

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL  
FACULTAD REGIONAL LA RIOJA**

**MAESTRIA EN INGENIERÍA AMBIENTAL**

**GESTION DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS**

**DEPARTAMENTO ARAUCO – LA RIOJA**



**Ing. Claudia N. Quintero**

**AÑO 2019**



Quintero, Claudia N.  
Gestión de residuos sólidos urbanos Departamento Arauco-La Rioja  
/ Claudia N. Quintero ; editado por Marcela Inés Vega. - 1a ed revisada. - La  
Rioja : Suyay, 2022.

Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga y online

ISBN 978-987-48010-7-4

1. Ingeniería Ambiental. I. Vega, Marcela Inés, ed. II. Título.

CDD 363.7285

ISBN 978-987-48010-7-4



## TABLA DE CONTENIDO

1. Introducción.....	6
2. Objetivos del Trabajo: .....	7
3. Datos Generales: .....	7
4. Cuantificación de la Generación de RSU .....	13
5. Selección del Método de Relleno Sanitario. ....	30
6. Conclusiones en relación con el módulo de gestión de RSU. ....	38
7. Bibliografía .....	39

## INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. UBICACIÓN DEL DEPARTAMENTO ARAUCO .....	7
FIGURA 2. IMAGEN SATELITAL DEPARTAMENTO ARAUCO .....	8
FIGURA 3. UBICACIÓN DE 5 SITIOS DE DISPOSICIÓN FINAL DE RSU .....	18
FIGURA 4. UBICACIÓN DE 5 SITIOS Y ZONAS CON BOSQUES NATIVOS.....	19
FIGURA 5. MAPA CON CAUCES PERMANENTES.....	19
FIGURA 6. SITIO 1- VERTEDERO ACTUAL DE DISPOSICIÓN FINAL .....	22
FIGURA 7. SITIO 1-ENTRADA AL VERTEDERO DE RSU Y VISTA DE PLANTA DE RECICLAJE .....	22
FIGURA 8. SITIO 1- RSU EN VERTEDERO.....	22
FIGURA 9. SITIO 1- ACOPIO Y QUEMA DE RSU.....	23
FIGURA 10. SITIO 1- DESCARGA DE EMPRESAS PRIVADAS.....	23
FIGURA 11. SITIO 1-RSU DISPERSOS EN CAMINO DE ACCESO A VERTEDERO .....	23
FIGURA 12. CAMIONES RECOLECTORES DEL MUNICIPIO DE AIMOGASTA .....	24
FIGURA 13. CAMINO DE ACCESO AL SITIO 3 DESDE LA RN 60.....	25
FIGURA 14. IMÁGENES DEL BASURAL CLANDESTINO EN SITIO 3.....	25
FIGURA 15. PLANILLA PARA EVALUACIÓN SITIO 2 .....	27
FIGURA 16. PLANILLA PARA EVALUACIÓN SITIO 3.....	28
FIGURA 17. RELLENO SANITARIO POR TRINCHERA O ZANJA .....	30

## INDICE DE TABLAS

TABLA 1. POBLACIÓN SEGÚN CENSO 2010 .....	10
TABLA 2. PORCENTAJE DE LA POBLACIÓN EN VIVIENDAS PARTICULARES SEGÚN PRESENCIA DE SERVICIOS EN EL SEGMENTO – CENSO 2010.....	10
TABLA 3. POBLACIÓN PARA EL AÑO 2019.....	14
TABLA 4. POBLACIÓN PARA EL AÑO 2024.....	14
TABLA 5. RESUMEN DE CANTIDAD DE RSU-2019-2024 .....	31
TABLA 6. RESUMEN DE VOLUMEN DE RSU PARA LOS 5 AÑOS .....	31
TABLA 7. RESUMEN DE ÁREA REQUERIDA PARA ZANJA PARA CADA AÑO .....	32

## 1. Introducción

Entre las problemáticas ambientales más destacadas se encuentra la generación de RSU, y cuya situación que se ha agravado por el aumento en la producción de residuos registrada en los últimos años. Asociado a esto tenemos el problema derivado de los basurales a cielo abierto que constituyen un foco constante de contaminación ambiental que afecta especialmente al suelo y el aire, y representan un riesgo sanitario para las poblaciones aledañas.

En Argentina el manejo de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) está regulado por la Ley N°25.916 de Gestión de Residuos Domiciliarios y cuyo objetivo es lograr un adecuado y racional manejo de los desechos, revalorizando y reduciendo el volumen del material.

La gestión integral de los RSU comprende distintas etapas como: la generación, la recolección, el transporte, el tratamiento, el reciclado y la disposición final. Recayendo en los gobiernos Municipales la responsabilidad de su gestión y aplicación.

En 2015 la generación de RSU en Argentina fue de 1,02 kg per cápita en promedio, y debido a la gran extensión y distribución disímil de sus habitantes es difícil en muchos casos tratar de implementar soluciones integrales homogéneas en la gestión de residuos y es necesario para cada municipio enfocar soluciones particulares.

La Rioja en generación de residuos, y según datos de 2017 del Ministerio de Ambiente de Nación, nuestra provincia produce 0,71 kg de basura diaria por habitante (o sea unos 710 gramos por persona por día). El Censo 2010 estableció que la cobertura del servicio de recolección de residuos era del 86,9% de la población de zona urbana, por lo que la población restante gestiona sus residuos de forma irregular, generando micro y macro basurales o incineraciones a cielo abierto.

Como parte del Módulo Seminario Residuos Sólidos Urbanos, el presente trabajo tiene como esencia efectuar un diagnóstico y proponer una solución en lo que respecta a la gestión integral de los residuos sólidos urbanos con énfasis en las etapas de tratamiento y disposición final, para la ciudad de Aimogasta, departamento Arauco en la provincia de La Rioja.

En el cual para la solución propuesta se tomaron en cuenta distintas alternativas y de acuerdo con las condiciones del entorno existentes en la actualidad y previendo las necesidades futuras de acuerdo con las proyecciones de generación en función del crecimiento poblacional.

## 2. Objetivos del Trabajo:

- Elaborar una propuesta de tratamiento y disposición final de RSU para la ciudad de Aimogasta, departamento Arauco.
- Identificar terrenos aptos para la localización de un sitio para disposición final de RSU en la localidad de Aimogasta, departamento Arauco.

## 3. Datos Generales:

- Ambientales: Descripción de la localidad o departamento elegido, incluyendo características geográficas, fisiográficas, climatológicas, hidrográficas, de vegetación y de suelos y otras que considere necesarias.

### AMBIENTALES

Caracterización General del Dpto. Arauco

#### - **Ubicación Geográfica:**

El Dpto. Arauco se ubica al Norte de la Provincia de La Rioja (N.O. de la República Argentina) en su región occidental - montañosa, y tiene una superficie total de 1.992 km<sup>2</sup> (Fuente I.G.N.), colinda al noreste con la Provincia de Catamarca, al sudeste con el Departamento Capital, al oeste con los Dptos. Castro Barros y San Blas de los Sauces. La cabecera departamental es la ciudad de Aimogasta, cuya localización es: latitud sur 28°33'36", longitud oeste 66°48'38" y altura promedio sobre el nivel del mar de 830 m. (figura 1 y 2)



Figura 1. Ubicación del departamento Arauco



Figura 2. Imagen satelital departamento Arauco

– **Clima, Flora y Fauna**

El departamento Arauco posee un clima árido, con muy escasas precipitaciones y heladas, inviernos templados y veranos de elevadas temperaturas. La flora incluye las variedades adaptadas al clima. Entre las especies arbóreas se encuentran el algarrobo, el retamo y el chañar. La fauna silvestre propia del lugar incluye, entre otros, venados, vizcachas, zorros, liebres, quirquinchos y esporádicamente puede observarse algún puma. Entre las aves se pueden observar chimangos, caranchos, buitres, jotes, pavas de monte, teros, torcacitas, loros barranqueros, horneros, jilgueros, golondrinas, cardenales, tordos, rey del bosque, picaflores y gorriones entre otras. En el departamento se pueden encontrar algunos reptiles como las iguanas coloradas y ofidios como lampalaguas, yararás, falsa coral y otras culebras menores.

– **Relieve, Orografía, Hidrografía y Suelo**

El relieve del Departamento Arauco presenta un paisaje de sierras y planicies alternadas. Las Sierras se integran al Cordón del Velazco, una de las principales manifestaciones orográficas de la provincia. Este se presenta en sistemas serranos separados por valles, campos, o bolsones, es largo y angosto, se manifiesta de norte a sur, y está formado por rocas graníticas y metamórficas de la era Precámbrica (plegamiento andino).

Se inicia en la Sierra de Fiambalá, y termina en los Llanos de Patquía, a 16 km de esa localidad. Pero si lo observamos con rumbo contrario (sur-norte) presenta la forma de "Y" asimétrica, pues desde Patquía llega a La Rioja (Ciudad Capital) y desde allí se abre en dos ramas: la occidental que termina en la localidad de Alpasinche

(Departamento San Blas de los Sauces), siendo sus máximas alturas los Cerros: "Melao" de 4240 m. y "Cotao" de 4275m; mientras que la rama oriental termina precisamente en la "Puerta de Arauco", alcanzando la mayor altura en el Cerro "El Manzano" de 2500 m., luego esta sierra se abre con sentido noreste con las Sierras de Mazan, estas forman el Río Abaucán - Salado o Colorado, la Quebrada de Mazán , lugar de óptimas condiciones para el turismo por su apacible belleza y clima durante todo el año.

El Río Salado (Abaucán o Colorado) es un río interprovincial que nace en las cercanías cordilleranas de la provincia de Catamarca, atraviesa el noreste del Departamento Arauco y pasa a desaguar en el Departamento Capital. Es alimentado por deshielos y vertientes cordilleranas, tiene caudales constantes no esporádicos, que nunca alcanzan los 80 m<sup>3</sup>/s.

Uno de los aprovechamientos del agua subterránea de óptima calidad, se realiza en las colonias agrícolas de Bañados de los Pantanos.

En cuanto a los suelos diremos que en Arauco son de tipo entisoles (suelos castaños), son de incipientes desarrollos sobre materiales de acarreo por el viento, el agua y la gravedad. En parte son arenosos y pedregosos; en otras como en la zona de Bañados de los Pantanos, Mazán - Tinocán son arcillosos, o como en las cercanías del Río Aimogasta y parte de Bañados de los Pantanos presentan algunos procesos de salinización. Luego, teniendo en cuenta que la calidad de los mismos varía con el tiempo y la acción humana decimos que los suelos arauqueños son más bien productivos, y prueba de esto son los grandes emprendimientos agrícolas implantados en el Departamento.

#### - **Educación y Salud**

El Dpto. cuenta con establecimientos educativos según nivel y modalidad, los datos año 2017 son los siguientes: 13 establecimientos nivel inicial modalidad común, 14 de nivel primario, 5 de nivel secundario, 2 de nivel superior y 2 de educación especial. Y una sede de la Universidad Nacional de La Rioja. -

El Dpto. pertenece a la Zona Sanitaria II de la Provincia con 1 hospital zonal y 6 centros primarios de salud. Según datos en el año 2017 se tuvo una tasa promedio de natalidad del 17% y una tasa promedio de mortalidad del 13,2%.

- **Saneamiento Básico**

Según los últimos datos censales en el Dpto. Arauco, el 85,40% de la población total está abastecida con servicio de agua por red pública. Un 14% de la población del Dpto. cuenta con servicios por red de desagües cloacales.

Los habitantes sin provisión de los servicios por red pública, tanto de abastecimiento de agua como de descarga de desagües cloacales, debe recurrir a otros métodos o sistemas, que no siempre cumplen las condiciones mínimas de seguridad sanitaria.

- **Turismo**

En Aimogasta a 3 Km del centro urbano y en el Distrito Arauco está plantado el olivo más antiguo del país, traído por los españoles a mediados del siglo XVIII, declarado Monumento Histórico Nacional. Entre las Sierras de Mazán se encuentra Termas de Santa Teresita, fuentes de aguas termales de excelentes propiedades terapéuticas. En Bañados de Los Pantanos, un yacimiento arqueológico rico en alfarería indígena observándose vestigios de un fuerte español construido en el siglo XVII.

- **Demográficos: Población Actual, Tasa de Crecimiento, Etc.**

Es la 4ª área urbana provincial con 12.249 habitantes (INDEC, 2010), incluyendo Machigasta en un distrito aparte, Bañados de Los Pantanos, Arauco (distrito que le da el nombre al departamento), Udpinango, el Distrito Mazán y San Antonio, y el 3º de los municipios en orden a su población, luego del Municipio de la Capital Riojana y Chilecito.

Tabla 1. Población según Censo 2010

	CENSOS							
	1914	1947	1960	1970	1980	1991	2001	2010
Total Departamento	3.437	4.939	6.514	6.755	8.456	11.173	13.720	15.418
Aimogasta	947	330	2.721	4.134	4.640	6.384	10.418	12.249

Fuente: Censos Nacionales de Población, Hogares y Viviendas

Tabla 2. Porcentaje de la población en viviendas particulares según presencia de servicios en el segmento – Censo 2010

Servicios	%
Recolección de residuos <sup>(1)</sup>	89,6
Transporte público <sup>(2)</sup>	13,1
Teléfono público, semipúblico o locutorio <sup>(3)</sup>	28,9
Pavimento <sup>(4)</sup>	59,7
Boca de tormenta o alcantarilla <sup>(5)</sup>	9,6
Alumbrado público	98,5

(1) Refiere a la existencia en el segmento de servicio regular de recolección de residuos (al menos 2 veces por semana).

(2) Refiere a la existencia de transporte público a menos de 300 metros.

(3) Refiere a la existencia en el segmento de teléfono público, semipúblico o locutorio a menos de 300 metros.

(4) Refiere a la existencia en el segmento de al menos una cuadra pavimentada.

(5) Refiere a la existencia de al menos una boca de tormenta o alcantarilla.

Nota: el segmento de hogares es una unidad de relevamiento censal, que representa el área que se le asignó como carga de trabajo a cada censista el día del operativo.

Fuente: Censo Nacional de Hogares, Población y Viviendas 2010.

#### – ***Económicos: las principales actividades económicas.***

La economía del departamento Arauco está organizada básicamente en torno a la olivicultura. La ganadería es especialmente caprina y en mucha menor medida bovina y ovina. La agricultura se desarrolla exclusivamente en las áreas donde existe riego. Las actividades relacionadas con la prestación de servicios turísticos, alojamiento y gastronomía tienen un gran potencial, aunque hasta el año 2015 su desarrollo era incipiente. Según lo informado por el área, en el año 2011 el departamento sólo contaba con tres establecimientos y dos extras hoteleros.

Olivos: Según algunas fuentes, los primeros olivos llegados a la Argentina fueron plantados en la región de lo que hoy es el departamento de Arauco hacia mitad del siglo XVI. De esta circunstancia toma su nombre la variedad Arauco, única variedad argentina reconocida por Consejo Oleícola Internacional. Según se desprende de un informe producido por el INTA hacia el año 2010, eran bajo riego el 90% de las superficies cultivadas en la Argentina.

Jojoba: Dentro del ítem "Cultivos industriales" se destaca la producción de jojoba. Resulta destacable el hecho de que, a pesar de que se trata de una producción no tradicional y los primeros ensayos se realizaron hacia fines de la década de 1970, la Argentina es desde el año 2006 el primer productor y exportador mundial de jojoba. La provincia con más desarrollo de esta producción es La Rioja y el emprendimiento más importante se encuentra en Aimogasta, con la peculiaridad de que en la región hay 700 Has implantadas bajo riego.

Riego agrícola y energía: Hacia el año 2010, el departamento de Arauco presentaba un consumo anual de energía eléctrica de 86.320.492 kWh, del cual casi el 50%, (41.729.122 kWh), correspondía a riego agrícola.

Otra de las actividades desarrolladas es la creación del Parque Eólico de Arauco, inaugurado en mayo de 2011. Arauco I se trata de un conjunto de 12 aerogeneradores que producen un total de 25 MWh, instalado a unos 20 km hacia el sur de la localidad de Aimogasta. Y actualmente está desarrollando el parque eólico Arauco 2, Etapa 5 y 6.

Con una producción anual de 40 mil kilos de granos obtenidos de 400 hectáreas, Bañados de Los Pantanos - Arauco, La Rioja - es el mayor polo productivo de comino del país. “Con precipitaciones anuales de 70 milímetros obtenemos en esta zona una de las variedades de comino catalogadas como la mejor del país”, según informe del INTA Aimogasta.

– **Legales: Nacionales, Provinciales y Municipales.**

- Ley N°25675 General del Ambiente que Establece los Presupuestos Mínimos para el Logro de una Gestión Sustentable y Adecuada del Ambiente, la Preservación y Protección de la Diversidad Biológica y La Implementación del Desarrollo Sustentable.
- Ley N°25916 de presupuestos mínimos para la Gestión Integral de RSU (GIRSU).
- Ley Provincial N°7801 Ley Provincial de Medio Ambiente.
- Ley Provincial N°9711 Sancionada 01/09/2015 - Las Categorías de Conservación de los Bosques Nativos.
- Ley N°6843 Ley Orgánica Municipal Transitoria Pub. B.O. 11/01/2000.
- Ley Orgánica Municipal Transitoria Ley N°6843.

#### 4. Cuantificación de la Generación de RSU

##### - Área de Estudio Aimogasta

##### **Actividad Principal de la Población en Estudio**

La actividad principal de la población en la zona de estudio tiene un neto corte agrícola - industrial. -

La agricultura bajo riego se lleva a cabo en dos áreas bien diferenciadas: Un área "tradicional", caracterizada por el uso del agua de superficial, basada en el cultivo tradicional del olivo y riego por inundación. Por otro lado, un área "moderna", que se destaca por la diversificación de cultivos y la tecnología aplicada de última generación con uso de agua subterránea (riego por goteo, microaspersión, etc.), donde se desarrollan cultivos como jojoba, uva de mesa para exportación, olivo y otros. -

Las industrias se dedican a la elaboración e introducción al mercado interno de la aceituna y el aceite de oliva y/o la exportación de los mismos. También la elaboración de aceite de jojoba y el empaque de uva de mesa para exportación. -

##### - Cálculo de la Población para Año 2019- 2024

Para la determinación de la población actual de Aimogasta se utilizó el método de Proyección Demográfica por Tasa Geométrica Decreciente, el método utiliza para la proyección futura la siguiente expresión geométrica, similar a la expresión del interés compuesto

$$P_n = P_o (1 + i)^n$$

$P_n$  = La estimación de población al año "n".

$P_o$  = La población base, que por lo general corresponde al último censo.

$i$  = Tasa media anual de proyección.

$n$  = Número de años transcurridos entre la población base y el año de proyección.

Este método define la tasa media anual a emplear basándose en un análisis de las tasas medias anuales de los dos últimos períodos intercensales, por lo tanto, se toman como punto de partida los valores extraídos de los tres últimos censos del INDEC.

Las tasas medias anuales históricas se calculan a través de las siguientes expresiones:

$$i_1 = \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{1}{n_1}} - 1 ; \quad i_2 = \left(\frac{P_3}{P_2}\right)^{\frac{1}{n_2}} - 1$$

Tabla 3. Población para el Año 2019

AÑO	POBLACION		
	AIMOGASTA (Machigasta-San Antonio)	ARAUCO	TOTAL
1991	7.664	628	8292
2001	10.418	892	11310
2010	12.249	1,223	13472
<b>2019</b>	<b>14.402</b>	<b>1.677</b>	<b>16.079</b>

Tabla 4. Población para el Año 2024

AÑO	POBLACION		
	AIMOGASTA (Machigasta-San Antonio)	ARAUCO	TOTAL
1991	7.664	628	8.292
2001	10.418	892	11.310
2010	12.249	1.223	13.472
2019	14.402	1.677	16079
<b>2024</b>	<b>15.757</b>	<b>1.998</b>	<b>17.685</b>

Nota: la tasa de crecimiento demográfica considerada es 1,96 % anual

## - Situación Actual de los RSU

### Generalidades

Según información suministrada por el personal encargado del vertedero no controlado (disposición a cielo abierto), la prestación del servicio de recolección de residuos, desde hace muchos años está a cargo de la Municipalidad, dependiendo del área de la Secretaría de Obras y Servicios Públicos y de la cual depende la Dirección de Higiene, pero no se encuentra claramente estructurado el organigrama donde estaría inserta el departamento o división Residuos Urbanos.

En el marco legal existe una Ordenanza Municipal N°385/00 del Concejo Deliberante en la cual se trata de la recolección y extracción de basuras en general y de la utilización y derrame de agua en la vía pública.

El servicio se cobra como tasa, dentro de la tasa general de la Municipalidad, la cual tiene una muy pobre recaudación.

El servicio actual de recolección de residuos domiciliarios se presta en los cuatro distritos. La recolección se practica de lunes a viernes, en horario matutino a partir de las 6 hs. y el cronograma por día y por barrios es el siguiente:

- Lunes /Jueves: Centro, San Francisco, Inmaculada I y II.
- Martes /Viernes: Estación, Tiro Federal y Arauco.
- Miércoles: El Cristo, Alto Talacán, San Antonio y Machigasta.

La operación del servicio de recolección se realiza en forma manual y se cuenta con tres camiones, con caja compactadora de 6 m<sup>3</sup> de capacidad. Para efectuar la tarea se dispone de un chofer y cuatro operarios (existen dos operarios de reemplazo) todos pertenecientes al área de servicios públicos municipales.

Los residuos de las industrias se recolectan en forma parcial y en general el transporte al vertedero se hace en forma privada. -

Los residuos patológicos no tienen una recolección diferenciada, los mismo son depositados en el vertedero.

### ***Basurales clandestinos***

Otro aspecto por resaltar es la acumulación de los residuos sólidos en las vías o espacios públicos, en camino de acceso al vertedero formando pequeños basurales. Muchos de los cuales se encuentran en los ingresos a la ciudad, uno de ellos se encuentra sobre la Ruta Nacional N°60 tramos entre Villa Mazán y Aimogasta, o en sitios baldíos alejados del centro.

El impacto directo de la acumulación de residuos se da sobre el paisaje, el cual se ve deteriorado por la presencia de estos residuos, además de los malos olores y proliferación de vectores que desfavorecen la salud de la población.

#### **a. Actual**

##### **- *Cantidad de Residuos***

En la visita a la realizada al basural a cielo abierto, sitio de disposición final de los RSU, según lo informado por el responsable del mismo, no se tiene un control fehaciente respecto a la cantidad de basuras recogidas, en cuanto a volumen o peso. Se conoce el número de camiones descargados por día y datos de la recolección:

##### ***Recolección:***

- Lunes a viernes = 3 camiones/día
- Cantidad de viajes por camión =2 viajes/día.
- Para la semana de 7 días sería = 4,28 camiones/día
- Capacidad Camión = 6 m<sup>3</sup>
- Total = 30 camiones/semana.
- Densidad considerada es de 450 kg/m<sup>3</sup> de residuos sólidos (valor aconsejado por la bibliografía y teniendo en cuenta la poca información, al respecto.)

## - **Determinación de la Producción per cápita de Residuos Sólidos**

Los métodos de estimación indirectos son los que se basan en medidas que permiten determinar la producción per cápita de residuos sólidos, con base en datos globales y sin discriminaciones cualitativas.

$$P_R = \frac{N_y \cdot N_j \cdot C_p \cdot D_N}{\text{Población}}$$

$P_R$ : Producción Total de residuos sólidos por día

$N_y$ : Número de vehículos en operación

$N_j$ : Número de viajes por vehículos.

$C_p$ : Capacidad estimada por vehículo en m<sup>3</sup>.

$D_N$ : Densidad de los residuos en el vehículo.

Para el caso en análisis, teniendo en cuenta los datos recopilados:

$$P_R = \frac{4,28 \text{ camiones} \times 2 \text{ viajes/día} \times 6 \text{ m}^3/\text{camión} \times 450 \text{ kg/m}^3}{16.079 \text{ habitantes}}$$

**$P_R = PPC = 0,72 \text{ kg/hab. día}$**  Producción total de residuos sólidos por día y por habitante (grafico1) También conocida como **P.P.C.** (producción per cápita).

**Total, de generación de RSU (2019) = 11,58 Tn/día.** (ver gráfico 1)

Si tenemos en cuenta las generaciones cápita proyectada para el año 2010 por la ARS (Estrategia Nacional para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos - República Argentina - Diagnóstico de la GIRSU), valor de PPC = 0,694 kg/hab.día para poblaciones de 10.000 a 50.000 habitantes, y si hacemos una proyección para el 2019, con una tasa de crecimiento anual de 1% anual, tendríamos una PPC = 0,73 kg/hab.día, valor este próximo al obtenido para la ciudad de Aimogasta, con los datos aportados por la gente del basural.

### **b. Proyección a 5 años**

Para la proyección a 5 años el cálculo se realiza para una población futura de 17.685 habitantes correspondiente al año 2024, con una tasa de crecimiento anual de población del 1,96 % anual.

Como la producción de residuos sólidos es una variable ya que depende básicamente del tamaño de la población y sus características socioeconómicas, se

considera que el aumento de la producción de RSU anual es de 1 % para países como Argentina según bibliografía de Seminario de RSU.

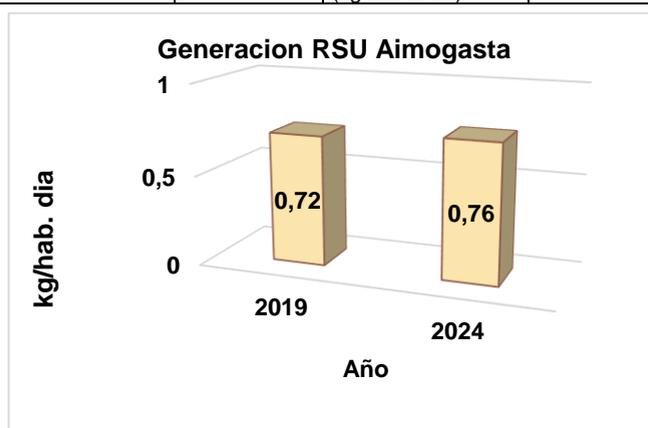
Adoptando una tasa de crecimiento de la producción de RSU del 1% anual, corresponde para los 5 años el siguiente valor:

**$P_R = PPC = 0,76\text{kg/hab.día}$**  para el año 2024 (gráfico 2).

**Total generación de RSU <sub>(2024)</sub> =13,44 Tn/día**

Grafico1. Generación para el año 2019.

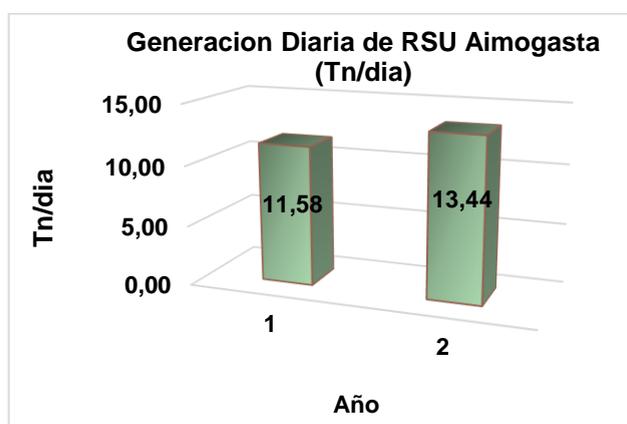
GENERACIÓN DE RSU			
Generación per cápita 2019 (kg/hab x día)	0,72	Generación per cápita 2024 (kg/hab x día)	0,76



Fuente: Elaboración propia s/datos recopilados

Grafico2. Generación para el año 2024.

PROYECCIÓN DE LA GENERACIÓN (Tn/día)			
Generación per cápita 2019 (Tn/ día)	11,58	Generación per cápita 2024 (Tn/día)	13,44



Fuente: Elaboración propia s/datos recopilados

## Selección de Sitio de Disposición Final de RSU Teniendo en Cuenta las Siguietes Fases

La elección del lugar de emplazamiento del sitio de disposición final de los RSU es un elemento determinante en todo proyecto de vertedero controlado, puesto que va a condicionar su funcionamiento y explotación, tanto desde el punto de vista técnico como desde el ambiental e higiénico.

En la selección del mismo hay que tener en cuenta los factores económicos, técnicos y constructivos, los factores ambientales y los factores políticos, legales y sociales

La selección de un sitio apropiado para la ubicación de un vertedero depende de varios criterios. Algunos de estos excluyen absolutamente la posibilidad de construir un vertedero en un área determinada. Otros consideran factores negativos cuando se evalúa la factibilidad, especialmente los estudios relacionados con la hidrología, geología, geotecnia.

- **Fase I: Proceso de clasificación del sitio excluyendo áreas negativas (aproximadamente el 70 % del área total involucrada).**

### **Análisis de Sitios**

En el mapa de la Aimogasta se observan áreas que se han marcado como posibles sitios para ser utilizados para disposición final de los RSU (figura 3)

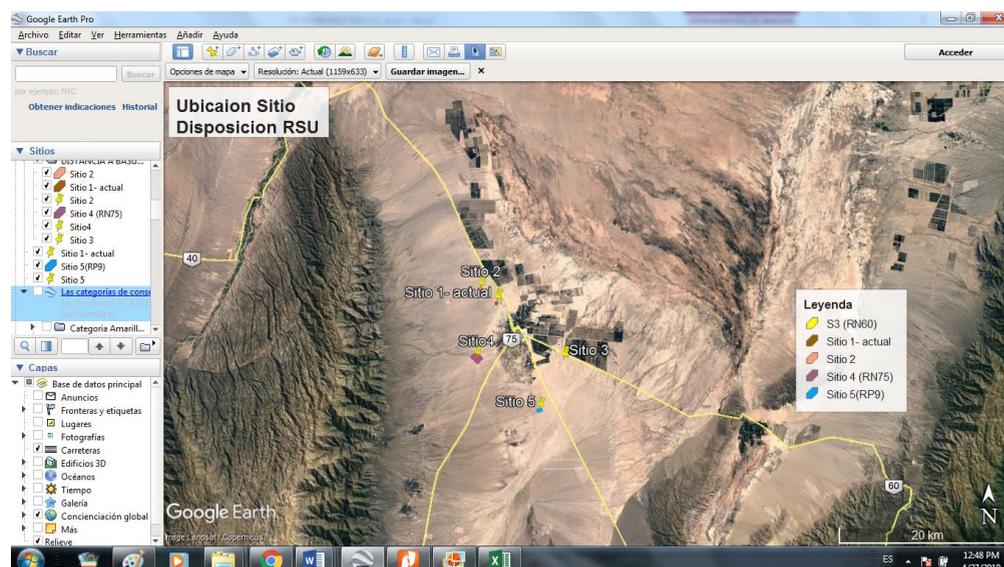


Figura 3. Ubicación de 5 sitios de disposición final de RSU

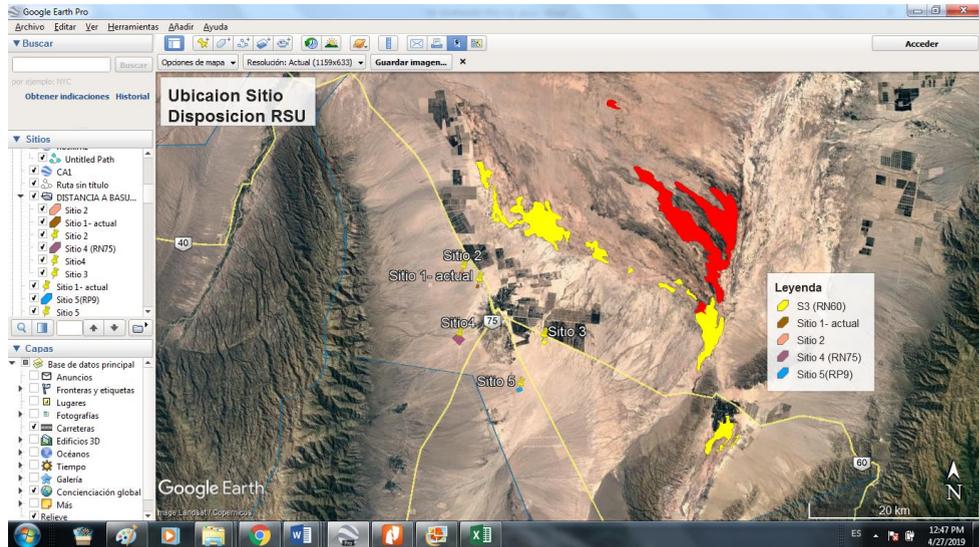


Figura 4. Ubicación de 5 sitios y zonas con bosques nativos

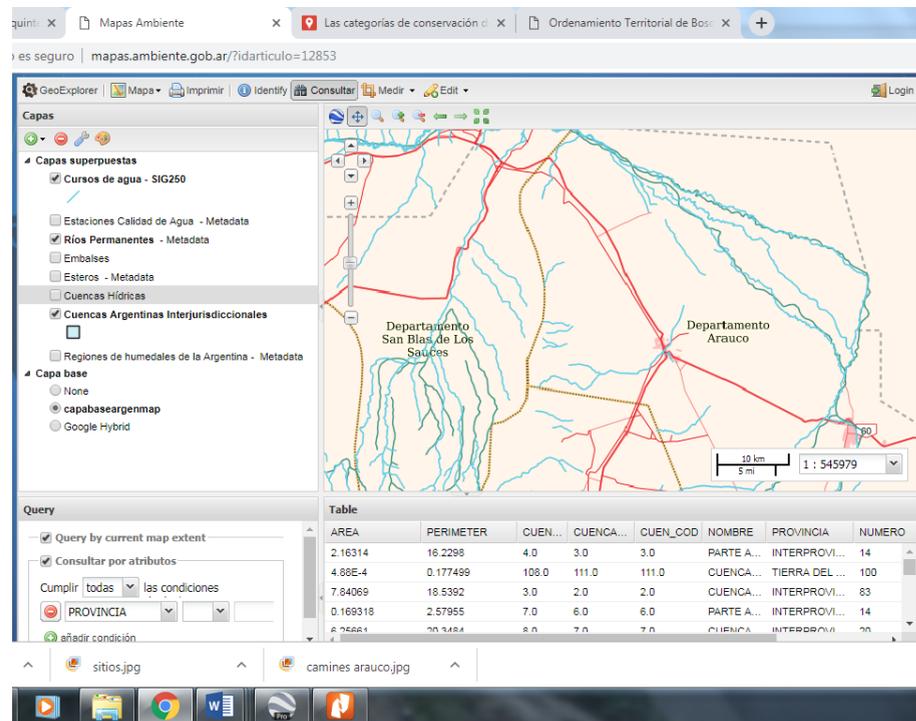


Figura 5. Mapa con cauces permanentes

Las áreas marcadas fueron denominadas sitios 1-2-3-4 y 5.

- **Sitio 1:** es el actual vertedero de disposición de los RSU, se encuentra próximo a la ruta nacional N°60, está fuera de la zona de categorías I, II, y III de bosques nativos, y aguas arriba de cauce permanente como puede observarse en figura 4 y 5.
  - **Sitio 2:** zona próxima a la anterior, más alejado del centro a mayor distancia del centro urbano y está fuera de la zona de categorías I, II, y III de bosques nativos urbano, fuera de zona de bosques nativos.
  - **Sitio 3:** Con acceso de la ruta nacional N°60, tramo entre Villa Mazán y Aimogasta, el área se encuentra en llanuras y también se encuentra fuera de la zona de protección de bosques nativos.
  - **Sitio 4:** Con acceso de la ruta nacional N°75, se encuentra ubicado en una zona de muchos cauces de ríos, y el mayor problema sería la contaminación que podría generar las escorrentías superficiales aguas abajo del mismo, donde se encuentran vertientes (Los Nacimientos) que son utilizadas para riego, por esto el sitio 4 se descarta.
  - **Sitio 5:** Con acceso de la ruta provincial N°9, en esta área se presenta posibles problemas de inundación, debido a que se encuentra aguas debajo de cauces que con periodos de retorno de muy pocos años crecen con eventos extremos según lo observado por pobladores, y su ubicación esta poca distancia del área urbana, por ello el sitio se descarta.
- **Fase II: Identificación de áreas para rellenos (áreas positivas) y elección (se comparan entre 3 a 5 sitios posibles).**

En fase II contamos con 3 sitios a analizar, el sitio 1 ubicado hacia el norte el cual se describe detalladamente, el 2 se encuentra próximo al 1 y 3 ubicado hacia el este de la ciudad.

**Sitio 1- Basural a cielo abierto actual:**

La disposición final de los RSU, en la actualidad se realiza en el predio municipal, que está ubicado en la zona norte en adyacencias de la Ruta N°60, coordenadas: 28.535611° E – 66.826313° S, donde se instaló una planta de reciclaje.

La disposición se lo hace en forma manual en un vertedero abierto, sin control, y sin ningún tipo de obras en cuanto a impermeabilizaciones del suelo, a drenaje para lixiviados, etc. Se practica como tratamiento final, un quemado parcial de los residuos

depositados y altamente contaminantes. Y con el consiguiente aumento de los vectores y/o agentes patógenos ver (figura 4, 5, 6, 7,8 y 9).

Debido a los vientos se encuentra mucho material disperso, dentro y fuera del predio municipal, marcando una fuerte contaminación visual (figura 10 y11).

La distancia desde la plaza principal –Sector Centro- es de aproximadamente 3 km, con un acceso en buen estado, siendo los últimos 1.000 metros de tierra. Y a 1km m aproximadamente de barrios y/o asentamientos.

El transporte de los residuos sólidos es realizado en camiones compactadores (figura12).

La napa de agua subterránea se encuentra a más de 100 m de profundidad, en el año 2005 se realizó perforación de exploración, y no se encontró agua. El predio se encuentra alambrado, y posee una defensa de material suelto contra las avenidas de agua que bajan del faldeo de los cerros, a la misma habría que hacerle mantenimiento para mejorar su estado.

Existen segregadores en el vertedero, pero en un número muy reducido, en la planta de reciclaje, la cual se encuentra en mal estado a causa de un incendio que afecto su estructura, solo realizan separación de cartón, la separación de plásticos, maderas, metales y vidrios se realiza a cielo abierto.

Una de las características negativas del basural, es que, al no tener un control ambiental y técnico, creció y muchos vecinos deben convivir con los residuos diariamente.

Aquí, no solo los residuos son depositados por el servicio de recolección, sino además por los propios vecinos.

Teniendo en cuenta que los RSU, son depositados en superficie, sin ningún tratamiento el área del mismo tiene poca vida útil, esto es debido a que en un principio se hacían excavaciones y se realizaba el enterramiento de los RSU, lo cual hace tiempo que se dejó de hacer, por falta de equipos (maquinas), según lo manifestado por el encargado del predio y observado en visita.



Figura 6. Sitio 1- Vertedero actual de disposición final



Figura 7. Sitio 1-Entrada al vertedero de RSU y vista de planta de reciclaje



Figura 8. Sitio 1- RSU en vertedero



*Figura 9. Sitio 1- Acopio y quema de RSU*



*Figura 10. Sitio 1- Descarga de empresas privadas*



*Figura 11. Sitio 1-RSU dispersos en camino de acceso a Vertedero*



Figura 12. Camiones recolectores del Municipio de Aimogasta

### **Sitio 2:**

El área elegida, se ubica a una distancia de 3,5 km de la zona urbana, con ello se asegura que los problemas operativos (ruidos, tránsito, etc.) no afectarán a la población y previendo que al final de la vida útil del relleno, éste se pueda usar como área verde. Tiene una extensión tal que podrá recibir los RSU más de 10 años, lo cual se debería verificar calculando el volumen según la generación de PPC durante ese periodo. Con relación a la hidrología, las cuencas del sector tienen sus nacientes en una zona montañosa ubicada hacia el Oeste de la Ruta Provincial N°60, el río más cercano al predio pasa aguas abajo, del mismo y se encuentran aproximadamente a unos 1000 m de forma lateral al mismo.

Cuenta con disponibilidad de suelo para cobertura del relleno sanitario, la topografía del sitio presenta ventaja por ser llano, generando menor movimiento de suelo. Con relación a vías de acceso, se cuenta con un camino el cual se debería mejorar a partir del sitio 1, se encuentra a poca distancia a la ruta 60 a 1,4 km.

Los vientos dominantes soplan en sentido contrario a la mancha urbana lo cual evita posibles malos olores; aunque si el relleno sanitario opera correctamente, esto no sería problema. La vegetación, es rala y de baja altura, no siendo esta una restricción al mismo.

### **Sitio 3:**

Esta área, se ubica a una distancia de 4,8 km de la zona urbana, lo que asegura que los problemas operativos (ruidos, tránsito, etc.) no afectarán a la población. El sitio tiene una gran extensión de terreno lo que permitiría recibir RSU por un largo periodo, lo cual se debería verificar calculando el volumen según la generación de PPC.

Con relación a la hidrología, el sitio se encuentra en zonas circundadas por pequeños cauces, los escurrimientos superficiales que se podrían generar pasarían lateralmente al sitio, no teniendo riesgo de erosión hídrica.

Cuenta con disponibilidad de suelo para cobertura del relleno sanitario, la topografía presenta ventaja por ser llano, ayudando esto a tener menor movimiento de suelo en las excavaciones. Con relación a vías de acceso, existe un camino que se encuentra en buen estado desde la RN°60 (figura13).

Este sitio está siendo usado actualmente como disposición de RSU clandestino, lo cual pudo verificarse en visita realizada al lugar, (figura 14), ahí también se observa la vegetación la cual es baja y rala.

De acuerdo con el análisis realizado a los tres sitios, el Sitio 1 actual vertedero a cielo abierto, queda descartado por su poca vida útil y la proximidad a la población.



Figura 13. Camino de acceso al sitio 3 desde la RN 60



Figura 14. Imágenes del basural clandestino en sitio 3

– **Fase III: Investigación del sitio (se comparan entre 2 y 3 sitios posibles).**

Una vez realizado el análisis de los sitios, un cierto número deben ser considerados favorables, para realizarse estudios especiales más profundos, de exploración del subsuelo utilizando métodos directos o indirectos. Utilizando técnicas geofísicas como la de prospección geoelectrónica, para tener un acabado conocimiento

de los aspectos geotécnicos e hidrogeológicos.

Después del análisis realizado anteriormente Fase II, y quedando para la fase III los sitios 2 y 3, para la selección del sitio deben tenerse en cuenta varios factores tales como: población, ubicación, estadísticos, climáticos, hidráulicos, legislativos, hidrológicos, topográficos, etc. para lograr esta evaluación también es factible usar una planilla que permitirá, elegir cuál del emplazamiento sitio 2 o 3 es más apropiado. Llenadas las planillas los valores obtenidos son para sitio 2, 419 (figura 15) y sitio 3, 398 (figura 16).

Otros factores a tener en cuenta serían Impacto de tipo social, económico y geográfico. Para la evaluación final de un sitio se necesitarán una evaluación de impacto ambiental.

LISTADO NO TAXATIVO SELECCIÓN DE SITIOS PARA CONSTRUCCIÓN DE RELLENOS SANITARIOS						
RP N°	Km	Coordenadas de Referencia	Latitud -28.526464° -Long. -66.861215°	msnm 835		
			RECOMENDACIONES	ANEXO	MAX	SC
1.1		ACEPTACIÓN PÚBLICA			10	10
1.2		DISTANCIA MÍNIMA A SITIOS IMPORTANTES				
1.2.1		Distancia a zona urbana de recolección	<5000 hab: 500 a 2000 m. Hasta 15000 hab.: 2000 a 50000 m. >50000 hab: 5000 a 10000 m.		10	10
1.2.2		Distancia a aeropuertos	Internacionales: >3000 m. Nacionales y Provinciales: > 1000 m.		10	10
1.2.3		Distancia de vivienda más proxima	500 m.		10	10
1.2.4		Distancia a abastecimiento de agua	500 m.		10	10
1.2.5		Distancia a centro educativo	500 m.		10	10
1.2.6		Distancia a centro de salud	500 m.		10	10
1.2.7		Distancia a rutas	Nacionales: >100 m. Departamentales: >50 m. Municipales: >20 m.		10	10
1.2.8		Distancias areas protección ambiental y cultural	> 1000 m.		10	10
1.2.9		Disponibilidad de material de cobertura	Preferentemente terreno a <1000 m. de zonas de prestamo material de cobertura /día		10	10
1.2.10		Uso y ocupación del terreno	Los RS deben localizarse en zonas donde el uso sea rural o industrial		10	10
1.3		VULNERABILIDAD DEL AREA A DESASTRES NATURALES			10	
1.4		ACCESOS AL ÁREA				
1.4.1		Impacto Social en su trazado	Es deseable que el acceso sea por vías con baja densidad demográfica		10	9
1.4.2		Facilidad de acceso	El acceso que permita el ingreso de los vehículos recolectores inclusive en días de lluvia		10	8
1.5		DURACIÓN ESTIMADA DEL RELLENO	Conveniente diez o más años ..... El tamaño del área disponible.....de acuerdo a la vida útil pretendida		10	10
1.6		ESTUDIOS PREVIOS PARA SELECCIÓN				
1.6.1		LEGISLACIÓN VIGENTE (CUMPLE / NO CUMPLE)				
1.6.1.1		De Gestión Residuos			10	10
1.6.1.2		De Protección del Aire, Agua, Suelo			10	9
1.6.1.3		De raditaciones que impacten en Salud			10	10
1.6.1.4		De raditaciones que impacten en Seguridad			10	10
1.6.1.5		Sobre Usos de Suelo			10	10
1.6.1.6		Sobre Ordenamiento Territorial			10	10
1.6.2		DATOS ESTADÍSTICOS				
1.6.2.1		Sobre Generación de RSU			10	9
1.6.2.2		Sobre Otros			10	10
1.6.3		DATOS CLIMATICOS				
1.6.3.1		Vientos: Dirección, Intensidad, Frecuencia			10	9
1.6.3.2		Lluvias: Intensidad, Frecuencia, Época			10	9
1.6.3.3		Temperaturas Medias y Extremas			10	10
1.6.3.4		Evapotranspiración			10	10
1.6.3.5		Otros			10	10
1.6.4		ESTUDIOS HIDRÁULICOS	Distancia a área inundable: 200 m. medido a partir del punto de cota máxima de inundación. Este criterio depende tipo de relleno seleccionado.			
1.6.4.1		Actualidad y Futuro de Cuenca Hídrica			10	9
1.6.4.2		Drenajes preexistentes útiles a construir			10	8
1.6.4.3		Condiciones Upstream y Downstream			10	9
1.6.4.4		Defensas preexistentes útiles o a construir			10	8
1.6.4.5		Peligrosidad de Flujos Aguas Pluviales			10	8
1.6.4.6		Procesos Erosivos de Indole Pluvial			10	8
1.6.5		ESTUDIOS HIDROGEOLOGICOS				
1.6.5.1		Tipos de Suelos	Preferentemente arcilloso		10	5
1.6.5.2		Propiedades mecánicas y estructurales de suelos			10	9
1.6.5.3		Permeabilidad de Suelos	Es importante la impermeabilidad natural para reducir la posibilidad de contaminar aguas subterranas		10	5
1.6.5.4		Profundidad napas agua (dulces y salobres)	Con impermeabilización de base con geomembrana, la distancia a napa freática no sera <1,5 m. Con impermeabilización de base con camada de arcilla la distancia a napa freática no sera <3 m.		10	10
1.6.6		ESTUDIOS TOPOGRAFICOS				
1.6.6.1		Datos Planialtimétricos			10	10
1.6.6.2		Planos de curvas a nivel			10	10
1.6.6.3		Pendiente del terreno	Admisibles pendientes entre 1 y 15 % Terrenos con pendiente <a 3 % son más adecuados para uso pretendido		10	9
1.6.7		RECONOCIMIENTO DE REDES EN LA ZONA				
1.6.7.1		Eléctricas			10	10
1.6.7.2		Agua			10	8
1.6.7.3		Cloacas			10	0
1.6.7.4		Comunicación			10	10
1.6.7.5		Otras			10	10
1.6.8		REALIZACIÓN ESTUDIO IMPACTO AMBIENTAL				
1.6.8.1		Informe IA Comparativo EI EII EIII etc.			10	10
				PUNTUACIÓN	MAX	419
					470	419

Figura 15. Planilla para evaluación Sitio 2

LISTADO NO TAXATIVO SELECCIÓN DE SITIOS PARA CONSTRUCCIÓN DE RELLENOS SANITARIOS							
RP N°	60 (camino a Villa Mazan)	Km	1261	Coordenadas de Referencia	Lat. -28.590388°	Long. -66.761523°	msnm794
				RECOMENDACIONES	ANEXO	MAX	SC
1.1	ACEPTACIÓN PÚBLICA					10	10
1.2	DISTANCIA MÍNIMA A SITIOS IMPORTANTES						
1.2.1	Distancia a zona urbana de recolección			< 5000 hab: 500 a 2000 m. Hasta 15000 hab.: 2000 a 50000 m. >50000 hab: 5000 a 10000 m.		10	10
1.2.2	Distancia a aeropuertos			Internacionales: > 3000 m. Nacionales y Provinciales: > 1000 m.		10	10
1.2.3	Distancia de vivienda más proxima			500 m.		10	10
1.2.4	Distancia a abastecimiento de agua			500 m.		10	10
1.2.5	Distancia a centro educativo			500 m.		10	10
1.2.6	Distancia a centro de salud			500 m.		10	10
1.2.7	Distancia a rutas			Nacionales: > 100 m. Departamentales: > 50 m. Municipales: > 20 m.		10	10
1.2.8	Distancias áreas protección ambiental y cultural			> 1000 m.		10	10
1.2.9	Disponibilidad de material de cobertura			Preferentemente terreno a < 1000 m. de zonas de prestamo material de cobertura /día		10	10
1.2.10	Uso y ocupación del terreno			Los RS deben localizarse en zonas donde el uso sea rural o industrial		10	9
1.3	VULNERABILIDAD DEL AREA A DESASTRES NATURALES					10	
1.4	ACCESOS AL ÁREA						
1.4.1	Impacto Social en su trazado			Esdeseable que el acceso sea por vías con baja densidad demográfica		10	8
1.4.2	Facilidad de acceso			El acceso que permita el ingreso de los vehículos recolectores inclusive en días de lluvia		10	8
1.5	DURACIÓN ESTIMADA DEL RELLENO			Conveniente diez o más años ..... El tamaño del área disponible.....de acuerdo a la vida útil pretendida		10	10
1.6	ESTUDIOS PREVIOS PARA SELECCIÓN						
1.6.1	LEGISLACIÓN VIGENTE (CUMPLE / NO CUMPLE)						
1.6.1.1	De Gestión Residuos					10	10
1.6.1.2	De Protección del Aire, Agua, Suelo					10	9
1.6.1.3	De raditaciones que impacten en Salud					10	10
1.6.1.4	De raditaciones que impacten en Seguridad					10	10
1.6.1.5	Sobre Usos de Suelo					10	10
1.6.1.6	Sobre Ordenamiento Territorial					10	10
1.6.2	DATOS ESTADÍSTICOS						
1.6.2.1	Sobre Generación de RSU					10	9
1.6.2.2	Sobre Otros					10	10
1.6.3	DATOS CLIMATICOS						
1.6.3.1	Vientos: Dirección, Intensidad, Frecuencia					10	10
1.6.3.2	Lluvias: Intensidad, Frecuencia, Época					10	9
1.6.3.3	Temperaturas Medias y Extremas					10	10
1.6.3.4	Evapotranspiración					10	10
1.6.3.5	Otros					10	10
1.6.4	ESTUDIOS HIDRÁULICOS			Distancia a área inundable: 200 m. medido a partir del punto de cota máxima de inundación. Este criterio depende tipo de relleno seleccionado.			
1.6.4.1	Actualidad y Futuro de Cuenca Hídrica					10	7
1.6.4.2	Drenajes preexistentes útiles a construir					10	7
1.6.4.3	Condiciones Upstream y Downstream					10	8
1.6.4.4	Defensas preexistentes útiles o a construir					10	5
1.6.4.5	Peligrasidad de Flujos Aguas Pluviales					10	5
1.6.4.6	Procesos Erosivos de Indole Pluvial					10	5
1.6.5	ESTUDIOS HIDROGEOLOGICOS						
1.6.5.1	Tipos de Suelos			Preferentemente arcilloso		10	5
1.6.5.2	Propiedades mecánicas y estructurales de suelos					10	9
1.6.5.3	Permeabilidad de Suelos			Es importante la impermeabilidad natural para reducir la posibilidad de contaminar aguas subterrneas		10	5
1.6.5.4	Profundidad napas agua (dulcesy salobres)			Con impermeabilización de base con geomembrana, la distancia a napa freática no sera < 1,5 m. Con impermeabilización de base con camada de arcilla la distancia a napa freática no sera < 3 m.		10	7
1.6.6	ESTUDIOS TOPOGRAFICOS						
1.6.6.1	Datos Planialtrimétricos					10	9
1.6.6.2	Planos de curvas a nivel					10	9
1.6.6.3	Pendiente del terreno			Admisibles pendientes entre 1 y 15 % Terrenos con pendiente < a 3 % son más adecuados para uso pretendido		10	8
1.6.7	RECONOCIMIENTO DE REDES EN LA ZONA						
1.6.7.1	Eléctricas					10	10
1.6.7.2	Agua					10	7
1.6.7.3	Cloacas					10	0
1.6.7.4	Comunicación					10	10
1.6.7.5	Otras					10	10
1.6.8	REALIZACIÓN ESTUDIO IMPACTO AMBIENTAL						
1.6.8.1	Informe IA Comparativo El EIII EIII etc.					10	10
PUNTAUACIÓN						MAX	470
							398

Figura 16. Planilla para evaluación Sitio 3

– **Fase IV: Decisión final (elección de 1 sitio).**

**Describir los criterios considerados para la selección indicando, de contener aspectos socio ambientales negativos, la mitigación de los mismos.**

Las autoridades interesadas son las que una vez recogida toda la información descrita anteriormente deberán decidir cuál es la ubicación que recibirá la mayor prioridad.

La elección de un sitio depende en última instancia, en gran medida de preferencias individuales o intereses personales. Cualquier persona encargada de tomar la decisión deberá aceptar que la recomendación final es un compromiso entre factores y limitaciones socioeconómicas y ecológicas.

De acuerdo con la evaluación realizada con la planilla, en función de lo observado en campo y de la información recopilada, el sitio más adecuado es el sitio 2 y los criterios que llevaron a elegir el mismo son:

- El sitio 2 se encuentra próximo al sitio actual de disposición final de RSU, generando ello que la oposición pública sea mínima, es muy importante para tener en cuenta este aspecto a la hora de elección de un sitio.
- Para el acceso al sitio, se utilizaría una colectoras paralela a la RN60, generando en el tránsito menor interferencia por parte de los camiones recolectores.
- La ubicación es favorable con relación a los vientos dominantes, que soplan en sentido contrario a la mancha urbana lo cual evita posibles malos olores
- El área disponible para realizar el relleno sanitario es mayor, aproximadamente 6 hectáreas, existiendo posibilidad de futuras ampliaciones.
- Una desventaja que presenta el sitio 3 es que se encuentra cercano al Centro Federal de Servicios Tocológicos, desarrollo e investigación olivícola (CENTEC) en donde se realizaran estudios de investigación y análisis a la industria olivícola.
- Su ubicación con relación a cauces de ríos es mayor de 1500 m.

## 5. Selección del Método de Relleno Sanitario.

Se aplicará como método de disposición final el de **Relleno Sanitario**, que tienen como finalidad darle un destino cierto y seguro a los residuos sólidos que se generan en los núcleos urbanos. Las formas de depositar los residuos en un vertedero controlado dependerán de la configuración del terreno, de sus condiciones en cuanto a la posibilidad o no de acopio de la tierra para el recubrimiento de las basuras, de las condiciones climáticas y del nivel freático.

Actualmente se utilizan tres métodos básicos de explotación de un vertedero controlado: *Método de Áreas*, *Método de Trincheras* y *Método de Vaguada/Depresión*.

En nuestro caso se opta por un relleno tipo "Método de Trinchera" (figura 17), debido a que las condiciones del suelo permiten excavar zanjas o trincheras. Sus dimensiones se determinarán más adelante en función de la cantidad de RSU generados y de la programación de relleno que se proyecte.

Para poblaciones menores de 30.000 habitantes, los rellenos sanitarios manuales suelen ser una solución viable y económica para la disposición final de los RSU, por lo tanto, aplicable a la localidad en estudio Aimogasta con una proyección demográfica para el año 2024 de 17.785 habitantes.

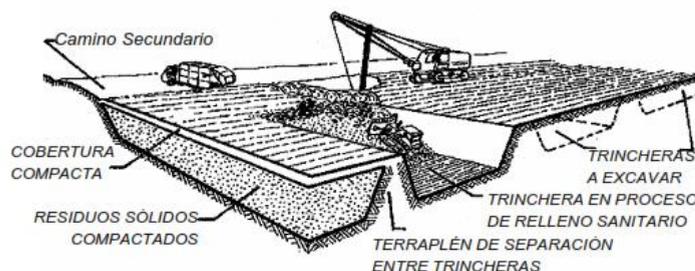


Figura 17. Relleno sanitario por trinchera o zanja

### - Estimación de requerimiento dimensional para la disposición de los residuos (Volumen anual).

Teniendo en cuenta los valores de la población obtenidos para el año 2019 de 16.079 y 2024 de 17.785 habitantes para la ciudad de Aimogasta, con una proyección de p.p.c de 0,76 kg/día, según se observa tabla 5.

Tabla 5. Resumen de cantidad de RSU-2019-2024

Año	Población (hab)	PPC (kg/hab-día)	CANTIDAD RSU		
			Diaría (kg)	Anual (ton)	Acumulada (ton)
2019	16,079	0.72	11577	4,225.56	4,225.56
2020	16,362	0.727	11899	4,343.00	8,568.56
2021	16,683	0.734	12252	4,472.08	13,040.63
2022	17,011	0.74	12615	4,604.55	17,645.18
2023	17,345	0.75	12988	4,740.50	22,385.69
2024	17,685	0.76	13441	4,905.84	27,291.53

Tomando una Densidad de RSU suelto de 400 kg/ m<sup>3</sup> para la cantidad de residuos generados en el Año 2024 podrían ser contenida en volumen:

$$\frac{4.905.839 \text{ kg./año}}{400 \text{ kg/m}^3} = 12.265 \text{ m}^3/\text{año}$$

$$V_{RS(2024)} = V_{\text{anual}} \times MC = 12.265 \text{ m}^3/\text{año} \times 1.2 = 14.718 \text{ m}^3/\text{año}$$

**Donde:**

**V<sub>RS</sub>** = Volumen del relleno sanitario manual (m<sup>3</sup>/año)

**MC** = Factor de material de cobertura (0.2 a 0.25%)

Tabla 6. Resumen de volumen de RSU para los 5 años

Año	Población (hab)	PPC (kg/hab-día)	CANTIDAD RSU			Material de cobertura m <sup>3</sup>		Rellenos Sólidos Estabilizados (m <sup>3</sup> /año)	Rellenos Sanitario	
			Diaría (kg)	Anual (ton/año)	Acumulada (ton)	Diario (m <sup>3</sup> )	Anual (m <sup>3</sup> )		(m <sup>3</sup> )	Acumulada
								2019		
2020	16.362	0,727	11.899	4.343	8.569	5,95	2.171	8685,99	10.857	21.421
2021	16.683	0,734	12.252	4.472	13.041	6,13	2.236	8944,15	11.180	32.602
2022	17.011	0,74	12.615	4.605	17.645	6,31	2.302	9209,10	11.511	44.113
2023	17.345	0,75	12.988	4.741	22.386	6,49	2.370	9481,01	11.851	55.964
2024	17.685	0,76	13.441	4.906	27.292	6,72	2.453	9811,68	12.265	68.229

Para obtener el volumen total necesario para la vida útil del relleno, sé determino para cada año y se obtuvo el total haciendo la acumulada tabla 6.

**V<sub>RS (vu)</sub> = 68.229 m<sup>3</sup>/ 5 años** - Volumen de relleno sanitario durante la vida útil (5 años).

### Cálculo del Área Requerida

Con el volumen se puede estimar el área requerida para la construcción del relleno sanitario, adoptando una **altura de 2 m** que tendría el relleno se tiene:

Podremos estimar el área necesaria de la siguiente manera:

$$A_{RS} = \frac{V_{RS}}{h_{RS}}$$

$$A_{RS(2024)} = V_{RS} / h_{RS} = 68.229(\text{ m}^3/ 5 \text{ años})/ 2 \text{ m.} = 34.114,50 \text{ m}^2$$

Donde:

$V_{RS}$  = volumen de relleno sanitario (m<sup>3</sup>/año)

$A_{RS}$  = área por rellenar sucesivamente (m<sup>2</sup>)

$h_{RS}$  = altura o profundidad media del relleno sanitario (m)

### Área total requerida

$$AT = F \times A_{RS}$$

AT = Área total requerida (m<sup>2</sup>)

F = Factor de aumento del área adicional requerida para las vías de circulación, áreas de aislamiento, casilla para portería e instalaciones sanitarias, patio de maniobras, etc. Este se considera entre un 20 - 40% del área a rellenar. **–Se adoptó 30%.**

La superficie del sitio elegido (sitio 2), cubre el área requerida para año de diseño 2014 siendo **AT=44.349 m<sup>2</sup>**, según lo obtenido en el cálculo, ver tabla 7.

Tabla 7. Resumen de área requerida para Zanja para cada año.

Año	Población (hab)	PPC (kg/hab-día)	CANTIDAD RSU			Material de cobertura m <sup>3</sup>		Rellenos Sólidos Estabilizados (m <sup>3</sup> /año)	Rellenos Sanitario		Area requerida (m <sup>2</sup> )	
			Diaria (kg)	Anual (ton/año)	Acumulada (ton)	Diario (m <sup>3</sup> )	Anual (m <sup>3</sup> )		(m <sup>3</sup> )	Acumulada	Rellenos A <sub>R</sub>	Total A <sub>T</sub>
2019	16.079	0,72	11.577	4.226	4.226	5,79	2.113	8451,12	10.564	10.564	5.282	6.867
2020	16.362	0,727	11.899	4.343	8.569	5,95	2.171	8685,99	10.857	21.421	10.711	13.924
2021	16.683	0,734	12.252	4.472	13.041	6,13	2.236	8944,15	11.180	32.602	16.301	21.191
2022	17.011	0,74	12.615	4.605	17.645	6,31	2.302	9209,10	11.511	44.113	22.056	28.673
2023	17.345	0,75	12.988	4.741	22.386	6,49	2.370	9481,01	11.851	55.964	27.982	36.377
2024	17.685	0,76	13.441	4.906	27.292	6,72	2.453	9811,68	12.265	68.229	34.114	44.349

### – Estimación de la maquinaria necesaria y/o recursos humanos

El método de Trinchera adoptado usaría equipo pesado para excavar las zanjas y extraer el material de cobertura, por ejemplo, con una retroexcavadora, esta se lo podría conseguir de la Municipalidad del departamento Arauco, como lo están haciendo actualmente. Se considera de acuerdo con lo sugerido por la bibliografía que las zanjas tengan una vida útil de 30 a 90 días para evitar así empleo constante de la maquinaria; para ello es conveniente planificar para el año las excavaciones, en función de la disponibilidad del equipo.

La planificación deberá tener en cuenta que antes de que se llegue al final de la vida útil de la zanja, se disponga de la retroexcavadora para la ejecución de una nueva zanja, de manera de continuar con la disposición de los RSU, evitando generar problemas a la salud de la población y al ambiente con su interrupción, ya que comenzaría a funcionar como vertedero a cielo abierto, como sucede con el predio existente.

Se debe realizar alrededor de las zanjas o trincheras, drenaje para captar escurrimientos superficiales producido por las precipitaciones, a través de canales periféricos y cunetas tanto en camino de acceso como en caminos de circulación internos y mantenerlos en el tiempo para evitar obstrucciones por desmoronamiento o arrastre de material.

Debido a los asentamientos del relleno por la circulación de vehículos por encima de las celdas, es necesario control de las chimeneas de gases, para mantener las mismas verticales.

El trabajo en el relleno sanitario puede ser hecho por personal del municipio, actualmente la recolección es realizada por 3 personas incluido el chofer, en camiones compactadores. Con relación al personal necesario para el relleno, el número de trabajadores depende de la cantidad de RSU que se debe enterrar, de las condiciones del clima. El personal debe ser provisto al personal de EPP. (elementos de protección personal) y de herramientas. Es necesario contar con un responsable o supervisor que posea los conocimientos necesarios para la operación y el control del relleno.

Es conveniente la capacitación a todos los trabajadores del servicio de aseo en las prácticas de construcción, operación y mantenimiento del relleno sanitario, así como en todo el proceso de manejo de RSU, destacando la importancia de cada actividad y el papel que deben desempeñar para lograr un funcionamiento eficiente del relleno sanitario.

### **Cálculo de una Celda Diaria de Residuos**

Es importante realizar una planificación, para el uso del suelo para la apertura de zanjas o trincheras en el tiempo y como así también el manejo de excedentes de la excavación, son fundamentales para que la gestión de la obra sea un éxito

### Volumen de la zanja

A partir de la vida útil de la zanja (60 días) adoptamos para nuestro caso, podemos determinar cuál es el volumen de la excavación necesaria para los RSU generados y obtener el tiempo requerido de la maquinaria con la siguiente expresión:

$$Vz = \frac{t \times DSr \times m. c.}{Drsm}$$
$$Vz = \frac{60 \text{ días} \times 13.441 \text{ kg/día} \times 1,20}{500 \text{ (kg/m}^3\text{)}} = 1.935 \text{ m}^3$$

Por lo tanto, para para depositar los RSU, se requiere para un día excavar  $1.935/60 = 33 \text{ m}^3$

Donde

Vz = Volumen de la zanja (m<sup>3</sup>)

t = Tiempo de vida útil (días)

DSr = Cantidad de RSM recolectados (kg/día)

m. c. = Material de cobertura (20-25% del volumen compactado)

Drsm = Densidad de los RSM en el relleno (kg/m<sup>3</sup>)

### Dimensiones de la zanja

La profundidad de la zanja, que debe ser de 2 a 4 metros dependiendo esto del nivel freático, tipo de suelo y de equipo y costos de excavación, se adopta una altura de 2m.

El ancho de la zanja, que debe medir entre 3 y 6 metros, dependerá del ancho de la maquinaria, disponible. Esto es conveniente para evitar el acarreo de larga distancia de la basura y el material de cobertura, lo cual implica mayor eficiencia en el trabajo, se adopta un ancho de 6 m.

El largo está condicionado al tiempo de duración o vida útil de la zanja, entonces se tiene:

$$\text{Largo (zanja)} = \frac{Vz}{a \times hz}$$

$$\text{Largo (zanja)} = \frac{1.935 \text{ m}^3}{6 \text{ m} \times 2 \text{ m}} = 162 \text{ m}$$

Donde:

profundidad = 2 m

a = ancho = 6 m

L = largo

### Tiempo de maquinaria

El tiempo requerido para la excavación de la zanja y el movimiento de tierra en general dependerá mucho del material del suelo, del tipo y la potencia de la máquina, de su sistema de tracción (ya sea de ruedas o de orugas) y de la pericia del conductor, Para el caso en estudio, actualmente el Municipio envía una retroexcavadora para realizar los trabajos en el predio actual de disposición final, teniendo en cuenta lo anterior se considera un equipo cuyo rendimiento es de 30 m<sup>3</sup>/h.

$$T_{exc} = \frac{V_z}{R \times J}$$

$$T_{exc} = \frac{1935 \text{ m}^3}{30 \text{ m}^3/\text{h} \times 8 \text{ h/día}} = 8 \text{ días}$$

Donde:

T<sub>exc</sub> = Tiempo de la maquinaria para la excavación de la zanja (días)

V<sub>z</sub> = Volumen de la zanja (m<sup>3</sup>)

R = Rendimiento de excavación del equipo pesado (m<sup>3</sup>/hora)

J = Jornada de trabajo diario (horas/día)

### Cálculo de la vida útil de un relleno en zanja

Considerando el terreno del sitio seleccionado (S2) con una superficie disponible de 8 hectáreas y relativamente plano. Interesa determinar cuánto puede durar el relleno sanitario si se excavan zanjas como las calculadas anteriormente, de 161 m metros de largo.

Se reservan 20% de área total para obras complementarias (planta reciclaje, vivienda, galpón para herramientas, etc.), quedando el resto de has para rellenar.

Después de calculado su volumen de la zanja, suponemos un factor para las áreas adicionales (separación entre zanjas, vías de circulación, aislamiento, etc.) y luego se estima el número de zanjas que se podrían excavar en el terreno. Así:

$$n = \frac{At}{F \times Az}$$

$$n = \frac{80.000 \text{ m}^2}{1,2 \times (162 \text{ m} \times 6\text{m})} = 68 \text{ zanjas}$$

Donde:

n = Número de zanjas

At = Área total del terreno (m<sup>2</sup>)

$F$  = Factor para áreas adicionales de 1.2 a 1.4 (20-40%)  
 $Az$  = Área de la zanja ( $m^2$ )

Entonces la vida útil estará dada por:

$$Vu = (tz \times n) / 365$$

$$Vu = (60 \text{ días} \times 68) / 365 = 11 \text{ Años}$$

Donde:

$Vu$  = Vida útil del terreno (años)

$tz$  = tiempo de servicio de la zanja (días)

La superficie del sitio elegido tiene una vida útil de 11 años de acuerdo con la generación de RSU de Aimogasta y en función de las dimensiones adoptadas y calculadas.

Para la cobertura de las zanjas, se usará el material de excavación, adoptándose un 20% de la cantidad de basura compactada

Cobertura diaria: Es fundamental recubrir diariamente los residuos, con una capa de 0,10 m a 0,20 m de tierra o material similar. Mientras que la cobertura final de 0,40 a 0,60 m de espesor debe sostener vegetación, para lograr una mejor integración al paisaje natural.

### **Descripción de la Metodología de Compactación Diaria de la Celda**

Las principales operaciones que se realizan en un relleno sanitario son:

- a. Recepción de los residuos sólidos
- b. Formación de una celda diaria de residuos
- c. Compactación de la celda
- d. Recubrimiento de la celda con tierra
- e. Compactación de la celda

Se planifico la excavación de las zanjas cada 60 días, ejecutando una longitud de 161m, con un ancho de 6m y 2 metros de profundidad.

Se aplicaría una excavación del tipo progresiva donde el material de cobertura se extrae de la excavación, y se va depositando al costado de la zanja, para ser utilizado luego, para cubrir progresivamente los residuos que son depositados.

Los residuos recibidos en cada viaje de la recolección son depositados en la zanja ya excavada. Luego se extienden los residuos en una capa de aproximadamente 60 cm que son cubiertos por el material de cobertura, tarea que se realiza en forma manual.

Los residuos sólidos en el relleno sanitario son compactados, y su densidad va aumentando debido entre otras cosas por:

- La circulación de los camiones recolectores por encima de las celdas ya conformadas.
- Por el apisonado manual, mediante el uso periódico del rodillo y pisones de mano.

En otra etapa posterior esta concientizar a la población en la separación y recuperación de materiales tales como: papel, cartón, plástico, vidrio, chatarra y otros, dado que difícilmente se compactan. La práctica del reciclaje trae además del beneficio económico, una menor cantidad de residuos sólidos a enterrar, aumentando por tanto la vida útil del sitio.

Una vez excavada la zanja, se deberá adecuar la superficie de fondo y laterales, para dejarla en condiciones de operación. La zanja recibirá los residuos de la recolección diaria hasta que unos días antes de cumplirse los 60 días aproximadamente, se procederá a excavar otra zanja paralela a la que se encuentra operativa dejando la separación entre ambas de 1 metro según lo sugerido, esto es necesario que se realice antes de que se llene la zanja, a los fines de no interrumpir el relleno de los residuos, luego se continúa repitiéndose los pasos descriptos anteriormente.

Se debe tener especial cuidado en periodos de lluvias dado que las aguas pueden inundar las zanjas. De ahí que se deba construir canales perimétricos para captarlas y desviarlas e incluso proveer a las zanjas de drenajes interno.

Se debe impermeabilizar el fondo y laterales de la zanja para evitar la migración de lixiviados y gases.

Los residuos son extendidos en capas delgadas compactas hasta una altura predeterminada, finalmente se extiende el material de cobertura y se compacta nuevamente. Todas estas tareas son realizadas por una persona que cumple funciones en forma continua en la zona del relleno sanitario, siendo ayudado por los recolectores de basura.

Es importante que el predio cuente con cerco perimetral y se debe prever la posibilidad de colocación de barreras contravientos artificiales (con telas medias sombras) y naturales en todo el perímetro.

## 6. Conclusiones en relación con el módulo de gestión de RSU.

El tratamiento los Residuos Urbanos es uno de los varios tipos de obras proyectadas para restaurar la calidad del medio ambiente. Sin embargo, diseños inadecuados, escasa planificación o diagnósticos incorrectos pueden generar impactos no deseados, en algunos casos severos, tanto sobre los ambientes naturales como sobre la calidad de vida humana.

El Predio de disposición final de los Residuos Urbanos seleccionado (Sitio 2), operará en un área suburbana, al Norte de la ciudad de Aimogasta. Si bien el área en las adyacencias está escasamente poblada, las operaciones derivadas de la planta podrían eventualmente afectar al medio ambiente y/o a las actividades actuales.

La selección debe hacerse de común acuerdo con las autoridades del sector ambiental y de salud y, por supuesto, con los responsables de planificación de la administración local (municipalidad de Aimogasta). Cabe recordar lo importante que es la participación de la población desde el inicio del proceso de selección, el público debe tener la oportunidad de participar, comentar y objetar las propuestas realizadas. En todos los casos, es esencial asegurar el apoyo de los distintos sectores de la población durante las fases de selección, diseño, construcción, operación, mantenimiento y uso futuro del relleno.

En los lugares en donde existen mecanismos de participación o cuando se han logrado establecer líneas de comunicación directa con la población, se consiguen mejoras y progresos y se dan respuestas a los problemas que se plantean en el campo ambiental. -

Para tener éxito en la implementación de un programa, es indispensable la colaboración de los habitantes lo que implica la Educación Ambiental, a través de la cual se tiende a lograr un cambio de actitud frente a los problemas ambientales. -

Principalmente estará dirigido a la comunidad educativa, privilegiando la educación de los jóvenes, pero sin descuidar otros actores de la comunidad. -

Por la situación geográfica y las condiciones climáticas e hidrológicas, se debe poner énfasis, dentro del saneamiento general, aparte de los residuos sólidos a los problemas inherentes al agua potable y la eliminación de excretas. -

## 7. Bibliografía

- Anuario Estadístico de la Pcia. de La Rioja – Dirección General de Estadística, Ministerio de Producción y Desarrollo.
- Apuntes De Curso Regional Residuos Sólidos y Peligrosos – A.I.D.I.S.- CEAMSE-OPS /OMS.
- Apuntes Cátedra de Ingeniería Sanitaria – F.C.E.F.Y N. - U.N.C.
- Apuntes de Residuos Sólidos Urbanos – Instituto De Ingeniería Sanitaria U.B.A.
- ARS (Asociación para el Estudio de los Residuos Sólidos).
- Documento de Apoyo - Cepal-Ilpes, Ops-Cepis, U.N.C.-F.C.E.
- Estudio de Estrategia y Factibilidad de la Gestión de Residuos Sólidos Urbanos (RSU) para La República Argentina- Área de Pensamiento Estratégico-agosto 2015.
- Estrategia Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos (ENGIRSU) Ministerio de Salud y Ambiente - Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable (2005).
- Estrategia para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos. República Argentina -Actualización 2012.
- Guía para el Diseño, Construcción y Operación de rellenos Sanitarios Manuales-OPS/CEPIS/PUB/02.93.
- Instituto de Ingeniería Sanitaria de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires.
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censo - INDEC: [www.censo2010.indec.gov.ar](http://www.censo2010.indec.gov.ar) Ministerio de Turismo de la Nación Observatorio Nacional para la Gestión de Residuos Sólidos Urbanos - Programas Municipales para la Gestión Integral de RSU.
- Módulos de Estudio “Curso de Gestión Integral de Residuos Sólidos Municipales e Impacto Ambiental” - Cepal-Ilpes, OPS-Cepis, U.N.C.-F.C.E.
- Programas Municipales para la Gestión de Residuos Sólidos Urbanos de la SAyDS Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable: [www.ambiente.gov.ar](http://www.ambiente.gov.ar)
- Rellenos Sanitarios - M.S.P. y M.A., D.N.S.A., Ops /Oms.
- Resúmenes De 9° y10° Congreso Argentino de Saneamiento y Medio Ambiente. A.I.D.I.S.
- Reseña Estadística de la Provincia de La Rioja- Dirección General de Estadística y Censo- Ministerio de Planeamiento e Industria- marzo 2019.-
- Revistas de Ingeniería Sanitaria y Ambiental– A.I.D.I.S.
- Secretaria de Ambiente de la provincia de La Rioja.
- Seminario de Residuos Sólidos Urbanos- Maestría en ingeniería Ambiental- Facultad Regional La Rioja- UTN.
- Tchobanoglous, G. et al. (1994), Integrated Solid Waste Management,Engineering Principles and Management Issues, Mc Graw-Hill.

DIFUSIÓN ACADÉMICA  
EDITORIAL SUYAY

I

