el Proyecto Integral de Residuos para el municipio de Chihuahua, se muestra en el capítulo 1 de este reporte, en resumen, podemos identificar lo siguiente:

Tabla 5.5. Composición de RSU y RME por categoría

Categoría	Toneladas totales	
	al día	%Global
Inorg. No Recup.	425.0	37.00%
Inorg. Recuperable	500.1	43.54%
Orgánico	219.0	19.07%
Peligrosos	4.4	0.38%
Total	1,148.6	100.0%

Fuente: Elaboración propia con base en la generación 2023 (toneladas generadas por día hábil) Ver III. Situación Actual de la memoria de cálculo

Tabla 5.6. Composición de la Fracción Inorgánica Recuperable (FIR) por categoría

Subproducto	%Global	Toneladas totales al día
Papel y Cartón	32.08%	160.4
Plástico	53.10%	265.6
Vidrio	9.52%	47.6
Metales	5.30%	26.5
Grand Total	100%	500.1

Fuente: Elaboración propia con base en la generación 2023 (toneladas generadas por día hábil) Ver III. Situación Actual de la memoria de cálculo

A partir de las tablas anteriores se identificaron los bienes que son susceptibles a reciclaje y para los que existe un mercado para su posterior venta como lo son el cartón, PET, lata de aluminio, tetra Pak, vidrio, plástico rígido, material ferroso, etc. Asimismo, se tomaron en consideración diversas tasas de rechazo, es decir, el porcentaje del volumen dispuesto que por cuestiones del manejo de los residuos y el estado en el que se reciben no son susceptibles a recuperar y valorizar. Estas tasas se detallan en la Memoria de Cálculo y se sustentan según lo observado en el “Estudio Diagnóstico, Generación y Composición de los Residuos” (2023) para el Proyecto Integral de Residuos para el municipio de Chihuahua y considerando una compactación por los camiones recolectores, proceso mediante el cual algunos de los materiales reciclables se vuelven irre recuperables, y por lo tanto, terminarán en el relleno sanitario.

En cuanto a lo que sí se recupera, se estima que el volumen asciende a un 44% de la generación de residuos sólidos, o 500 ton/día. Este beneficio se estimó como el producto del porcentaje del tipo de residuo —obtenida de la caracterización de los RSU— menos la proporción de rechazo y multiplicado por el precio de mercado del tipo de bien. Por ejemplo:

Valorización material reciclable (cartón)

Composición % RSU:	8.6%
Porcentaje recuperable para valorización:	3.1%
Toneladas de RSU generadas (2025):	429,453 ton/anual
Tonelada de cartón generada menos tasa de rechazo:	$429,453 \times (3.1\%) = 13,230$ ton/anual
Precio por tonelada:	2,800 \$/kg
Beneficio por valorización de cartón (2025):	$13,861 \times 2,800 = \$ 37,044,495$

A continuación, se presenta una tabla con los precios de los valorizables empleados para la estructuración de este Proyecto.

Tabla 5.8 Precios de mercado

	Materiales Reciclables	Precio por Ton
1	Cartón	\$2,800.00
2	Lata de aluminio	\$20,000.00
3	Papel	\$1,300.00
4	PET	\$4,000.00
5	Plástico rígido	\$5,000.00
6	Vidrio	\$950.00
7	Plástico mixto	\$3,000.00
8	Papel aluminio	\$2,000.00
9	Tetrapak	\$2,000.00
10	Material ferroso	\$1,300.00

Fuente: Suprareciclaje

Fuente: Elaboración propia con datos del Estudio

Diagnóstico de Chihuahua (2023)

A continuación, se presenta una tabla con el flujo esperado de los reciclables a lo largo del horizonte de planeación del presente Proyecto.

Tabla 5.9 Valorización de los materiales reciclables*

Año	Cartón	Lata de aluminio	PET	Plástico rígido	Vidrio	Total
0	-	-	-	-	-	-
1	37,044,495	49,817,772	8,379,112	79,115,367	59,899,940	77,135,324
2	37,463,471	50,381,214	8,473,880	80,010,166	60,577,412	312,030,916
3	37,858,471	50,912,414	8,563,226	80,853,762	61,216,117	315,320,848
4	38,229,238	51,411,025	8,647,090	81,645,604	61,815,637	318,408,944
5	38,577,716	51,879,661	8,725,912	82,389,843	62,379,116	321,311,397
6	38,907,379	52,322,995	8,800,479	83,093,899	62,912,172	324,057,138
7	39,221,875	52,745,933	8,871,615	83,765,564	63,420,705	326,676,560
8	39,524,486	53,152,885	8,940,062	84,411,844	63,910,017	329,196,981
9	39,818,204	53,547,881	9,006,499	85,039,135	64,384,952	331,643,345
10	40,105,814	53,934,661	9,071,553	85,653,378	64,850,009	334,038,828
11	40,388,291	54,314,539	9,135,447	86,256,661	65,306,767	336,391,564
12	40,666,161	54,688,221	9,198,298	86,850,104	65,756,076	338,705,929
13	40,938,144	55,053,986	9,259,818	87,430,973	66,195,864	340,971,254
14	41,201,189	55,407,731	9,319,316	87,992,754	66,621,200	343,162,137
15	41,451,325	55,744,116	9,375,895	88,526,965	67,025,663	345,245,503
16	41,684,552	56,057,763	9,428,649	89,025,066	67,402,786	347,188,043
17	41,897,417	56,344,025	9,476,797	89,479,678	67,746,983	348,960,979
18	42,088,813	56,601,416	9,520,089	89,888,439	68,056,464	350,555,103
19	42,258,657	56,829,823	9,558,506	90,251,172	68,331,097	351,969,722
20	42,408,875	57,031,838	9,592,484	90,571,990	68,573,995	353,220,877
21	42,541,189	57,209,776	9,622,412	90,854,573	68,787,945	354,322,919
22	42,658,200	57,367,132	9,648,878	91,104,469	68,977,147	355,297,489

Año	Cartón	Lata de aluminio	PET	Plástico rígido	Vidrio	Total
23	42,762,457	57,507,339	9,672,461	91,327,131	69,145,729	356,165,846
24	42,856,275	57,633,507	9,693,681	91,527,497	69,297,431	356,947,252
25	42,941,276	57,747,816	9,712,908	91,709,031	69,434,874	357,655,214
26	43,018,472	57,851,629	9,730,369	91,873,897	69,559,697	358,298,174
27	43,087,771	57,944,824	9,746,043	92,021,899	69,671,753	358,875,364
28	43,148,474	58,026,457	9,759,774	92,151,541	69,769,907	359,380,953
29	43,198,626	58,093,903	9,771,118	92,258,651	69,851,002	359,798,670
30	43,235,695	58,143,753	9,779,502	92,337,817	69,910,941	360,107,410
31	43,257,385	58,172,922	9,784,408	92,384,140	69,946,013	360,288,065
32	43,262,370	58,179,625	9,785,536	92,394,786	69,954,074	360,329,584
33	43,249,912	58,162,873	9,782,718	92,368,181	69,933,930	360,225,826
34	43,220,445	58,123,245	9,776,053	92,305,249	69,886,283	359,980,399
35	43,175,167	58,062,355	9,765,812	92,208,549	69,813,070	359,603,280
36	43,115,847	57,982,580	9,752,394	92,081,859	69,717,150	359,109,203
37	43,044,004	57,885,966	9,736,144	91,928,426	69,600,982	358,510,831
38	42,961,445	57,774,940	9,717,470	91,752,107	69,467,488	357,823,206
39	42,870,143	57,652,155	9,696,818	91,557,113	69,319,854	357,062,751
40	42,770,870	57,518,652	9,674,363	91,345,098	69,159,332	356,235,913
41	42,664,336	57,375,385	9,650,267	91,117,575	68,987,070	355,348,601
42	42,550,579	57,222,403	9,624,536	90,874,625	68,803,127	354,401,121
43	42,428,934	57,058,813	9,597,021	90,614,830	68,606,430	353,387,949
44	42,298,499	56,883,403	9,567,518	90,336,262	68,395,520	352,301,563
45	42,157,762	56,694,139	9,535,684	90,035,693	68,167,953	351,129,377
46	42,005,683	56,489,622	9,501,285	89,710,900	67,922,046	349,862,720
47	41,841,460	56,268,773	9,464,140	89,360,171	67,656,501	348,494,914

*Tabla completa en "VI. Cuanti_Beneficios" en Memoria de cálculo

En total, los beneficios anuales para 2026, por valorización de reciclables ascienden a una cantidad de **\$312,030,916** (trescientos doce millones treinta mil novecientos diez y seis pesos 00/100 M.N.).

Valorización de residuos mediante la generación de Combustible derivado de Residuos (CDR)

El proyecto considera una planta de tratamiento biológico que permite la producción de Combustibles Derivados de Residuos (CDR), los cuales se estiman vender a la industria para reducir el volumen total para disponer en el relleno sanitario y obtener ingresos para hacer al proyecto más autosustentable, el Municipio ya se encuentra en negociaciones con los potenciales clientes.

Aproximadamente el 76% (336,823 en 2025) de los Residuos totales, después de la separación, pasarán a tratamiento biológico, de los cuales 13% se convertirá en CDR verde y 41% se convertirá en CDR plástico, listo para su venta en el mercado.

Según el Estudio Diagnóstico de Chihuahua (2023), el precio del CDR Verde se encuentra alrededor de 150 \$/Ton, y el precio del CDR plástico 300 \$/Ton, en pesos mexicanos (MXN), lo cual se considera fijo para efectos de la evaluación social y resulta en la siguiente tabla de valorización:

Tabla 5.10 Valorización de CDRs

Año		Toneladas anuales orgánicas susceptibles a CDR	Toneladas al año generadas de CDR VERDE	Toneladas al año generadas de CDR PLASTICO	Valorización CDR VERDE (MXN)	Valorización CDR PLASTICO (MXN)	Total Valorización CDR (MXN)
0	2024	332,819	0	0	0	0	0
1	2025	336,823	25,694	123,619	3,854,043	37,085,621	10,234,916
2	2026	340,633	25,984	125,017	3,897,632	37,505,062	41,402,694
3	2027	344,224	26,258	126,335	3,938,728	37,900,501	41,839,228
4	2028	347,596	26,515	127,572	3,977,302	38,271,679	42,248,981
5	2029	350,764	26,757	128,735	4,013,557	38,620,544	42,634,101
6	2030	353,762	26,986	129,835	4,047,854	38,950,573	42,998,427
7	2031	356,621	27,204	130,885	4,080,574	39,265,419	43,345,992
8	2032	359,372	27,414	131,895	4,112,057	39,568,365	43,680,422
9	2033	362,043	27,617	132,875	4,142,615	39,862,409	44,005,024
10	2034	364,658	27,817	133,834	4,172,537	40,150,338	44,322,875
11	2035	367,227	28,013	134,777	4,201,926	40,433,129	44,635,055
12	2036	369,753	28,206	135,704	4,230,835	40,711,308	44,942,143
13	2037	372,226	28,394	136,612	4,259,131	40,983,593	45,242,724
14	2038	374,618	28,577	137,490	4,286,498	41,246,929	45,533,427
15	2039	376,892	28,750	138,324	4,312,522	41,497,343	45,809,864
16	2040	379,013	28,912	139,103	4,336,786	41,730,830	46,067,616
17	2041	380,948	29,060	139,813	4,358,932	41,943,931	46,302,863
18	2042	382,688	29,192	140,452	4,378,845	42,135,539	46,514,384
19	2043	384,233	29,310	141,019	4,396,515	42,305,571	46,702,086
20	2044	385,599	29,414	141,520	4,412,143	42,455,956	46,868,099
21	2045	386,802	29,506	141,961	4,425,909	42,588,418	47,014,327
22	2046	387,865	29,587	142,352	4,438,083	42,705,558	47,143,640
23	2047	388,813	29,660	142,700	4,448,930	42,809,931	47,258,861
24	2048	389,666	29,725	143,013	4,458,690	42,903,854	47,362,544
25	2049	390,439	29,784	143,296	4,467,534	42,988,948	47,456,482
26	2050	391,141	29,837	143,554	4,475,565	43,066,230	47,541,795
27	2051	391,771	29,885	143,785	4,482,775	43,135,606	47,618,381
28	2052	392,323	29,927	143,988	4,489,090	43,196,376	47,685,466
29	2053	392,779	29,962	144,155	4,494,308	43,246,584	47,740,892
30	2054	393,116	29,988	144,279	4,498,164	43,283,694	47,781,858
31	2055	393,314	30,003	144,351	4,500,421	43,305,408	47,805,829
32	2056	393,359	30,006	144,368	4,500,940	43,310,398	47,811,338
33	2057	393,246	29,998	144,326	4,499,643	43,297,927	47,797,571
34	2058	392,978	29,977	144,228	4,496,578	43,268,428	47,765,005
35	2059	392,566	29,946	144,077	4,491,867	43,223,099	47,714,966
36	2060	392,027	29,905	143,879	4,485,696	43,163,713	47,649,408
37	2061	391,373	29,855	143,639	4,478,221	43,091,790	47,570,012
38	2062	390,623	29,798	143,364	4,469,632	43,009,140	47,478,772

Año		Toneladas anuales orgánicas susceptibles a CDR	Toneladas al año generadas de CDR VERDE	Toneladas al año generadas de CDR PLASTICO	Valorización CDR VERDE (MXN)	Valorización CDR PLASTICO (MXN)	Total Valorización CDR (MXN)
39	2063	389,793	29,734	143,059	4,460,133	42,917,736	47,377,869
40	2064	388,890	29,665	142,728	4,449,805	42,818,353	47,268,158
41	2065	387,921	29,591	142,372	4,438,721	42,711,701	47,150,422
42	2066	386,887	29,513	141,993	4,426,886	42,597,817	47,024,703
43	2067	385,781	29,428	141,587	4,414,230	42,476,037	46,890,268
44	2068	384,595	29,338	141,152	4,400,660	42,345,457	46,746,118
45	2069	383,315	29,240	140,682	4,386,018	42,204,565	46,590,583
46	2070	381,933	29,135	140,174	4,370,196	42,052,317	46,422,513
47	2071	380,439	29,021	139,626	4,353,111	41,887,911	46,241,022

Fuente: Elaboración propia con datos del Estudio
Diagnóstico de Chihuahua (2023)

En resumen, el proyecto generará en promedio un ingreso por concepto de venta de CDR's por un monto de \$44,000,000 (cuarenta y cuatro millones de pesos).

Reducción de emisiones de CO₂ por ahorro en transporte

Para el cálculo de las emisiones evitadas por concepto de transporte o menor número de km recorridos, se utiliza un factor paramétrico (2.7) multiplicado por el cálculo de ahorro en Diesel, entre 1000. Posteriormente, se valoriza con base en los precios de la CEPAL.

Tabla 5.11. Valorización de emisiones evitadas por transporte

Año		Emisiones de CO ₂ evitadas en Transporte (anuales)	Valorización (\$ MXN)
0	2024	0	0
1	2025	1,984	2,524,266
2	2026	1,984	2,563,708
3	2027	1,984	2,603,150
4	2028	1,984	2,642,591
5	2029	1,984	2,682,033
6	2030	1,984	2,721,475
7	2031	1,984	2,760,916
8	2032	1,984	2,823,037
9	2033	1,984	2,886,555
10	2034	1,984	2,951,503
11	2035	1,984	3,017,912
12	2036	1,984	3,085,815
13	2037	1,984	3,155,246
14	2038	1,984	3,226,239

Año		Emisiones de CO ₂ evitadas en Transporte (anuales)	Valorización (\$ MXN)
15	2039	1,984	3,298,829
16	2040	1,984	3,373,053
17	2041	1,984	3,448,946
18	2042	1,984	3,526,548
19	2043	1,984	3,605,895
20	2044	1,984	3,687,028
...	...	...	
35	2059	1,984	5,147,853
36	2060	1,984	5,263,680
37	2061	1,984	5,382,112
38	2062	1,984	5,503,210
39	2063	1,984	5,627,032
40	2064	1,984	5,753,640
41	2065	1,984	5,883,097
42	2066	1,984	6,015,467
43	2067	1,984	6,150,815
44	2068	1,984	6,289,208
45	2069	1,984	6,430,716
46	2070	1,984	6,575,407
47	2071	1,984	6,723,353

Fuente: Elaboración propia con datos del Estudio Diagnóstico de Chihuahua (2023)

Ahorro en costos de operación (OPEX) en transporte

Según, lo establecido en el Estudio Diagnostico los costos de operación sin la estación de transferencia, el traslado de los camiones recolectores al NRSM, representa un costo de \$93,569,156.74 pesos mexicanos en oposición a lo estimado como Costos de Operación con la Estación de transferencia, que alcanza los \$60,658,571.18 pesos mexicanos. Esto representa un ahorro en costos de \$32,910,585.56 anuales.

Tabla 5.12. Ahorros en Costos de Operación

	SIN E.T.	CON E.T.
Traslado en camiones recolectores	\$ 93,569,156.74	\$ 20,116,413.39
Traslado en tractores con caja transfer	\$ -	\$ 40,542,157.79
	\$ 93,569,156.74	\$ 60,658,571.18
Ahorros en opex de transporte por año	\$ -	\$ 32,910,585.56

Reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (Dióxido de Carbono equivalente)

La cuantificación de la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) se calcula con base en la “Metodología para el cálculo de emisiones de metano y óxido nitroso provenientes del tratamiento biológico de los residuos sólidos urbanos” y la “Metodología para el cálculo de emisiones de metano provenientes de la disposición final de residuos sólidos urbanos” sustentadas en las “Directrices del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero” y se considera un precio social del carbono estimado por el Banco Mundial para América Latina. A pesar de que se podrían valorizar estas reducciones introduciéndolas al mercado internacional del carbono, este estudio sólo considerará la evaluación social de las mismas. Este proyecto considera el mismo criterio utilizado en el mercado del carbono en la que el proyecto sólo podrá generar créditos de carbono para venta si los gases del relleno sanitario son capturados, destruidos o utilizados para generar energía.

El Proyecto Integral de Residuos Sólidos del municipio de Chihuahua considera una planta de tratamiento biológico, la cual emite gases que se detallan en el Estudio Diagnóstico de Chihuahua (2023) y que las metodologías nacionales e internacionales mencionadas en el párrafo que antecede considera en su metodología el cálculo para el metano. Asimismo, el proyecto incluye un relleno sanitario con sistemas de captación de biogás para su destrucción, por lo que el proyecto podrá considerar la mitigación en la emisión de gases de efecto invernadero como un beneficio social cuantificable.

Para ello, se comparará el escenario en el que los residuos no se tratasen (tiradero a cielo abierto) y el escenario en el que se llevase a cabo el proyecto tal cual se presenta en este estudio. Para ello, utilizaremos las Metodologías para el cálculo de emisiones de gases de efecto invernadero generado por residuos sólidos urbanos en sitios de disposición final publicada por el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) en 2020. En este método se formula la hipótesis de que el componente orgánico degradable de los residuos se descompone lentamente a lo largo de unas pocas décadas, durante las cuales se forman el metano y el dióxido de carbono. Si las condiciones permanecen constantes, el índice de producción de metano depende únicamente de la cantidad de carbono restante en los residuos. De aquí resulta que las emisiones de metano generadas por los residuos dispuestos en los sitios de disposición final son las más altas durante los primeros pocos años siguientes a la eliminación y que, luego, éstas decaen a medida que el carbono degradable de los desechos es consumido por las bacterias responsables de la descomposición (IPCC, 2006). Adicionalmente, se consideraron las velocidades de degradación del Modelo Mexicano de Biogás considerando que estas contemplan los climas y temperaturas del país” (INECC, 2020).

En la siguiente tabla, se observan la totalidad de las emisiones de metano (CH₄) generadas en la hipótesis de tiradero a cielo abierto (TCA) y la totalidad de las emisiones de metano (CH₄) generadas con tratamiento biológico y relleno sanitario (RS y TB). La diferencia entre ellas representa el volumen de emisiones evitadas con el proyecto, mismas que se convertirán en CO₂ equivalente

(CO₂e), para así poder valorizarlo con los precios proporcionados por CEPAL (2019), "Precio social del carbono y la inversión pública en América Latina y el Caribe", el cual cuenta con un valor central de 64 dólares por tonelada, como valor central para tomar un escenario conservador. Y considerando la tasa de crecimiento de los precios como sigue "se aplica un precio bajo y alto, comenzando en 40 USD/Tonelada de CO₂e y 80 USD/Tonelada de CO₂e, respectivamente, en 2020, y aumentando a 50 USD/Tonelada de CO₂e y 100 USD/Tonelada de CO₂e para el 2030. Más allá de 2030, el precio aumenta a una tasa de 2.25% anual hasta 2050" (CEPAL, 2019). Asimismo, se considera el tipo de cambio promedio de los últimos 5 años (2018-2023), según el histórico del Observatorio de precios de las Naciones Unidas (UN Operational Rates of Exchange, UNORE), mismo que alcanza los 19.88 (diecinueve pesos 88/100 M.N.).

En primer lugar, como se mencionó en el párrafo anterior, el cálculo de los beneficios sociales del proyecto con respecto a las emisiones de gases invernadero se realiza comparando con la emisión de gases en la ausencia del proyecto. En este caso, según la "Metodología para el cálculo de emisiones de metano provenientes de la disposición final de residuos sólidos urbanos" disponer de los residuos (422,410.94 toneladas 2025) en tiraderos a cielo abierto generaría una cantidad 469.39 toneladas de CH₄ para 2025 (Ecuación 5 de la Metodología de INECC). La proyección anual se puede observar en la siguiente tabla:

Tabla 5.13 CH₄ generado_{i,T} (Ecuación 5) por Categoría de residuos (Ton/año) en Tiradero a Cielo Abierto

t	Año	Total de RS (Ton/año)	Comida	Jardín	Papel	Madera y paja	Textiles	Pañales	Total de CH ₄ generado (Ton/año)
0	2024	419,224.84	86.29	6.21	21.39	1.29	6.55	20.87	142.60
1	2025	422,410.94	281.42	20.76	72.57	4.39	22.21	68.05	469.39
2	2026	425,477.65	459.42	34.70	123.09	7.49	37.67	111.10	773.47
3	2027	428,421.95	621.88	48.07	172.97	10.57	52.93	150.39	1,056.81
4	2028	431,240.97	770.21	60.88	222.20	13.65	68.00	186.25	1,321.18
5	2029	433,931.91	905.69	73.15	270.77	16.71	82.86	219.02	1,568.20
6	2030	436,492.11	1,029.48	84.92	318.69	19.76	97.53	248.95	1,799.33
7	2031	438,927.74	1,142.64	96.20	365.95	22.80	111.99	276.32	2,015.89
8	2032	441,236.50	1,246.11	107.00	412.55	25.82	126.25	301.34	2,219.07
9	2033	443,416.21	1,340.76	117.35	458.48	28.84	140.30	324.23	2,409.96
10	2034	445,464.79	1,427.36	127.27	503.75	31.83	154.16	345.17	2,589.54
11	2035	447,380.29	1,506.62	136.77	548.35	34.81	167.81	364.33	2,758.68
12	2036	449,160.86	1,579.16	145.87	592.27	37.77	181.25	381.88	2,918.19
13	2037	450,804.79	1,645.56	154.58	635.52	40.72	194.48	397.93	3,068.79
14	2038	452,310.48	1,706.34	162.91	678.09	43.64	207.51	412.63	3,211.12
15	2039	453,676.46	1,761.96	170.89	719.97	46.55	220.33	426.08	3,345.78
16	2040	454,901.38	1,812.86	178.51	761.17	49.43	232.93	438.39	3,473.30
17	2041	456,002.24	1,859.41	185.80	801.68	52.30	245.33	449.65	3,594.17
18	2042	456,978.09	1,901.98	192.77	841.50	55.14	257.52	459.94	3,708.86
19	2043	457,828.07	1,940.89	199.43	880.63	57.96	269.49	469.35	3,817.75
20	2044	458,551.44	1,976.41	205.78	919.06	60.76	281.25	477.94	3,921.21
21	2045	459,147.55	2,008.82	211.85	956.80	63.53	292.80	485.78	4,019.59
22	2046	459,744.44	2,038.43	217.64	993.87	66.28	304.14	492.94	4,113.31
23	2047	460,342.11	2,065.51	223.17	1,030.27	69.01	315.29	499.49	4,202.74
24	2048	460,940.56	2,090.30	228.45	1,066.03	71.72	326.23	505.48	4,288.20
25	2049	461,539.78	2,113.02	233.49	1,101.15	74.40	336.98	510.98	4,370.01
26	2050	462,139.78	2,133.86	238.31	1,135.65	77.06	347.53	516.02	4,448.43
27	2051	462,740.56	2,153.01	242.91	1,169.54	79.70	357.90	520.65	4,523.71

28	2052	463,342.13	2,170.63	247.31	1,202.83	82.31	368.09	524.91	4,596.09
29	2053	463,944.47	2,186.86	251.52	1,235.54	84.91	378.10	528.83	4,665.76
30	2054	464,547.60	2,201.83	255.54	1,267.67	87.48	387.93	532.45	4,732.91
31	2055	465,151.51	2,215.67	259.39	1,299.24	90.03	397.60	535.80	4,797.73
32	2056	465,756.21	2,228.48	263.07	1,330.26	92.57	407.09	538.90	4,860.36
33	2057	466,361.69	2,240.37	266.59	1,360.74	95.08	416.41	541.77	4,920.96
34	2058	466,967.96	2,251.41	269.97	1,390.69	97.57	425.58	544.44	4,979.65
35	2059	467,575.02	2,261.69	273.20	1,420.11	100.04	434.58	546.93	5,036.56
36	2060	468,182.87	2,271.29	276.29	1,449.03	102.48	443.43	549.25	5,091.79
37	2061	468,791.50	2,280.27	279.25	1,477.46	104.91	452.13	551.42	5,145.45
38	2062	469,400.93	2,288.68	282.10	1,505.39	107.32	460.68	553.46	5,197.63
39	2063	470,011.15	2,296.59	284.82	1,532.84	109.71	469.08	555.37	5,248.42
40	2064	470,622.17	2,304.04	287.43	1,559.83	112.09	477.34	557.17	5,297.89
41	2065	471,233.98	2,311.07	289.94	1,586.35	114.44	485.46	558.87	5,346.13
42	2066	471,846.58	2,317.73	292.34	1,612.43	116.77	493.44	560.48	5,393.19
43	2067	472,459.98	2,324.05	294.65	1,638.06	119.09	501.28	562.01	5,439.14
44	2068	473,074.18	2,330.06	296.87	1,663.26	121.38	508.99	563.46	5,484.03
45	2069	473,689.18	2,335.80	299.00	1,688.04	123.66	516.58	564.85	5,527.92
46	2070	474,304.97	2,341.29	301.05	1,712.40	125.92	524.03	566.18	5,570.86
47	2071	474,921.57	2,346.55	303.02	1,736.35	128.16	531.36	567.45	5,612.89

Por otro lado, si se realiza el proyecto, según la “Metodología para el cálculo de emisiones de metano y óxido nitroso provenientes del tratamiento biológico de los residuos sólidos urbanos” (INECC, 2020), las emisiones de metano emitidas durante el tratamiento biológico (Ecuación 1), las cuales dependen de la masa dispuesta al tratamiento biológico (320,501.67 toneladas al año) y el factor de emisión del tratamiento biológico para el metano que en este caso asciende a 1 gramo de metano por cada kilogramo de residuos tratados ascienden a 320 toneladas de metano emitidas provenientes del tratamiento biológico para 2025 y cero (0) toneladas de óxido nitroso, en el supuesto que los mismos se quemen.

Ecuación 1. Emisiones de metano provenientes del tratamiento biológico.

$$\text{Emisiones de CH}_4 = \sum_i (M_i * EF_{\text{CH}_4,i}) * 10^{-3} - R$$

Donde:

Emisiones de CH₄ Total de las emisiones de metano durante el año de reporte (toneladas)
M_i Masa de los residuos orgánicos sometidos al tratamiento biológico i, (toneladas)
EF_{CH₄} Factor de emisión del tratamiento biológico i (g de metano/kg de residuos orgánicos tratados). Ver

Tabla 2

i Tipo de tratamiento biológico usado: composta o biodigestión anaeróbica
R Cantidad total de metano recuperado durante el año de reporte (toneladas)

Tabla 5.14 CH₄ generado_{i,T} (Ecuación 1) por Tratamiento Biológico

t	Año	RS (Tratamiento Biológico)	Emisiones de Metano	Emisiones de óxido Nitroso
		Toneladas	Ecuación 1	Ecuación 2
0	2024	318,084.23	318.08	0
1	2025	320,501.67	320.50	0
2	2026	322,828.52	322.83	0
3	2027	325,062.49	325.06	0
4	2028	327,201.40	327.20	0
5	2029	329,243.14	329.24	0
6	2030	331,185.67	331.19	0
7	2031	333,033.69	333.03	0
8	2032	334,785.45	334.79	0
9	2033	336,439.29	336.44	0
10	2034	337,993.63	337.99	0
11	2035	339,447.01	339.45	0
12	2036	340,798.01	340.80	0
13	2037	342,045.33	342.05	0
14	2038	343,187.76	343.19	0
15	2039	344,224.19	344.22	0
16	2040	345,153.59	345.15	0
17	2041	345,988.86	345.99	0
18	2042	346,729.28	346.73	0
19	2043	347,374.20	347.37	0
20	2044	347,923.05	347.92	0
21	2045	348,375.35	348.38	0
22	2046	348,828.23	348.83	0
23	2047	349,281.71	349.28	0
24	2048	349,735.78	349.74	0
25	2049	350,190.43	350.19	0
26	2050	350,645.68	350.65	0
27	2051	351,101.52	351.10	0
28	2052	351,557.95	351.56	0
29	2053	352,014.98	352.01	0
30	2054	352,472.60	352.47	0
31	2055	352,930.81	352.93	0
32	2056	353,389.62	353.39	0
33	2057	353,849.03	353.85	0
34	2058	354,309.03	354.31	0
35	2059	354,769.63	354.77	0
36	2060	355,230.83	355.23	0
37	2061	355,692.63	355.69	0
38	2062	356,155.03	356.16	0
39	2063	356,618.04	356.62	0
40	2064	357,081.64	357.08	0
41	2065	357,545.85	357.55	0
42	2066	358,010.66	358.01	0
43	2067	358,476.07	358.48	0
44	2068	358,942.09	358.94	0
45	2069	359,408.71	359.41	0
46	2070	359,875.94	359.88	0
47	2071	360,343.78	360.34	0

Asimismo, según la la “Metodología para el cálculo de emisiones de metano provenientes de la disposición final de residuos sólidos urbanos” para el tipo de sitio “Gestionado anaeróbico” disponer de 69,088.31 toneladas de residuos sólidos (2025) en el relleno sanitario considerado en el Proyecto Integral de Residuos Sólidos del municipio de Chihuahua, generaría 76.77 toneladas de metano que

crecerán exponencialmente hasta 2071 alcanzando 918 toneladas, lo cual puede observarse en la tabla siguiente:

Tabla 5.15 CH₄ generado_{j,T} (Ecuación 5) por Categoría de residuos (Ton/año) en Relleno Sanitario

t	Año	Total de RS en Relleno Sanitario (Ton/año)	Comida	Jardín	Papel	Madera y paja	Textiles	Pañales	Total de CH ₄ generado (Ton/año)
0	2024	68,567.20	17.64	1.27	4.37	0.26	1.34	4.27	29.15
1	2025	69,088.31	46.03	3.40	11.87	0.72	3.63	11.13	76.77
2	2026	69,589.89	75.14	5.68	20.13	1.22	6.16	18.17	126.51
3	2027	70,071.45	101.71	7.86	28.29	1.73	8.66	24.60	172.85
4	2028	70,532.52	125.97	9.96	36.34	2.23	11.12	30.46	216.09
5	2029	70,972.64	148.13	11.96	44.29	2.73	13.55	35.82	256.49
6	2030	71,391.38	168.38	13.89	52.12	3.23	15.95	40.72	294.29
7	2031	71,789.75	186.89	15.73	59.85	3.73	18.32	45.19	329.71
8	2032	72,167.36	203.81	17.50	67.47	4.22	20.65	49.29	362.94
9	2033	72,523.87	219.29	19.19	74.99	4.72	22.95	53.03	394.17
10	2034	72,858.93	233.46	20.82	82.39	5.21	25.21	56.45	423.54
11	2035	73,172.22	246.42	22.37	89.69	5.69	27.45	59.59	451.20
12	2036	73,463.45	258.28	23.86	96.87	6.18	29.64	62.46	477.29
13	2037	73,732.32	269.14	25.28	103.94	6.66	31.81	65.08	501.92
14	2038	73,978.59	279.08	26.65	110.91	7.14	33.94	67.49	525.20
15	2039	74,202.00	288.18	27.95	117.76	7.61	36.04	69.69	547.23
16	2040	74,402.35	296.51	29.20	124.49	8.09	38.10	71.70	568.08
17	2041	74,582.40	304.12	30.39	131.12	8.55	40.13	73.54	587.85
18	2042	74,742.01	311.08	31.53	137.63	9.02	42.12	75.23	606.61
19	2043	74,881.03	317.45	32.62	144.03	9.48	44.08	76.77	624.42
20	2044	74,999.34	323.26	33.66	150.32	9.94	46.00	78.17	641.34
21	2045	75,096.84	328.56	34.65	156.49	10.39	47.89	79.45	657.43
22	2046	75,194.47	333.40	35.60	162.55	10.84	49.75	80.62	672.76
23	2047	75,292.22	337.83	36.50	168.51	11.29	51.57	81.69	687.39
24	2048	75,390.10	341.88	37.36	174.36	11.73	53.36	82.68	701.37
25	2049	75,488.11	345.60	38.19	180.10	12.17	55.11	83.57	714.75
26	2050	75,586.24	349.01	38.98	185.74	12.60	56.84	84.40	727.57
27	2051	75,684.50	352.14	39.73	191.29	13.04	58.54	85.16	739.89
28	2052	75,782.89	355.02	40.45	196.73	13.46	60.20	85.85	751.72
29	2053	75,881.41	357.68	41.14	202.08	13.89	61.84	86.49	763.12
30	2054	75,980.06	360.12	41.80	207.34	14.31	63.45	87.09	774.10
31	2055	76,078.83	362.39	42.43	212.50	14.73	65.03	87.63	784.70
32	2056	76,177.73	364.48	43.03	217.57	15.14	66.58	88.14	794.95
33	2057	76,276.76	366.43	43.60	222.56	15.55	68.11	88.61	804.86
34	2058	76,375.92	368.23	44.16	227.46	15.96	69.61	89.05	814.46
35	2059	76,475.21	369.92	44.68	232.27	16.36	71.08	89.45	823.76
36	2060	76,574.63	371.49	45.19	237.00	16.76	72.53	89.83	832.80
37	2061	76,674.18	372.95	45.67	241.65	17.16	73.95	90.19	841.57
38	2062	76,773.85	374.33	46.14	246.22	17.55	75.35	90.52	850.11
39	2063	76,873.66	375.62	46.58	250.71	17.94	76.72	90.83	858.42
40	2064	76,973.60	376.84	47.01	255.12	18.33	78.07	91.13	866.51
41	2065	77,073.66	377.99	47.42	259.46	18.72	79.40	91.41	874.40
42	2066	77,173.86	379.08	47.81	263.72	19.10	80.71	91.67	882.09
43	2067	77,274.18	380.12	48.19	267.92	19.48	81.99	91.92	889.61
44	2068	77,374.64	381.10	48.56	272.04	19.85	83.25	92.16	896.95
45	2069	77,475.23	382.04	48.90	276.09	20.23	84.49	92.39	904.13
46	2070	77,575.94	382.93	49.24	280.07	20.59	85.71	92.60	911.15
47	2071	77,676.79	383.79	49.56	283.99	20.96	86.91	92.81	918.03

Habiendo calculado las emisiones correspondientes a cada uno de los tratamientos de nuestro interés, ahora podemos continuar con el cálculo de las diferencias entre ambos escenarios. Como se puede observar en la Tabla siguiente, como lo determina la Ecuación 3 de la Metodología, el total de las emisiones de metano del TCA ascienden a 183,094.63 toneladas en el horizonte del proyecto, y la suma de los dos tratamientos con el desarrollo del proyecto (relleno sanitario y tratamiento biológico) asciende a un total de 46,578.32 toneladas de metano emitidas, lo que da como resultado un volumen de 136,516.31 toneladas de metano evitadas.

Tabla 5.16 Emisiones de CH₄ evitadas con Proyecto

t	Año	CH ₄ generado en TCA (Ton/año)	CH ₄ generado en Relleno Sanitario (Ton/año)	CH ₄ generado en Tratamiento Biológico (Ton/año)	CH ₄ generado con Proyecto (Ton/año)	CH ₄ evitado (Ton/año)
		A	B	C	B+C	B+C-A
0	2024	142.60	29.15	318.08	347.24	- 204.64
1	2025	469.39	76.77	320.50	397.27	72.12
2	2026	773.47	126.51	322.83	449.34	324.14
3	2027	1,056.81	172.85	325.06	497.91	558.90
4	2028	1,321.18	216.09	327.20	543.29	777.89
5	2029	1,568.20	256.49	329.24	585.73	982.47
6	2030	1,799.33	294.29	331.19	625.48	1,173.85
7	2031	2,015.89	329.71	333.03	662.75	1,353.14
8	2032	2,219.07	362.94	334.79	697.73	1,521.34
9	2033	2,409.96	394.17	336.44	730.61	1,679.36
10	2034	2,589.54	423.54	337.99	761.53	1,828.01
11	2035	2,758.68	451.20	339.45	790.65	1,968.03
12	2036	2,918.19	477.29	340.80	818.09	2,100.10
13	2037	3,068.79	501.92	342.05	843.97	2,224.82
14	2038	3,211.12	525.20	343.19	868.39	2,342.73
15	2039	3,345.78	547.23	344.22	891.45	2,454.33
16	2040	3,473.30	568.08	345.15	913.24	2,560.06
17	2041	3,594.17	587.85	345.99	933.84	2,660.33
18	2042	3,708.86	606.61	346.73	953.34	2,755.52
19	2043	3,817.75	624.42	347.37	971.79	2,845.95
20	2044	3,921.21	641.34	347.92	989.27	2,931.95
21	2045	4,019.59	657.43	348.38	1,005.81	3,013.78
22	2046	4,113.31	672.76	348.83	1,021.59	3,091.72
23	2047	4,202.74	687.39	349.28	1,036.67	3,166.07
24	2048	4,288.20	701.37	349.74	1,051.10	3,237.10
25	2049	4,370.01	714.75	350.19	1,064.94	3,305.07
26	2050	4,448.43	727.57	350.65	1,078.22	3,370.21

t	Año	CH ₄ generado en TCA (Ton/año)	CH ₄ generado en Relleno Sanitario (Ton/año)	CH ₄ generado en Tratamiento Biológico (Ton/año)	CH ₄ generado con Proyecto (Ton/año)	CH ₄ evitado (Ton/año)
27	2051	4,523.71	739.89	351.10	1,090.99	3,432.73
28	2052	4,596.09	751.72	351.56	1,103.28	3,492.81
29	2053	4,665.76	763.12	352.01	1,115.13	3,550.62
30	2054	4,732.91	774.10	352.47	1,126.57	3,606.34
31	2055	4,797.73	784.70	352.93	1,137.63	3,660.10
32	2056	4,860.36	794.95	353.39	1,148.34	3,712.03
33	2057	4,920.96	804.86	353.85	1,158.71	3,762.25
34	2058	4,979.65	814.46	354.31	1,168.77	3,810.88
35	2059	5,036.56	823.76	354.77	1,178.53	3,858.02
36	2060	5,091.79	832.80	355.23	1,188.03	3,903.76
37	2061	5,145.45	841.57	355.69	1,197.27	3,948.18
38	2062	5,197.63	850.11	356.16	1,206.26	3,991.37
39	2063	5,248.42	858.42	356.62	1,215.03	4,033.38
40	2064	5,297.89	866.51	357.08	1,223.59	4,074.30
41	2065	5,346.13	874.40	357.55	1,231.94	4,114.19
42	2066	5,393.19	882.09	358.01	1,240.11	4,153.09
43	2067	5,439.14	889.61	358.48	1,248.09	4,191.05
44	2068	5,484.03	896.95	358.94	1,255.89	4,228.14
45	2069	5,527.92	904.13	359.41	1,263.54	4,264.38
46	2070	5,570.86	911.15	359.88	1,271.03	4,299.83
47	2071	5,612.89	918.03	360.34	1,278.37	4,334.52
Total		183,094.63	29,952.26	16,626.06	46,578.32	136,516.31

Finalmente, para la cuantificación y valorización de las emisiones evitadas, la cantidad en metano se convertirá en unidades de dióxido de carbono equivalente (CO₂e), para ello, siguiendo la metodología citada, Ecuación 11, las emisiones calculadas se deben multiplicar por el Potencial de Calentamiento global de metano (PCG_{CH₄}) establecido en el “Acuerdo que establece los gases o compuestos de efecto invernadero que se agrupan para efectos de reporte de emisiones, así como sus potenciales de calentamiento” publicado en el Diario Oficial de la Federación el 14 de agosto de 2015, el cual asciende a 28. Así, se obtiene que en el horizonte de evaluación las emisiones de metano evitadas en CO₂ equivalente ascienden a un total de 3,822,456.68 toneladas que valorizadas con los precios sociales del carbono proporcionado por la CEPAL (2019) en su estudio “Precio social del carbono y la inversión pública en América Latina y el Caribe” ascienden a un promedio de 192 millones de pesos anuales que serán considerados como los beneficios sociales de las misiones de metano evitadas con la realización del proyecto.

Tabla 5.17 Valorización de las Emisiones de CH₄ evitadas con Proyecto

t	Año	CH ₄ evitado (Ton/año)	Emisiones de metano evitadas en CO ₂ equivalente (Ton/año)	Valorización de CO ₂ equivalente MXN
		B+C-A	D	D*PrecioBonoMXN
0	2024	-204.64	- 5,729.92	-7,290,291.81
1	2025	72.12	2,019.36	2,609,416.99
2	2026	324.14	9,075.92	11,908,333.11
3	2027	558.9	15,649.20	20,844,108.43
4	2028	777.89	21,780.92	29,444,318.89
5	2029	982.47	27,509.16	37,734,864.96
6	2030	1,173.85	32,867.80	45,738,830.48
7	2031	1,353.14	37,887.92	53,911,138.14
8	2032	1,521.34	42,597.52	61,976,260.58
9	2033	1,679.36	47,022.08	69,952,977.74
10	2034	1,828.01	51,184.28	77,858,186.78
11	2035	1,968.03	55,104.84	85,707,879.27
12	2036	2,100.10	58,802.80	93,517,379.00
13	2037	2,224.82	62,294.96	101,300,257.22
14	2038	2,342.73	65,596.44	109,068,973.00
15	2039	2,454.33	68,721.24	116,835,617.29
16	2040	2,560.06	71,681.68	124,610,822.38
17	2041	2,660.33	74,489.24	132,405,018.65
18	2042	2,755.52	77,154.56	140,228,348.45
19	2043	2,845.95	79,686.60	148,089,011.44
20	2044	2,931.95	82,094.60	155,996,712.02
21	2045	3,013.78	84,385.84	163,958,428.89
22	2046	3,091.72	86,568.16	171,983,060.72
23	2047	3,166.07	88,649.96	180,081,602.88
24	2048	3,237.10	90,638.80	188,264,427.26
25	2049	3,305.07	92,541.96	196,542,343.64
26	2050	3,370.21	94,365.88	204,925,379.44
27	2051	3,432.73	96,116.44	213,423,258.92
28	2052	3,492.81	97,798.68	222,044,684.00
29	2053	3,550.62	99,417.36	230,798,472.45
30	2054	3,606.34	100,977.52	239,694,859.71
31	2055	3,660.10	102,482.80	248,741,540.47
32	2056	3,712.03	103,936.84	257,946,810.69
33	2057	3,762.25	105,343.00	267,318,892.16
34	2058	3,810.88	106,704.64	276,866,615.64
35	2059	3,858.02	108,024.56	286,597,969.93
36	2060	3,903.76	109,305.28	296,520,730.62
37	2061	3,948.18	110,549.04	306,642,405.18

t	Año	CH ₄ evitado (Ton/año)	Emisiones de metano evitadas en CO ₂ equivalente (Ton/año)	Valorización de CO ₂ equivalente MXN
38	2062	3,991.37	111,758.36	316,971,761.91
39	2063	4,033.38	112,934.64	327,514,884.68
40	2064	4,074.30	114,080.40	338,281,480.36
41	2065	4,114.19	115,197.32	349,279,325.30
42	2066	4,153.09	116,286.52	360,514,879.91
43	2067	4,191.05	117,349.40	371,995,777.82
44	2068	4,228.14	118,387.92	383,731,847.19
45	2069	4,264.38	119,402.64	395,728,837.94
46	2070	4,299.83	120,395.24	407,996,468.57
47	2071	4,334.52	121,366.56	420,542,068.44
Total		136,516.31	3,822,456.68	9,237,356,977.71

Cálculo de los indicadores de rentabilidad

5.18. Indicadores de Rentabilidad

Indicadores	Valor
Valor Presente Neto (VPN)	\$1,802,505,102
Tasa interna de retorno (TIR)	22.50%
Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI)	21.52%

Como se puede apreciar en la tabla anterior, el Proyecto tienen un impacto positivo ya que genera mayores beneficios sociales que costos.

Análisis de sensibilidad

En el análisis de sensibilidad se presentan los escenarios bajo los cuales se puede desarrollar el proyecto presentando cambios en las variables más susceptibles a tener variaciones importantes con respecto a las presentadas en las estimaciones de este proyecto. Dado que las estimaciones pueden variar una vez que el proyecto se ejecute, el análisis de sensibilidad es esencial para identificar la elasticidad en su rentabilidad social y tener referencias de cuando esto puede comenzar a ser una alerta. En este análisis se consideraron diferentes porcentajes en el aumento y disminuciones en tres variables principalmente: monto de inversión, costos de operación y mantenimiento, y beneficios. Los efectos de estos cambios se miden sobre los indicadores de rentabilidad del proyecto de inversión: el VPN y la TIR.

El primer escenario corresponde a los posibles cambios en el monto de inversión considerando variaciones en la inversión inicial que corresponde a 1,220.6 mdp. Con base en ello se encontró que el proyecto de Chihuahua deja de ser socialmente rentable cuando el monto de inversión se ve incrementado en **210%**, es decir que es en este punto cuando la tasa interna de retorno es igual a la tasa social de descuento y el VPN es cero. Un incremento mayor llevará a una TIR menor que la tasa social de descuento y los costos superarán los beneficios, haciéndolo socioeconómicamente no viable.

5.19. Sensibilidad Monto de Inversión

Variación	Inversión	VPN	TIR
-30.00%	\$854,451,815	\$2,172,828,207.59	32.08%
-15.00%	\$1,037,548,633	\$2,014,334,112.37	27%
0.00%	\$1,220,645,451	\$1,855,840,017.16	24%
30.00%	\$1,586,839,086	\$1,538,851,826.72	19%
55.00%	\$1,892,000,449	\$1,274,695,001.36	16%
210.00%	\$3,784,000,897	-\$363,077,315.90	9%

Por otro lado, en el análisis de los escenarios donde los costos de operación y mantenimiento incrementan y disminuyen, se identificó que dichos costos pueden incrementar su valor hasta un **123%**, que es el punto de inflexión, donde el VPN es igual a cero y la TIR igual a la tasa social de descuento.

5.20. Sensibilidad Costos de Mantenimiento y Operación

Variación	Costo Anual de Operación y Mantenimiento (promedio)	VPN	TIR
-30.00%	\$109,678,080	\$2,316,764,357.35	28%
-20.00%	\$125,346,377	\$2,101,828,081.33	25%
-10.00%	\$141,014,675	\$1,952,166,591.60	24%
0.00%	\$156,682,972	\$1,802,505,101.87	23%
20.00%	\$188,019,566	\$1,503,182,122.41	20%
50.00%	\$235,024,458	\$1,054,197,653.22	17%
123.00%	\$349,403,027	-\$38,331,221.82	10%

Finalmente, los precios de mercado para los materiales reciclables podrían variar, podría haber cambios en las cantidades demandadas por el mercado y resultar en menores ventas. De igual forma, los bonos de carbono dependen del precio de mercado y el tipo de cambio o incluso del

mercado de compensaciones donde se realice la transacción. Por ello, la siguiente proyección en cambios en los beneficios del proyecto es de gran importancia. Se realizó un análisis de sensibilidad para el cambio de los beneficios totales. El análisis de sensibilidad indica que los beneficios podrían tener una variación negativa (disminuir) de hasta un **40.5%** para alcanzar una TIR del 10%, o lo que es igual, para que el VPN sea igual a cero.

5.21 Sensibilidad Beneficios

Variación	Beneficios Anuales (promedio)	VPN	TIR
-41.80%	\$361,232,723	-\$118,959,484.53	9.2%
-40.50%	\$369,301,496	-\$59,201,016.54	9.6%
-25.00%	\$465,506,087	\$653,303,794.21	14.5%
5.00%	\$651,708,522	\$2,032,345,363.40	24.1%
10.00%	\$682,742,261	\$2,262,185,624.93	25.7%

Análisis de Riesgos

Tabla 5.22. Análisis de Riesgos

Inversión	Riesgo	Medidas de Mitigación
Inversión en Infraestructura	Sobrecostos	Se deberá de ajustar a los montos previstos en el presupuesto
	Retrasos	Se trabajará con un cronograma de obra, y este se ajustará para cumplir con las fechas de entrega de proyecto
	Interferencia parcial o total de los servicios	Se deberá de contar con seguros por responsabilidad civil y daños a terceros
	Afectaciones por el clima	El proyecto deberá contemplar un cronograma con acciones correctivas para sobreponerse a retrasos.
Inversión en Equipo	Elección de equipo inadecuado	Se cotiza el equipo más reciente y en mejores condiciones, ideal para el tratamiento y manejo de residuos
	Mala Operación de los equipos	Se deberá de contar con personal capacitado e implementar programas de capacitación continuos
	Riesgo en la rotación del Recurso Humano	Se manejarán bonos de productividad para motivar a los trabajadores
	Riesgo en la rotación del Recurso Humano	Se trabajará en un ambiente laboral sano
Inversión en Básculas	Pesos erróneos al paso del tiempo	Se considera manejar un programa de calibración y verificación que brinde seguridad del pesaje correcto para la empresa y los clientes

Tabla 5.22. Análisis de Riesgos

Inversión	Riesgo	Medidas de Mitigación
Inversión en Clausuras de Celdas	Retrasos y Sobrecostos	Se deberá de ajustar a los montos previstos en el presupuesto
	Retrasos y Sobrecostos	Se deberá de contar con una supervisión que verifique la buena ejecución del Proyecto
	Posesión y Permisos	Se deberá de contar con una lista detallada de los permisos y licencias requeridos, así como el responsable de obtener los mismos.
	Posesión y Permisos	Los terrenos cuentan con uso de suelo, para disposición final de residuos

6. Conclusiones y Recomendaciones

Conforme a lo que se ha visto en los apartados anteriores, el Proyecto de Gestión Integral de Residuos para el Municipio de Chihuahua, ayudará al Municipio a ser más eficiente en la transferencia, separación y valorización de los Residuos.

Adicionalmente, al disminuir la cantidad de materia orgánica confinada se disminuye la propagación de gases efecto invernadero, lo cual incrementa el impacto positivo del Proyecto al ambiente, así mismo al promover el reciclaje se impulsa la economía circular haciendo de éste un Proyecto sostenible y sustentable en el tiempo.

Por otra parte, con base en los resultados de la evaluación socioeconómica de este proyecto podemos ver que los beneficios esperados del mismo sobre pasan los costos de inversión, de operación y de mantenimiento del mismo, lo cual demuestra la rentabilidad socioeconómica del mismo.

Tabla 6.1. Conclusiones

Indicadores de Rentabilidad	
VPN	\$1,802,505,102
TIR	22.50%
TRI	21.52%

Fuente: Elaboración Propia

Por tanto, se considera un proyecto rentable y viable de llevarse a cabo.

7. Bibliografía

CEPAL (2019). *Precio social del carbono y la inversión pública en América Latina y el Caribe*.

Consejo Nacional de Población (2000), Proyecciones de la Población de los municipios de México, 2015-2030, México, CONAPO, en: <https://datos.gob.mx/busca/dataset/proyecciones-de-la-poblacion-de-mexico-y-de-las-entidades-federativas-2016-2050/resource/a5d667f2-7e94-4472-8691-97156f40adc5>

Chihuahua (2023). *Estudio Diagnóstico, Generación y Composición de los Residuos de Chihuahua*.

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, 2020, Martínez Arroyo A., Ruíz Suárez L.G., Gavilán García A., Mendoza Cantú A., Ramírez Muñoz T. *Metodología para el cálculo de emisiones de gases de efecto invernadero generadas por residuos sólidos urbanos en sitios de disposición final*.

Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC (2006). *Directrices para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero*.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2020). *Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos*.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2012). *El Medio Ambiente en México 2013-2014*, México, SEMARNAT en: https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe_resumen14/00_mensajes/00_intro.html

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2004). *Norma Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003, Especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial*.

Suprareciclaje (2023) en <https://suprareciclaje.com/>

Takada, H. y Bell, L. (2021). *Los peligros de la gestión de residuos plásticos*. Red Internacional de Eliminación de Contaminantes (IPEN).

Universidad Autónoma de Chihuahua (2022). *Evaluación de la situación actual y plan de clausura del relleno sanitario actual del municipio de Chihuahua*.

UN Operational Rates of Exchange (UNORE), 2023, Naciones Unidas en: <https://treasury.un.org/operationalrates/default.php>