

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA QUIMICA**



**“GESTION INTEGRAL DE LOS RESIDUOS SOLIDOS DE LA
CIUDAD DE JULI DESTINADO PARA UN RELLENO SANITARIO”**

TESIS

PRESENTADO POR:

BACH. ROSA RAMIREZ CACERES

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO QUIMICO

PUNO – PERÚ

2015

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA**

**“GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DE LA CIUDAD DE
JULI DESTINADO PARA UN RELLENO SANITARIO”**

TESIS PRESENTADO POR:

**ROSA RAMIREZ CACERES
BACHILLER EN CIENCIAS DE LA INGENIERÍA QUÍMICA**

APROBADO POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:

PRESIDENTE : M. Sc. Ciro Hernán Vera Alatriza

PRIMER MIEMBRO : M. Sc. María Rodríguez Melo

SEGUNDO MIEMBRO : Dr. Francisco Albarracín Herrera

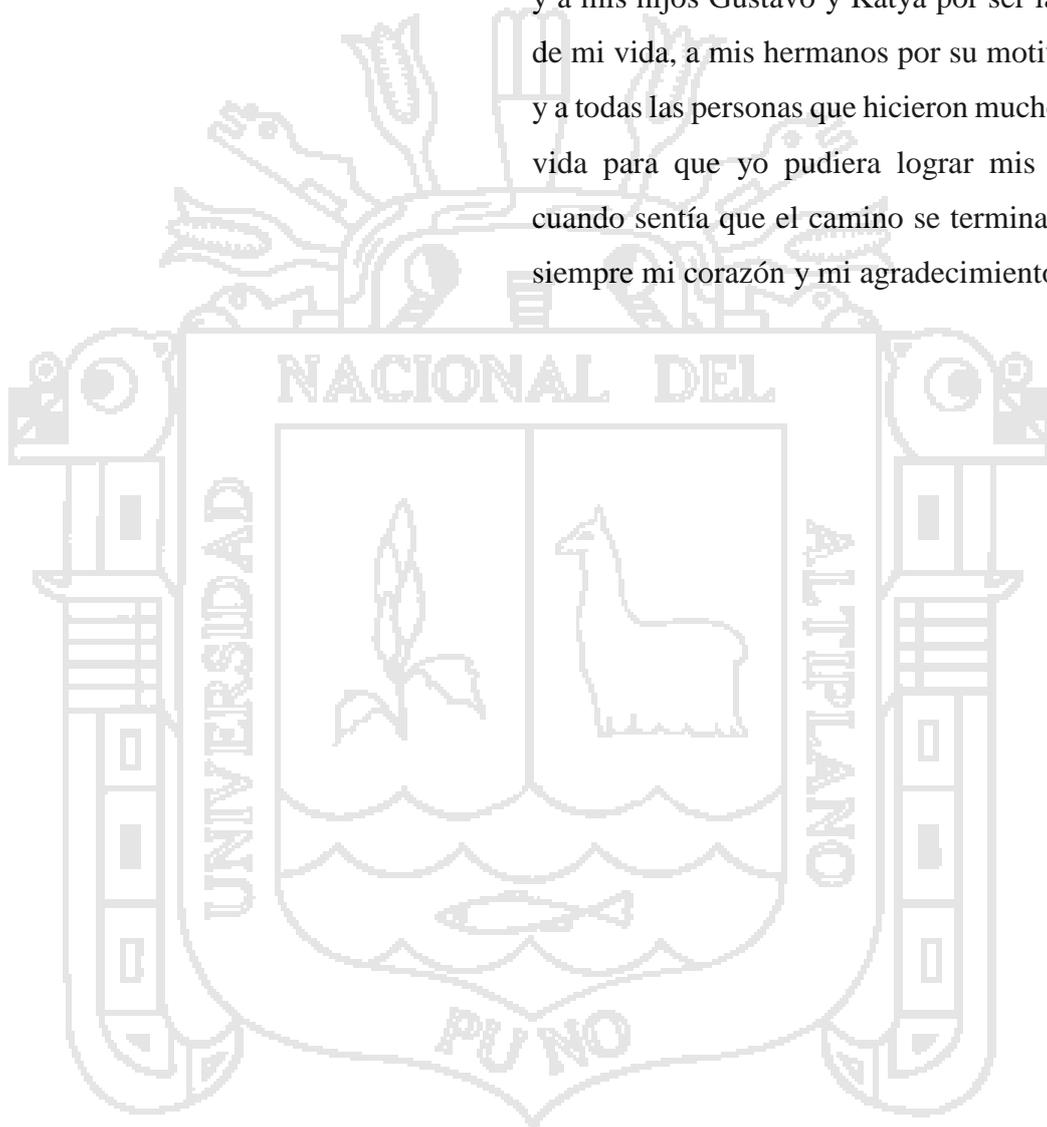
DIRECTOR DE TESIS : M. Sc. Moises Pérez Capa

LINEA: Tecnologías ambientales y recursos naturales

TEMA: Gestión de residuos sólidos

DEDICATORIA

“A Dios, a ustedes Papá y Mamá, a mi esposo y a mis hijos Gustavo y Katya por ser la razón de mi vida, a mis hermanos por su motivación, y a todas las personas que hicieron mucho en mi vida para que yo pudiera lograr mis sueños cuando sentía que el camino se terminaba, por siempre mi corazón y mi agradecimiento.



AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios y a mi Alma Mater Universidad Nacional del Altiplano - Puno por asumir la responsabilidad de formar profesionales en ciencias y humanidades, propiciando que ésta se haga extensiva a todas las actividades que se desarrollen en la región y el país, incorporando a su sistema de formación las responsabilidades asociadas al Medio Ambiente, con todas las vinculaciones que éste supone en la Gestión de Residuos Sólidos.

A los Docentes de la Facultad de Ingeniería Química por haber inculcado en mi formación, el interés en el área de la Gestión de Residuos Sólidos cuya importancia está intrínsecamente unida a la concepción de salud, y por ello se entiende que es necesario que la misma pase a formar parte de todas las decisiones que se adopten y se vaya progresivamente avanzando hacia una mayor protección ambiental y de prevención de la contaminación, manteniendo el equilibrio con las necesidades asistenciales y socioeconómicas.

Finalmente, agradezco entre todas las personas que de distintas maneras han contribuido en mi formación, a la persona más importante en mi vida que me acompañó a pesar de todo a llegar a realizarme como profesional en el firme propósito de contribuir al desarrollo de nuestra región y por extensión a la nuestra patria: el Perú.

INDICE	Pag.
Índice de Tablas	
Índice de Figuras	
Índice de Fotos	
RESUMEN	
INTRODUCCION	
CAPITULO I	1
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.2. ANTECEDENTES	3
1.3. OBJETIVOS	6
1.3.1. Objetivo General	6
1.3.2. Objetivo Especifico	6
1.4. JUSTIFICACION	6
CAPITULO II	9
2.1. MARCO TEORICO	9
2.1.1. La Naturaleza y Organización actual del Servicio de Limpieza Pública	9
2.1.2. Residuos sólidos	10
2.1.3. Clasificación de Residuos Sólidos	10
A. Clasificación por su Origen	11
B. Composición de los Residuos Sólidos	13
C. Propiedades Físicas	14
2.1.4. Características de los residuos sólidos	17
2.1.5. Botadero de basura a cielo abierto o basurero	18
2.1.6. Relleno sanitario	19
2.1.7. Métodos de rellenos sanitarios	21
2.1.8. Reacciones que se generan en un relleno sanitario	23
2.1.9. Principios básicos de un relleno sanitario	26
2.2. Generación de residuos	27
2.2.1. Efectos de la inadecuada gestión de residuos sólidos	30
2.2.2. Marco Eco-geográfico	34
2.2.3. Sistema integrado de tratamiento y disposición final	35
2.2.4. Condiciones altiplánicas adversas	36

2.2.5. Consideraciones para diseño del relleno sanitario	37
2.3. HIPOTESIS	43
2.3.1. Hipótesis General	43
2.3.2. Hipótesis Especifica	44
CAPITULO III	45
3. METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION	45
3.1. Generalidades	45
3.2. Ambito del estudio	46
3.3. Método experimental	47
3.3.1. Materia prima	48
3.3.2. Materiales y equipo	48
3.3.3. Selección de lugares de muestreo	49
3.3.4. Toma de muestras	50
3.3.5. Segregación	51
3.3.6. Pesado de componentes	51
3.3.7. Unidades de medida	51
3.3.8. Análisis de datos	52
3.4. Investigación experimental	52
3.5. Tratamiento y lugar de disposición final de los residuos sólidos en la ciudad de Juli (planta manual de Residuos Sólidos)	75
3.5.1. Area de descarga	75
3.5.2. Area de planta	76
3.6. Disposición final	78
CAPITULO IV	79
4. RESULTADOS Y DISCUSION	79
4.1. Gestión Integral de Residuos Sólidos en el ciudad de Juli	79
4.2. Determinación de los Volúmenes de Residuos Sólidos que se generan en la ciudad de Juli y el Area del Relleno Sanitario	82
4.3. Propiedades y composición físico química de los residuos sólidos generados en la ciudad de Juli, cantidad de gas y lixiviados.	82
4.4. Tratamiento y lugar de disposición final de los residuos sólidos de la ciudad de Juli.	84
CONCLUSIONES	86

RECOMENDACIONES	87
BIBLIOGRAFIA	88
ANEXOS	90



INDICE DE TABLAS		Pag.
Tabla N° 2.1	Contenido de Humedad	15
Tabla N° 2.2	Cálculo de volumen	15
Tabla N° 2.3	Actividades generadoras de residuos sólidos (RESIDUOS SOLIDOS)	17
Tabla N° 2.4	Composición de los residuos sólidos municipales	31
Tabla N° 2.5	Enfermedades relacionadas con Residuos Sólidos transmitidos por Vectores	33
Tabla N° 2.6	Producción de aguas lixiviadas en un relleno sanitario	41
Tabla N° 2.7	Disminución de la densidad de los residuos sólidos al interior del relleno sanitario	41
Tabla N° 2.8	Datos para los cálculos del lixiviado	42
Tabla N° 2.9	Calculo de la generación de lixiviado por la humedad propia de los residuos sólido	42
Tabla N° 3.1	Proyección de la población de la Ciudad de Juli	53
Tabla N° 3.2	Generación per cápita de las “52” viviendas participantes	55
Tabla N° 3.3	Estadísticos de Muestra	55
Tabla N° 3.4	Composición de Residuos Sólidos de la Ciudad de Juli	56
Tabla N° 3.5	Generación de Residuos Sólidos de la Ciudad de Juli	60
Tabla N° 3.6	Generación del volumen de residuos sólidos de la ciudad de Juli	61
Tabla N° 3.7	Área requerida	63
Tabla N° 3.8	Contenido de Humedad	64
Tabla N° 3.9	Composición Química en Base Seca	67
Tabla N° 3.10	Composición química en base húmeda	68
Tabla N° 3.11	Distribución Potencial de los Elementos	69
Tabla N° 3.12	Componentes de los Residuos Sólidos rápidamente y lentamente descomponibles	69
Tabla N° 3.13	Composición molar de los elementos	70
Tabla N° 3.14	Cálculos para determinar las relaciones normalizadas	70
Tabla N° 3.15	Producción de Aguas Lixiviadas en un Relleno Sanitario	74
Tabla N° 4.1	Generación per cápita de las “52” viviendas participantes	80
Tabla N° 4.2	Composición de Residuos Sólidos de la Ciudad de Juli	81

INDICE DE FIGURAS

	Pág.	
Figura N° 2.1	Modelo Relleno Sanitario	19
Figura N° 2.2	Método de trinchera para relleno manual	19
Figura N° 2.3	Método de trinchera para relleno mecanizado	20
Figura N° 2.4	Método de trinchera para construir un Relleno Sanitario	21
Figura N° 2.5	Método de área para construir un Relleno Sanitario	22
Figura N° 2.6	Método combinado para construir un Relleno Sanitario	22
Figura N° 2.7	Diagrama de los elementos funcionales	30
Figura N° 2.8	Vista en planta de un sistema integrado	37
Figura N° 2.9	Balace Hídrico en un Relleno Sanitario	43
Figura N° 3.1	Proyección de la Población de la Ciudad de Juli	54
Figura N° 3.2	Composición de Residuos Sólidos de la ciudad de Juli	57
Figura N° 3.3	Composición química de residuos sólidos en base seca	67
Figura N° 3.4	Composición química de residuos sólidos en base seca	68
Figura N° 3.5	Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos de un Sistema Integrado de Tratamiento y Disposición Final de Residuos Sólidos	76
Figura N° 3.6	Secuencia Metodológica del Estudio	77
Figura N° 4.1	Composición de Residuos Sólidos de la ciudad de Juli	81
Figura N° 4.2	Composición física de residuos sólidos en base seca	83
Figura N° 4.3	Composición química de los residuos sólidos base seca	83
Figura N° 4.4	Figura Satelital del Área de Relleno Sanitario	85

INDICE DE FOTOS

	Pág.	
Foto N° 2.1	Basura en las calles de la ciudad de Juli	08
Foto N° 2.8	Recolección de residuos sólidos	28
Foto N° 2.9	Separación y procesamiento de residuos	28
Foto N° 2.10	Transporte de residuos	29
Foto N° 3.1	Botaderos de Basura de la ciudad de Juli	46
Foto N° 3.2	Ubicación de la ciudad de Juli	47
Foto N° 3.3	Vista panorámica de la ciudad de Juli (Cercado)	47
Foto N° 3.4	Recolección de residuos en la zona residencial de la ciudad	49
Foto N° 3.5	Recolección de los residuos en la zona comercial	50
Foto N° 3.6	Muestra de residuos sólidos recolectado listo para su pesado	50
Foto N° 3.7	Segregación de los residuos sólidos	51

RESUMEN

Toda actividad humana genera desechos sólidos y estos alteran el equilibrio del ecosistema del área de influencia; por tanto, la necesidad de concebir un instrumento adecuado para mitigar de sus efectos negativos, constituye un desafío. La ciudad de Juli a lo largo de su historia se ha constituido como una de las localidades altiplánicas más importantes debido a su ubicación geográfica; no obstante los cambios en el tiempo, en la actualidad continúan ostentando su liderazgo en producción agropecuaria, pesquera y en la actividad turística.

El método empleado en la presente investigación es empírico, ya que la investigación se ha realizado a través de una intervención directa, empleando materiales adecuados para la obtención de los resultados esperados. Inicialmente se ha verificado el problema de la basura en las distintas arterias y parte de la periferia de la ciudad de Juli, posteriormente se ha indagado en las instituciones competentes sobre la normativa local y las herramientas empleadas en su sistema actual de tratamiento y la respectiva disposición final; encontrándose en esta vacíos que motivan la ejecución del presente trabajo de investigación, a efectos de coadyuvar en su mejora.

Finalmente, como resultado del presente trabajo de investigación se ha determinado que el método más adecuado para el relleno sanitario de la ciudad de Juli, es el de Tipo Trinchera o Zanja en función a la topografía del terreno. Asimismo, se ha calculado que se requiere un área de 20,23 Has para el relleno sanitario y 3,77 Has para los demás servicios, pudiendo tratarse en esta, una generación de residuos sólidos municipales de 0.388 kg/hab-día y 1 388,00 ton/año en la actualidad, llegándose también a calcular 15 349,00 ton/año para una proyección de 10 años. Por su parte la caracterización de los residuos sólidos nos muestra que el 23,09 % son orgánicos; 25,46 % papel; 12,07 % cartón; 8,14 % plásticos; 2,62 % textiles, 4,99 % vidrios; 5,51% hojalatas; 2,89 % aluminio y 12,07 suciedad, cenizas etc. El volumen de gases generados para la fracción rápidamente descomponible es de 1 010,60 m³ de metano; 724,68 m³ de bióxido de carbono y para fracción lentamente descomponible es de 260,54 m³ de metano y 184,86 m³ de bióxido de carbono y se ha determinado que el volumen de lixiviados sería de 502,53 m³/año.

INTRODUCCION

La generación de residuos sólidos Municipales y su manejo adecuado es un desafío actual para cualquier sociedad. Los efectos negativos derivados de un mal manejo de los RESIDUOS SOLIDOS sobre el entorno crea la necesidad de su tratamiento ambientalmente y socialmente adecuado y económicamente sostenible.

La gestión de los residuos sólidos urbanos tiene como meta gestionar los residuos de la sociedad de tal forma que esta sea compatible con las aspiraciones a poseer una calidad ambiental adecuada y una buena salud pública; además de conseguir que la población participe activamente en la gestión de los RESIDUOS SOLIDOS, ya sea desde la selección en el lugar de origen como con las actividades de reutilización y el reciclaje de materiales residuales.

El deterioro del saneamiento ambiental y las condiciones ambientales en asentamientos humanos y la contaminación de aguas, constituyen dos de los varios problemas ambientales que se relacionan con la generación de residuos sólidos. Hoy en día se hace necesaria la materialización de la solución de la problemática de los residuos sólidos y para esto es urgente y necesario que la base fundamental sobre la que se fundamente la solución sean la educación y divulgación ambiental, es necesario priorizar estas actividades, para lograr una cultura que garantice la protección del medio ambiente y el desarrollo sostenible.

Residuos sólidos son todos los residuos que surgen de las actividades humanas y animales, que normalmente son sólidos y que se desechan como inservibles o no queridos. Sin embargo, los materiales de los residuos desechados a menudo son reutilizables y se pueden considerar como un nuevo recurso manejable. El plan de gestión integral de residuos sólidos es el término aplicado a todas las actividades asociadas con la gestión de los residuos dentro de la sociedad. La producción diaria de residuos (aprovechables o no aprovechables) en la ciudad de Juli, pareciera demostrar que el sector comercial es el principal aportante en la cantidad de residuos en los días de feria y en segundo lugar el sector residencial. Buscando que esta situación no se convierta en un problema complejo, es pertinente diseñar unos modelos aplicables para prevenir y mitigar este fenómeno y

promover, de manera proactiva impactos positivos en el entorno y la calidad de vida de las personas. La gestión de Residuos sólidos puede ser definida como la disciplina asociada al Control de la Generación, Almacenamiento, Recolección, Transferencia y Transporte, para finalmente someterlo a Procesamiento y evaluación de Residuos Sólidos.

De tal forma que sea concordante con los principios de la salud pública, de la conservación de los recursos naturales, de la economía, de la ingeniería, de la estética y de otras consideraciones ambientales, y que también responda a las expectativas públicas. La gestión de RESIDUOS SOLIDOS incluye a las funciones administrativas, financieras, legales, de planificación y de ingeniería que involucradas en las soluciones de todos los problemas de los residuos sólidos. Las soluciones como ya se concibe en la actualidad implica relaciones interdisciplinarias, complejas, entre campos como la ciencia política, el urbanismo, la planificación regional, la geografía, la economía, la salud pública, la sociología, la demografía, las comunicaciones y la conservación, así como la ingeniería y la ciencia de los materiales.

La ciudad de Juli se desarrolla a orillas del lago Titicaca a 3868 msnm, latitud 16°12'54" y longitud de 69°27'43", tiene una población estimada en 9800 habitantes y una densidad poblacional de 31,71 habitantes/Km². Rodeada de geoformas positivas y negativas con cotas que van desde los 3 840 a 4 000 m.s.n.m., lo cual dificulta en cierta manera el manejo de los residuos sólidos, por lo cual se propone una gestión integral de los residuos sólidos destinados a de un relleno sanitario controlado.

CAPITULO I

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los residuos sólidos municipales (Residuos Sólidos) son aquellos que provienen de las actividades domésticas, comerciales, industriales (pequeña industria y artesanía), institucionales (administración pública, establecimientos de educación, etc.), de mercados, y los resultantes del barrido y limpieza de vías y áreas públicas de un conglomerado urbano, y cuya gestión está a cargo de las autoridades municipales. (Contanhede 2008).

La gestión de residuos sólidos, especialmente lo relacionado con la disposición final, es una tarea compleja que se ha convertido en un problema común en los países en vías de desarrollo. Ello se refleja en la falta de limpieza de las áreas públicas, la recuperación de residuos en las calles, el incremento de actividades informales, la descarga de residuos en cursos de agua o su abandono en botaderos a cielo abierto y la presencia de personas, de ambos sexos y de todas las edades, en estos sitios en condiciones infrahumanas, expuestas a toda clase de enfermedades y accidentes. (Tchobanoglous G.–Theisen H. 1997).

El problema de los Residuos Sólidos está presente en la mayoría de las ciudades y pequeñas poblaciones por su inadecuada gestión y tiende a agravarse en determinadas regiones como consecuencia de múltiples factores, entre ellos, el acelerado crecimiento de la población y su concentración en áreas urbanas, el desarrollo industrial, los cambios de hábitos de consumo, el uso generalizado de envases y empaques y materiales desechables, que aumentan considerablemente la cantidad de residuos.

Este panorama se agrava debido a la crisis económica y a la debilidad institucional que obligan a reducir el gasto público y a mantener tarifas bajas. Además, la poca educación sanitaria y la escasa participación ciudadana generan una gran resistencia al momento de pagar los costos que implican el manejo y la disposición de residuos, en detrimento de la calidad del servicio de aseo urbano, lo que

constituye otra de las causas que agravan el problema. Todo ello compromete la salud pública, aumenta la contaminación de los recursos naturales y el ambiente de nuestro territorio y deteriora la calidad de vida de la población.

El desarrollo de cualquier asentamiento humano está acompañado siempre de una mayor producción de residuos que, al mezclarse, no solo pierden o disminuyen su potencial valor comercial, sino que también afectan la salud de la comunidad y degradan su entorno. En tal sentido, se hace manifiesta la necesidad de buscar soluciones adecuadas para su manejo y disposición final, ante el deterioro del medio ambiente y problemas a la salud de la población de Juli.

Ante esta situación, es imprescindible que los municipios y los demás organismos afronten racionalmente la gestión de los residuos sólidos, teniendo en cuenta, entre otras consideraciones: el nivel de educación ambiental de la comunidad y su capacidad de pago del servicio de aseo urbano; las implicaciones que acarrea la mezcla de residuos; el valor económico de algunos de estos y su probable mercado; la complementariedad de los sistemas de tratamiento y disposición final; y el costo inherente a los procesos que suponen su recolección, transporte, tratamiento y eliminación.

La contaminación de medio ambiente con residuos sólidos urbanos que a su vez generan gases y lixiviados, es un problema vinculado a todos los centros poblados; en ese sentido, se hace necesaria la formulación de estudios técnicos especializados que contribuyan a su solución, siendo una de ellas la “Gestión Integral de los Residuos Sólidos de la ciudad de Juli destinado para un Relleno Sanitario”.

1.2. ANTECEDENTES

- **Rúelas, C. (1999).** “Determinación de Residuos Sólidos en las Orillas de la Bahía Interior de Puno”. Biociencia, vol.1 N° 1. UNA Puno.

Ha llevado a cabo un estudio del proceso de contaminación de la bahía interior de Puno y sus efectos en el agua que consume la ciudad, llegando a la conclusión que éstos contaminan las aguas que viene consumiendo la ciudad y se debe efectuar un tratamiento de estos residuos sólidos a través de un botadero o relleno sanitario con todas las condiciones técnicas como son la recuperación del gas metano y reutilizarlo en el aprovechamiento de energía y un tratamiento de los lixiviados que estos produzcan.

- **Martínez A. Diana Paola y Rodríguez P. María Antonieta (2005)** Tesis para obtener el grado de Ingeniero Civil “Estudio de factibilidad de un plan piloto de gestión integral de residuos sólidos domiciliarios en el barrio Villa Alexandra en la localidad de Kennedy”

El objetivo de este trabajo es proponer, a partir del estudio de la composición de los residuos sólidos domiciliarios del barrio Villa Alexandra, algunas alternativas de manejo para dichos residuos. A fin de determinar la producción y composición de tales residuos, fue necesario realizar 4 muestreos, los cuales arrojaron como resultado un alto porcentaje de materia orgánica. Se analizaron los diferentes tratamientos que se le puede dar a los residuos orgánicos y se tomó como alternativa de manejo para estos residuos.

- **Jorge Jaramillo (2002)** “Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales” Universidad de Antioquia, Colombia

Presenta una solución para la disposición final de residuos sólidos municipales en pequeñas poblaciones, guía actualizada que abarca todas las etapas involucradas en la puesta en marcha de un relleno sanitario manual para pequeñas poblaciones. Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales.

- **Consortio Ambiental y de Servicios S.A. (1998)**, Manifiesto de impacto ambiental “Relleno Sanitario Poniente Picachos” Guadalajara-México; Diseño y construcción de un relleno sanitario al poniente de la zona Metropolitana de Guadalajara para resolver a mediano y largo plazo, disposición final de los residuos sólidos municipales de los municipios de Zapopan y Guadalajara y que el sitio cumpla con las normas ambientales aplicables.
- **Víctor D. Phillips, GEM Director Ron Tschida, GEM Coordinador de Comunicaciones Marco Hernández, Editor Por Eugenia Santiago Reyes** “Manual para el manejo de residuos sólidos” Universidad Autónoma de Chapingo. El propósito de este manual es para que las comunidades cuenten con una herramienta básica muy sencilla que ofrece alternativas para el manejo de los residuos sólidos, que permita orientar a las autoridades responsables, amas de casa y público en general para llevar un buen manejo y disposición final de los residuos sólidos, así como les permita instrumentar políticas organizativas a fin de obtener mejores soluciones. En este manual nos muestra de manera sencilla y práctica de qué forma los habitantes de cualquier comunidad podemos contribuir a la solución de un problema serio y molesto.
- **Soto López, Fernando A.(2007)** “Instrumento de precio como política óptima para el mercado de residuos sólidos domiciliarios (RSD) en presencia de disposición ilegal” Tesis para optar el título de Magister. El propósito de este trabajo es explorar las ventajas de un instrumento de precio como política óptima para el manejo y tratamiento de residuos sólidos domiciliarios (RSD), con el objetivo de proporcionar una herramienta al regulador a la hora de evaluar los efectos en bienestar de esta política ambiental. Además, a partir de un modelo de equilibrio parcial se determina cual es el precio óptimo por unidad de RSD cuando los hogares tienen la posibilidad de disponer ilegalmente sus residuos. El resultado es que el precio óptimo debe reflejar el costo social del tratamiento de la basura legal, menos un subsidio equivalente al dado marginal de la disposición ilegal ponderado por la relación entre las

elasticidades precios de la basura legal e ilegal. Si el cambio en la disposición ilegal es insignificante ante un cambio en el precio de la basura legal, el monto del subsidio será menor. También será menor a medida que la elasticidad precio de la basura legal sea mayor

- **Ing. Albina Ruiz Ríos, Directora Ejecutiva de Ciudad Saludable (2005)** “Guía Técnica para la Formulación de Planes de Minimización de Residuos Sólidos y Recolección Segregada en el Nivel Municipal”, el objetivo es brindar herramientas que permitan a los gobiernos locales formular e implementar sus “Planes de Minimización de Residuos Sólidos y Recolección Selectiva en el Nivel Municipal”. Así como desarrollar instrumentos para sensibilizar y educar a los diferentes grupos de interés en el adecuado manejo y reaprovechamiento de los residuos sólidos.

Para lograr los objetivos planteados recomendamos a todas aquellas personas responsables de la formulación e implementación de los planes de minimización de residuos sólidos y recolección selectiva en el nivel municipal o facilitadores de las comunidades, lo siguiente:

-) Contar con conocimientos previos sobre el tema
-) Utilizar los contenidos propuestos sobre el tema
-) Hacer uso de los materiales educativos propuestos

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

- ✓ Determinar los parámetros necesarios para la gestión integral de residuos sólidos en la ciudad de Juli, destinados para su tratamiento en un relleno sanitario.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Determinar el volumen per cápita de residuos sólidos generados por los habitantes de la ciudad de Juli destinados para un relleno sanitario.
- ✓ Determinar las propiedades, composición física, composición química, volumen de gas y lixiviados de los residuos sólidos generados en la ciudad de Juli.
- ✓ Determinar el método más adecuado para el relleno sanitario, su tratamiento y el lugar para la disposición final de los mismos.

1.4. JUSTIFICACION

El presente trabajo de investigación considera que el solucionar los diferentes problemas que tiene la ciudad de Juli frente a los residuos sólidos municipales la justificación se sustenta de la siguiente manera:

1.4.1. JUSTIFICACIÓN AMBIENTAL

Es necesario considerar que los residuos sólidos afectan tanto al ambiente como a las personas, convirtiéndose en un problema no sólo por lo que representa desde el punto de vista ecológico y de salud sino por la creciente generación de estos.

Actualmente existen severos problemas en la gestión de los residuos sólidos por parte de la municipalidad Distrital de Juli, las principales causas de este problemas son la falta de control de las autoridades debido posiblemente a la carencia de

recursos humanos, físicos, financieros y la no aplicación de sanciones a los infractores. Estos problemas principalmente están referidas a:

La cobertura de barrido así como de transporte de los residuos sólidos son inadecuados e insuficientes; en los puntos de acopio, existen problemas de ubicación y defectuosa operación que puede impactar negativamente en el ambiente y en la calidad de vida de las poblaciones aledañas; y creando un relleno sanitario se solucionaría este problema.

1.4.2. JUSTIFICACIÓN SOCIAL

La participación de la población en el manejo de los residuos sólidos es débil porque se considera que el problema compete únicamente a las municipalidades. La educación de los actores del proceso, autoridades, productores y generadores, y especialmente la comunidad, es parte importante para solucionar este grave problema y lograr un desarrollo sostenido

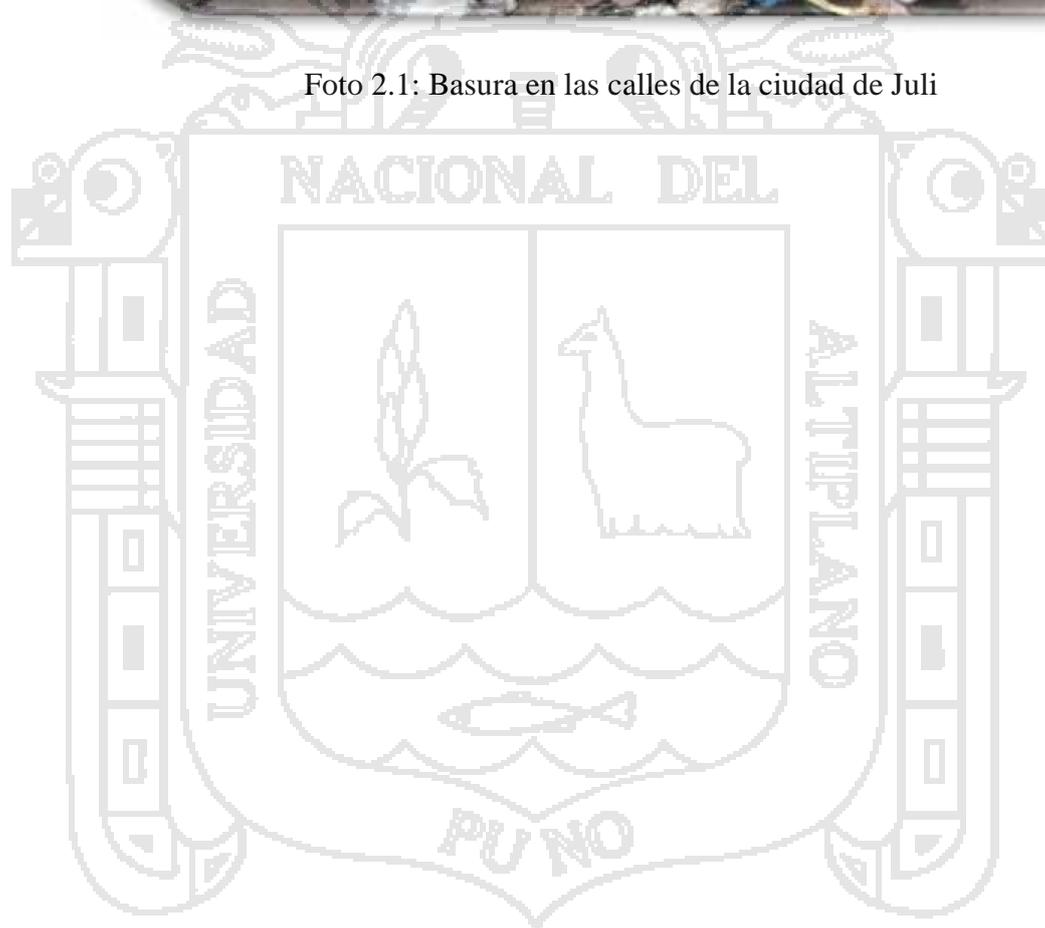
1.4.3. JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA

Por otro lado, el costo que significa el manejo de los residuos sólidos es cubierto íntegramente por la municipalidad Distrital de Juli, generalmente es cubierto a través del cobro por servicios públicos, sin embargo, la recaudación no es eficiente siendo este del orden del 60 %, existiendo un alto índice de morosidad lo que incide en un servicio de mala calidad y que los usuarios en muchas oportunidades se niegan a pagarlo. Sin embargo este aspecto es crucial para lograr el autofinanciamiento. Además, la municipalidad no ha realizado la evaluación de los beneficios económicos que podrían generarse con el adecuado manejo de los residuos a través del reciclaje de alguno de los materiales.

Ante dicha situación hay que considerar la necesidad de diseñar y proponer un Plan Integral, de tal forma que la generación, el manejo y la disposición final de los residuos sólidos sea un asunto controlado, de participación conjunta entre gobierno y ciudadanía.



Foto 2.1: Basura en las calles de la ciudad de Juli



CAPITULO II

2.1. MARCO TEORICO

2.1.1. LA NATURALEZA Y ORGANIZACIÓN ACTUAL DEL SERVICIO DE LIMPIEZA PÚBLICA

Según Ley N° 27314, Ley General de Residuos Sólidos; D. S. N° 057-2004-PCM Reglamento de la Ley General de RRSS; Ley N° 28245 - Ley General del Medio Ambiente y Ley marco del sistema nacional de gestión ambiental; Ley N° 27972.- Ley Orgánica de Municipalidades., las Municipalidades provinciales y distritales son responsables de asegurar la correcta prestación de los Servicios de Recolección, Transporte y Transferencia, Disposición Final de los Residuos Sólidos y de la limpieza de vías, espacios y monumentos públicos en su jurisdicción.

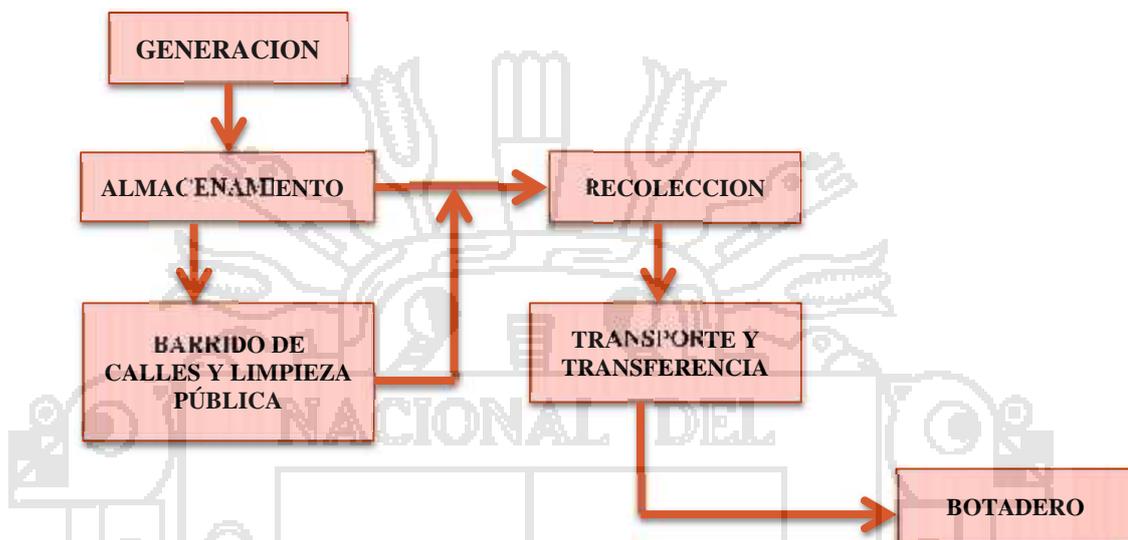
Los Residuos Sólidos en su totalidad deberán ser conducidos directamente a la planta de tratamiento, transferencia o al lugar de la disposición final autorizado por la Municipalidad Distrital, estando obligados los municipios distritales al pago de los derechos correspondientes. (Tchobanoglous G.–Theisen H. 1997).

Actualmente, el proceso de Manejo de los Residuos en la ciudad de Juli– Perú, comprende las siguientes actividades: Generación, Almacenamiento, Barrido de Calles y Limpieza Pública, Recolección, Transporte y Transferencia y; Disposición Final. No se realizan las actividades relacionadas con la separación y el tratamiento (reciclaje de los residuos sólidos inorgánicos, compostaje de los residuos sólidos orgánicos, incineración de los RESIDUOS SOLIDOS Peligrosos) y; la disposición final se realiza en un botadero pero sin ningún criterio técnico ni ambiental.(Municipalidad Distrital de Juli 2014).

En lo que respecta a la organización, actualmente en la Municipalidad distrital de Juli, el servicio de limpieza pública se brinda por Administración Municipal Directa, usando un modelo organizacional simple y precario. En su estructura organizativa existe una Oficina de Servicios Públicos y dentro de ella el Area de Limpieza Pública y Ornato, encargada de proporcionar este servicio incluido el

mantenimiento de parques y jardines. Estas dependencias se encuentran insertas en la estructura organizativa municipal.

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO ACTUAL DE MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS EN LA CIUDAD DE JULI



2.1.2. RESIDUOS SÓLIDOS

Son los restos de las actividades humanas, considerados por sus generadores como inútiles, indeseables o desechables. Se presentan en estado sólido, semisólido o semilíquido (es decir, con un contenido líquido insuficiente para que este material pueda fluir libremente). (Tchobanoglous G.–Theisen H. 1997)

2.1.3. CLASIFICACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS

El conocimiento que se tiene a la fecha sobre los residuos sólidos, ha desarrollado varias formas de clasificarlos: (Tchobanoglous G.–Theisen H. 1997)

- Por su naturaleza física: seca o húmeda.
- Por su composición química: materia orgánica y materia inorgánica.
- Por los riesgos potenciales: peligrosos, no-inertes e inertes.
- Por su origen, esto es donde o quien los genera

A. CLASIFICACIÓN POR SU ORIGEN

i. DOMICILIARIOS

Son los residuos sólidos originados por la actividad diaria en los domicilios, y están constituidos por restos de alimentos (como cáscaras de frutas, verduras, etc.), productos deteriorados, periódicos y revistas, envases, embalajes en general, papel higiénico, pañales desechables y una gran diversidad de otros artículos. Contienen además algunos residuos que pueden ser peligrosos (como pilas, baterías, tintas, etc.)

ii. COMERCIALES

Son los residuos sólidos originados por los diversos establecimientos comerciales y de servicios, tales como mercados, abacerías, tiendas, bancos, hospedajes y hoteles, bares, restaurantes, escuelas, etc. Los residuos sólidos de estos establecimientos y servicios tienen un fuerte componente de papel, plásticos, embalajes diversos y residuos de aseo de los empleados y usuarios, como papel higiénico, pañuelos desechables, etc.

iii. BARRIDO

Son los residuos sólidos originados por los servicios que se obtiene como producto de la limpieza pública urbana, de calles, plazas, ferias comerciales y artesanales, resto de poda de árboles, etc.

iv. SERVICIOS DE SALUD (HOSPITALARIOS)

Son los residuos sólidos producidos por servicios de salud, tales como: hospitales, clínicas, laboratorios, farmacias, clínicas veterinarias, puestos de salud, etc. Están constituidos por:

- **Residuos comunes:** papeles, restos de comida, residuos de limpiezas generales (polvos, cenizas, etc.) y otros materiales que no entran en contacto directo con los pacientes o con los residuos contaminados. Son considerados como residuos domiciliarios.
- **Residuos contaminados:** agujas, gasas, jeringas, vendas, algodones, órganos y tejidos extraídos y amputados, medios de cultivo y animales usados para ensayos, sangre coagulada, guantes desechables, medicinas vencidas, instrumentos de resina sintética, placas fotográficas de Rayos X, etc.

v. INDUSTRIALES

Son los residuos sólidos originados por las actividades de las diversas ramas de la industria, tales como, metalúrgica, química, petroquímica, papelera, alimentaría, etc. Los residuos sólidos industriales son bastante variados, y pueden estar constituidos por cenizas, lodos, aceites, plásticos, papel, madera, fibras, llantas, metal, escorias, vidrios y cerámicas, etc. En esta categoría se incluye la mayor parte de los residuos sólidos considerados peligrosos.

vi. AGRÍCOLAS

Residuos sólidos de actividades agrícolas y pecuarias, como envases de abonos, insecticidas y herbicidas altamente tóxicos, etc.

vii. ESCOMBROS

Residuos de la construcción civil: demoliciones y restos de obras, tierra de excavaciones, etc. Los escombros generalmente son un material inerte, que puede ser reaprovechado.

B. COMPOSICIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS

Se identificará en una base másica o volumétrica los distintos componentes de los residuos, usualmente los valores de composición de residuos sólidos se describen en términos de porcentaje en masa, también en base húmeda y contenidos como materia orgánica, papales y cartones, plásticos, textiles, vidrios, metales, etc.

La utilidad de conocer la composición de residuos sirve para una serie de fines, entre los que se pueden destacar estudios, reciclaje, factibilidad de tratamiento, investigación, identificación de residuos, estudio de políticas de gestión y manejo.

i. ORGÁNICOS:

- **Residuos de Comida:** Residuos de la manipulación, preparación, cocción y consumo de comida
- **Papel:** Periódicos usados, papel de alta calidad, revistas, papel mezclado, papel térmico de fax, etc.
- **Cartón.** Cartón/kraft usado y reciclable.
- **Plásticos:** PET (botellas de gaseosa), PE-HD (recipientes de agua y leche y botellas para detergentes), plásticos mezclados (no seleccionados), otros plásticos (PVC, PE-LD, PP y PS) plástico de película.
- **Textiles:** Ropa, trapos etc.
- **Goma:** Todas las clases de productos de goma, excluyendo neumáticos de vehículos motorizados.
- **Cuero:** Zapatos, abrigos, casacas, tapicería.
- **Residuos de Jardín:** Recortes de césped, hojas, poda de árboles y arbustos.
- **Madera:** Materiales residuales de la construcción.
- **Misceláneos:** Pañales desechables, cabello, pelo de animales menores, plumas, etc.

ii. INORGÁNICOS:

- **Vidrio:** Vidrio de recipientes (blanco, ámbar, verde, azul), vidrio plano.
- **Latas de hojalata:** Envases de conservas, leche evaporada, etc.
- **Aluminio:** Envases de bebidas, aluminio secundario (Ollas, tapas, chapas, etc.)

C. PROPIEDADES FÍSICAS:

Las propiedades físicas más importantes son: El contenido de humedad, el volumen y el peso específico:

2.1.3.1. CONTENIDO DE HUMEDAD

Para el cálculo del contenido de humedad de los residuos sólidos, se ha utilizado el método peso-húmedo y la siguiente ecuación 2.1:

$$M = \frac{w-d}{w} * 100 \quad \text{Ec. 2.1}$$

Dónde:

M = Contenido de humedad en porcentaje

w = Peso inicial de la muestra

d = Peso de la muestra después de secarse

El contenido de humedad de los residuos sólidos emplazados en el vertedero dan origen a la generación de lixiviados, los que se ven incrementados en época de avenidas; dichos lixiviados al no ser tratados producen contaminación en los cuerpos de agua subterráneos y superficiales, y en los suelos.

En el cuadro 2.1 se muestra la estimación del peso seco para poder aplicar la ecuación (2.1)

TABLA N°2.1: CONTENIDO DE HUMEDAD

Componentes	RESIDUOS SOLIDOS Total Ton/día	Porcentaje en Peso	Contenido de Humedad Porcentaje	Peso Seco Ton/día
ORGANICOS				
Residuos de Comida Papel Cartón				
INORGANICOS				
Vidrio Latas de hojalata Aluminio				
Total				

Fuente: Tchobanoglous G.-Theisen H. (1997)

2.1.3.2. VOLUMEN

El volumen total de los residuos sólidos que genera la ciudad de Juli, permitirá el diseño adecuado de rutas y frecuencia y número de unidades de recolección, número y capacidad de contenedores y el diseño de infraestructura necesaria para la disposición final y el cálculo de la vida útil del recientemente construido. Para los efectos de evaluación se empleará la siguiente tabla.

TABLA 2.2: CÁLCULO DE VOLUMEN

Componentes	RS Total Húmedo Ton/Día	Peso Especifico Típico kg/m ³	Volumen m ³
ORGANICOS			
Residuos de Comida Papel Cartón			
INORGANICOS			
Vidrio Latas de hojalata Aluminio Otros Metales Suciedad, cenizas, etc			
Total			

2.1.3.3. DENSIDAD

Teniendo en cuenta el peso total de los residuos sólidos y el volumen calculado, se calcula el peso específico de los residuos sólidos como recogidos:

$$\rho = \frac{k}{m^3}$$

2.1.3.4. PROPIEDADES QUÍMICAS

La información sobre la composición química de los componentes que conforman los residuos sólidos es importante para evaluar una futura opción de procesamiento y recuperación.

2.1.3.4.1. COMPOSICIÓN QUÍMICA

Tomando como base la composición elemental de los residuos sólidos de la ciudad de Puno, se ha obtenido la composición química que permitirá evaluar las opciones de procesamiento y recuperación.

Los resultados de los cuadros 2.1, 2.2, nos permiten definir las fórmulas químicas empíricas del total de generación con las fórmulas químicas que a continuación se detallan. (Tchobanoglous G. -Theisen H. 1997).

FORMULAS QUÍMICAS EMPÍRICAS DEL TOTAL DE RESIDUOS SÓLIDOS GENERADOS:

✓ **Formulas químicas sin azufre:**

Sin Agua $C_4 H_7 O_2 N$

Con Agua $C_4 H_1 O_7 N$

✓ **Formula química con azufre**

Sin agua $C_{586} H_{934} O_{248} N_{12} S$

Con Agua $C_{586} H_{2194} O_{885} N_{12} S$

FORMULAS QUÍMICAS EMPÍRICAS DE LA FRACCIÓN ORGÁNICA

✓ **Formulas químicas sin azufre:**

Sin Agua $C_{20}H_{31}O_{10}N$

Con Agua $C_{20}H_{78}O_{34}N$

✓ **Formula química con azufre**

Sin agua $C_{291}H_{445}O_{143}N_{0.7}S_{14}$

Con Agua $C_{291}H_{1124}O_{486}N_{0.7}S_{14}$

2.1.4. CARACTERÍSTICAS DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS

Los residuos sólidos se generan en todas aquellas actividades en las que los materiales son considerados por su propietario o poseedor como desechos sin ningún valor adicional y son abandonados para su tratamiento final.

TABLA N° 2.3: ACTIVIDADES GENERADORAS DE RESIDUOS SÓLIDOS EN LA CIUDAD DE JULI

ACTIVIDADES GENERADORAS	COMPONENTES	% DEL TOTAL DE RESIDUOS SÓLIDOS
Residencial y Domiciliario	Desperdicios de cocina, papeles y cartón, plásticos, vidrio, metales, textiles, residuos de jardín, tierra, etc.	50 a 75
Comercial Almacenes, oficinas, mercados, restaurantes, hoteles y otros	Papel, cartón, plásticos, madera, residuos de comida, vidrio, metales,	10 a 20
Institucional Oficinas públicas, escuelas, colegios, servicios públicos y otros.	Semejantes al comercial	5 a 15
Industria (pequeña industria y artesanía) Manufactura, confecciones de ropa, zapatos, sastrerías, carpinterías, etc.	Residuos de procesos industriales, materiales de chatarra, etc. Incluye residuos de comida, cenizas, demolición y construcción, especiales y peligrosos.	5 a 30
Barrido de vías y áreas públicas	Residuos que arrojan los peatones, tierra, hojas, excrementos, etc.	10 a 20

Fuente: Municipalidad de Juli (Diagnóstico de la situación del manejo de Residuos Sólidos) 2008

2.1.5. BOTADERO DE BASURA A CIELO ABIERTO O BASURERO

El uso de botadero de basura es una de las prácticas de disposición final más antiguas que ha utilizado el hombre para tratar de deshacerse de los residuos que él mismo produce en sus diversas actividades. Se le llama *botadero* al sitio donde los residuos sólidos se abandonan sin separación ni tratamiento alguno. Este lugar suele funcionar sin criterios técnicos en una zona de recarga situada junto a un cuerpo de agua, un drenaje natural, etc. Allí no existe ningún tipo de control sanitario ni se impide la contaminación del ambiente; el aire, el agua y el suelo son deteriorados por la formación de gases y líquidos lixiviados, quemas y humos, polvo y olores nauseabundos. Los botaderos de basura a cielo abierto son cuna y hábitat de fauna nociva transmisora de múltiples enfermedades. En ellos se observa la presencia de perros, vacas, cerdos y otros animales que representan un peligro para la salud y la seguridad de los pobladores de la zona, especialmente para las familias de los segregadores que sobreviven en condiciones infrahumanas sobre los montones de basura o en sus alrededores.

La segregación de subproductos de la basura promueve la proliferación de negocios relacionados con la reventa de materiales y el comercio ilegal. Ello ocasiona la depreciación de las áreas y construcciones colindantes; asimismo, genera suciedad, incremento de contaminantes atmosféricos y falta de seguridad por el tipo de personas que concurren a estos sitios. En la actualidad, el hecho de que los municipios abandonen sus basuras en botaderos a cielo abierto es considerado una práctica irresponsable para con las generaciones presentes y futuras, así como opuesta al desarrollo sostenible.

2.1.6. RELLENO SANITARIO

Según lo establecido en el Reglamento de la Ley General de Residuos Sólidos, una infraestructura de disposición final, debidamente equipada y operada, que permite disponer sanitaria y ambientalmente segura los residuos sólidos.

El relleno sanitario es una técnica de disposición final de residuos sólidos en el suelo, mediante el uso de principios de ingeniería para confinar la basura en un área previamente implementada con los dispositivos para el control y manejo de

las emisiones (líquidos y gases) que se generan producto de la descomposición de la materia orgánica contenida en los residuos sólidos, con la finalidad de prevenir los riesgos a la salud pública y deterioro de la calidad ambiental. Los rellenos sanitarios de acuerdo al tipo de operación se clasifican en tres:

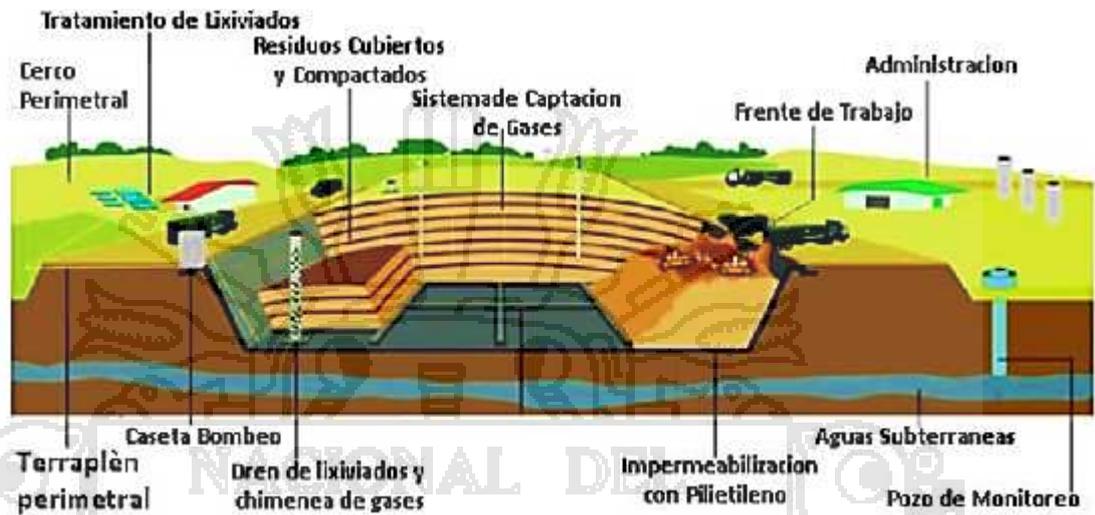


Figura 2.1: Modelo Relleno Sanitario

2.1.6.1. RELLENO SANITARIO

El esparcido, compactación y cobertura de los residuos se realiza mediante el uso de herramientas simples como rastrillos, pisones manuales, entre otros y la capacidad de operación diaria no excede las 20 toneladas de residuos. Se restringe su operación en horario nocturno.

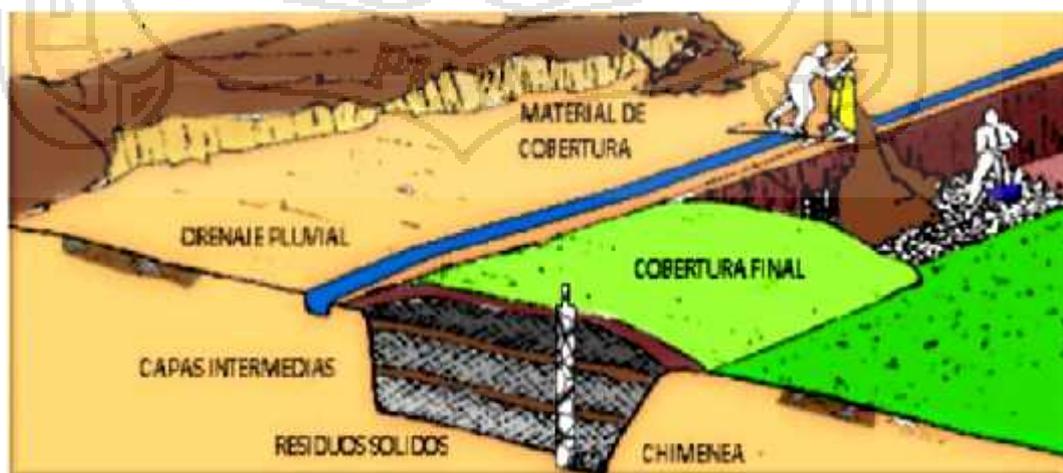


Figura N° 2.2: Método de trinchera para relleno manual

2.1.6.2. RELLENO SANITARIO SEMI MECANIZADO

La capacidad máxima de operación diaria no excede las 50 toneladas de residuos y los trabajos de esparcido, compactación y cobertura de los residuos se realizan con el apoyo de equipo mecánico, siendo posible el empleo de herramientas manuales para complementar los trabajos del confinamiento de residuos.

2.1.6.3. RELLENO SANITARIO MECANIZADO

La operación se realiza íntegramente con equipos mecánicos como el tractor de oruga, cargador frontal y su capacidad de operación diaria es mayor a las 50 toneladas. Es materia de la presente guía técnica exclusivamente la orientación respecto a los procedimientos previos, el diseño, la construcción y la operación del relleno sanitario manual. El método de disposición final de prácticamente todos los residuos sólidos municipales (Residuos Sólidos) lo constituye el relleno sanitario. Es el único admisible, ya que no representa peligro alguno ni riesgos para la salud pública. Además, minimiza la contaminación y otros impactos negativos en el ambiente. Es una forma de disposición final de residuos sólidos urbanos en la tierra, a través de su confinamiento en capas cubiertas con materia inerte, generalmente tierra, según normas operacionales específicas, de modo de evitar daños o riesgos para la salud pública y la seguridad, minimizando los impactos ambientales.

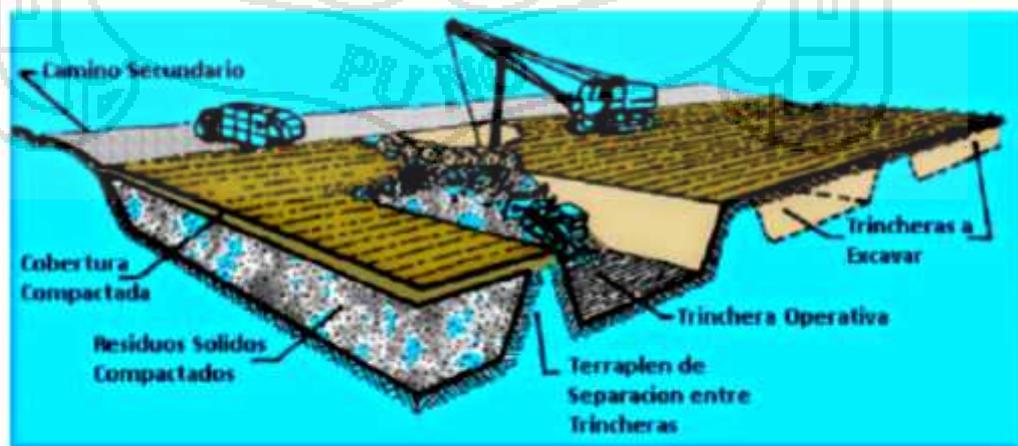


Figura N° 2.3: Método de trinchera para relleno mecanizado

2.1.7. MÉTODOS DE RELLENOS SANITARIOS

El proceso constructivo y la secuencia de la operación de un relleno sanitario están determinados principalmente por la topografía del terreno seleccionado, de la fuente del material de cobertura y de la profundidad del nivel freático. A continuación describiremos los métodos más importantes en el diseño, construcción y operación de un relleno sanitario. (Tchobanoglous G.–Theisen H. 1997)

2.1.7.1. MÉTODO DE TRINCHERA O ZANJA

Este método se utiliza en regiones planas y consiste en excavar periódicamente zanjas de dos o tres metros de profundidad, con el apoyo de una retroexcavadora o un tractor sobre orugas. Es de anotar que existen experiencias de excavación de trincheras hasta de 7m de profundidad para relleno sanitario. La tierra que se extrae, se coloca a un lado de la zanja para utilizarla como material de cobertura. Los desechos sólidos se depositan y acomodan dentro de la trinchera para luego compactarlos y cubrirlos con la tierra. La Basura es esparcida y compactada en una trinchera excavada. El material de recubrimiento se obtiene de la propia excavación.

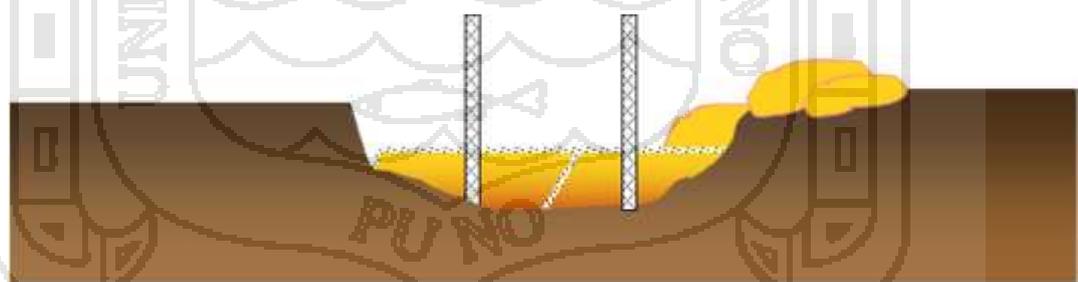


Figura 2.4: Método de trinchera para construir un Relleno Sanitario
Fuente: Tchobanoglous G.–Theisen H. (1997)

2.1.7.2. MÉTODO DE ÁREA

En áreas relativamente planas, donde no sea factible excavar fosas o trincheras para enterrar las basuras, éstas pueden depositarse directamente sobre el suelo original, elevando el nivel algunos metros. En estos casos, el material de cobertura

deberá ser importado de otros sitios o, de ser posible, extraído de la capa superficial. En ambas condiciones, las primeras se construyen estableciendo una pendiente suave para evitar deslizamientos y lograr una mayor estabilidad a medida que se eleva el relleno. (Figura 2.5). Los residuos son esparcidos y compactados en la superficie natural del terreno

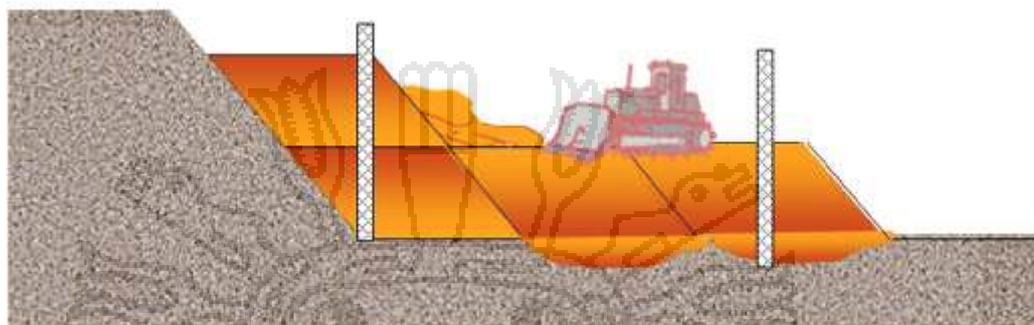


Figura 2.5: Método de área para construir un Relleno Sanitario

Fuente: Tchobanoglous G.–Theisen H. (1997)

2.1.7.3. COMBINACIÓN DE AMBOS MÉTODOS

Es necesario mencionar que, dado que estos dos métodos de construcción de un Relleno Sanitario tienen técnicas similares de operación, pueden combinarse lográndose un mejor aprovechamiento del terreno del material de cobertura y rendimientos en la operación. El material de recubrimiento se obtiene directamente en el frente de trabajo y es compactado sobre los residuos.

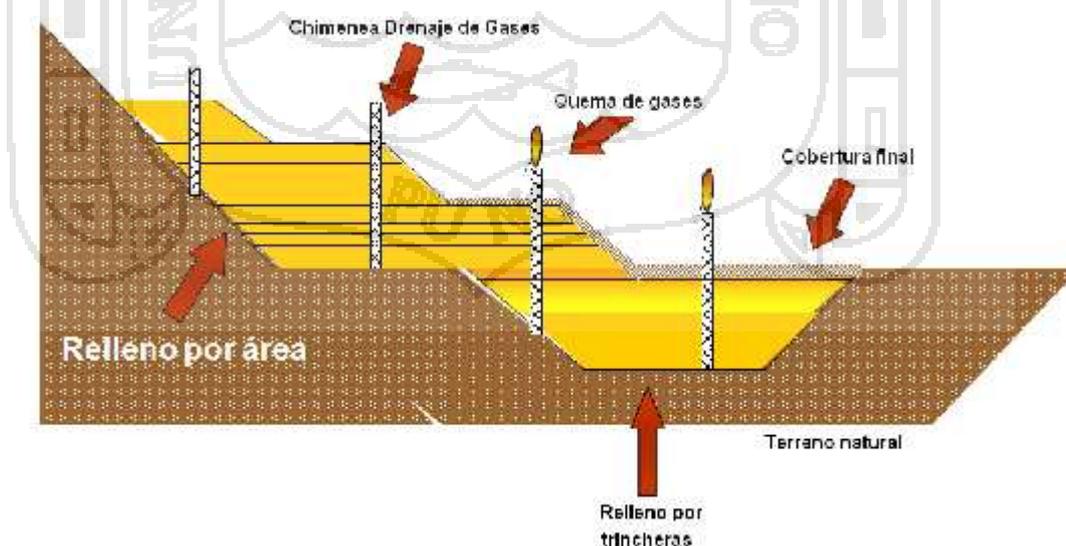


Figura 2.6: Método combinado para construir un Relleno Sanitario

Fuente: Tchobanoglous G. –Theisen H. (1997)

2.1.8. REACCIONES QUE SE GENERAN EN UN RELLENO SANITARIO

2.1.8.1. CAMBIOS FÍSICOS, QUÍMICOS Y BIOLÓGICOS

Los Residuos Sólidos depositados en un relleno sanitario presentan una serie de cambios físicos, químicos y biológicos de manera simultánea e interrelacionada. Estos cambios se describen a continuación a fin de dar una idea de los procesos internos que se presentan cuando los residuos son confinados.

➤ CAMBIOS FÍSICOS.

Los cambios físicos más importantes están asociados con la compactación de los Residuos Sólidos, la difusión de gases dentro y fuera del relleno sanitario, el ingreso de agua y el movimiento de líquidos en el interior y hacia el subsuelo, y con los asentamientos causados por la consolidación y descomposición de la materia orgánica depositada.

El movimiento de gases es de particular importancia para el control operacional y el mantenimiento del sistema. Por ejemplo, cuando el biogás se encuentra atrapado, la presión interna puede causar agrietamiento de la cubierta y fisuras, lo que permite el ingreso de agua de lluvia al interior del relleno sanitario, lo que provoca mayor generación de gases y lixiviados. Lo anterior contribuye a que se produzcan hundimientos y asentamientos diferenciales en la superficie y que se desestabilicen los terraplenes por el mayor peso de la masa de desechos.

➤ REACCIONES QUÍMICAS.

Las reacciones químicas que ocurren dentro del relleno sanitario e incluso en los botaderos de basura abarcan la disolución y suspensión de materiales y productos de conversión biológica en los líquidos que se infiltran a través de la masa de Residuos Sólidos, la evaporación de compuestos químicos y agua, la adsorción de compuestos orgánicos volátiles, la deshalogenación y descomposición de compuestos orgánicos y las reacciones de óxido-reducción que afectan la

disolución de metales y sales metálicas. (La importancia de la descomposición de los productos orgánicos reside en que estos materiales pueden ser transportados fuera del relleno sanitario o del botadero de basura con los lixiviados.)

➤ **REACCIONES BIOLÓGICAS.**

Las más importantes reacciones biológicas que ocurren en los rellenos sanitarios son realizadas por los microorganismos aerobios y anaerobios, y están asociadas con la fracción orgánica contenida en los RESIDUOS SÓLIDOS. El proceso de descomposición empieza con la presencia del oxígeno (fase aerobia); una vez que los residuos son cubiertos, el oxígeno empieza a ser consumido por la actividad biológica. Durante esta fase se genera principalmente bióxido de carbono. Una vez consumido el oxígeno, la descomposición se lleva a cabo sin él (fase anaerobia): aquí la materia orgánica se transforma en bióxido de carbono, metano y cantidades traza de amoníaco y ácido sulfhídrico.

2.1.8.2. GENERACIÓN DE LÍQUIDOS Y GASES

Casi todos los residuos sólidos sufren cierto grado de descomposición, pero es la fracción orgánica la que presenta los mayores cambios. Los subproductos de la descomposición están integrados por líquidos, gases y sólidos.

➤ **LÍQUIDO LIXIVIADO O PERCOLADO.**

La descomposición o putrefacción natural de la basura produce un líquido maloliente de color negro, conocido como lixiviado o percolado, parecido a las aguas residuales domésticas, pero mucho más concentrado.

Las aguas de lluvia que atraviesan las capas de basura aumentan su volumen en una proporción mucho mayor que la que produce la misma humedad de los Residuos Sólidos, de ahí que sea importante interceptarlas y desviarlas para evitar el incremento de lixiviado; de lo contrario, podría haber problemas en la operación del relleno y contaminación en las corrientes y nacimientos de agua y pozos vecinos.

➤ **GASES.**

Un relleno sanitario se comporta como un digestor anaerobio. Debido a la descomposición o putrefacción natural de los Residuos Sólidos, no solo se producen líquidos sino también gases y otros compuestos. La descomposición de la materia orgánica por acción de los microorganismos presentes en el medio tiene dos etapas: aerobia y anaerobia.

✓ **AEROBIA**

Es aquella fase en la cual el oxígeno que está presente en el aire contenido en los intersticios de la masa de residuos enterrados es consumido rápidamente.

✓ **ANAEROBIA**

En cambio, es la que predomina en el relleno sanitario porque no pasa el aire y no existe circulación de oxígeno, de ahí que se produzcan cantidades apreciables de metano (CH_4) y dióxido de carbono (CO_2), así como trazas de gases de olor punzante, como el ácido sulfhídrico (H_2S), amoníaco (NH_3) y mercaptanos.

El gas metano reviste el mayor interés porque, a pesar de ser inodoro e incoloro, es inflamable y explosivo si se concentra en el aire en una proporción de 5% a 15% en volumen; por su parte los gases tienden a acumularse en los espacios vacíos dentro del relleno y aprovechan cualquier fisura del terreno o permeabilidad de la cubierta para salir.

Cuando el gas metano se acumula en el interior del relleno y migra a las áreas vecinas, puede generar riesgos de explosión. Por lo tanto, se recomienda una adecuada ventilación de este gas, aunque en los pequeños rellenos este no es un problema muy significativo.

2.1.8.3. HUNDIMIENTOS Y ASENTAMIENTOS DIFERENCIALES

En el relleno sanitario se producen también hundimientos (asentamientos uniformes o fallas) que son el problema más obvio y fácil de controlar con una buena compactación; además, asentamientos diferenciales en la superficie, que

con el tiempo originan depresiones y grietas de diversos tamaños, lo que causa encharcamientos de agua y un incremento de lixiviados y gases. Estos problemas dependen de la configuración y altura del relleno, del tipo de desechos enterrados, del grado de compactación y de la precipitación pluvial en la zona.

2.1.9. PRINCIPIOS BÁSICOS DE UN RELLENO SANITARIO

Se considera oportuno resaltar las siguientes prácticas básicas para la construcción, operación y mantenimiento de un relleno sanitario:

- J Supervisión constante durante la construcción con la finalidad de mantener un alto nivel de calidad en la construcción de la infraestructura del relleno y en las operaciones de rutina diaria, todo esto mientras se descarga, recubre la basura y compacta la celda para conservar el relleno en óptimas condiciones. Esto implica tener una persona responsable de su operación y mantenimiento.
- J Desviación de las aguas de escorrentía para evitar en lo posible su ingreso al relleno sanitario. Considerar la altura de la celda diaria de 2m a 3m para disminuir los problemas de hundimientos y lograr mayor estabilidad.
- J El cubrimiento diario con una capa de 0,10 a 0,20 metros de tierra o material similar.
- J La compactación de los Residuos Sólidos con capas de 0,20m a 0,30m de espesor y finalmente cuando se cubre con tierra toda la celda. De este factor depende en buena parte el éxito del trabajo diario, pues con él se puede alcanzar, a largo plazo, una mayor densidad y vida útil del sitio.
- J Lograr una mayor densidad (peso específico), pues resulta mucho más conveniente desde el punto de vista económico y ambiental.
- J Control y drenaje de percolados y gases para mantener las mejores condiciones de operación y proteger el ambiente.
- J El cubrimiento final de unos 0,40 a 0,60 metros de espesor se efectúa con la misma metodología que para la cobertura diaria; además, debe realizarse de forma tal que pueda generar y sostener la vegetación a fin de lograr una mejor integración con el paisaje natural.

2.2. GENERACIÓN DE RESIDUOS

Abarca las actividades en las que los materiales son identificados como sin ningún valor adicional, y son tirados o bien recogidos para la evacuación.

Esta etapa no está controlada todavía, pero se considera un método para limitar las cantidades de residuos generados en el futuro. (*Tchobanoglous G.–Theisen H. 1997*)

1. SEPARACIÓN DE RESIDUOS, PRESENTACIÓN, ALMACENAMIENTO Y PROCESAMIENTO EN EL ORIGEN.

La separación de residuos en la fuente consiste en la clasificación de los residuos sólidos en el sitio donde se generan para su posterior recuperación. Luego se procede a la presentación que es la actividad del usuario de envasar, empacar e identificar todo tipo de residuos sólidos para su almacenamiento y posterior entrega a la entidad prestadora del servicio de aseo. En este proceso se puede realizar un pretratamiento o procesamiento en el origen a los residuos aprovechables como la compactación y el compostaje de residuos de jardinería. (*Conesa Fernández V. 1995*).

2. RECOLECCIÓN

No solo incluye la recolección de los residuos y materiales reciclables, sino también el transporte de estos materiales, después de haberlos recogido, al lugar donde se vacía el vehículo de recogida. Este lugar puede ser una estación de transferencia, una instalación de procesamiento de materiales o un vertedero.



Foto N°2.8: Recolección de residuos sólidos

3. SEPARACIÓN, PROCESAMIENTO Y TRANSFORMACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS

Esta función abarca la recuperación de los elementos separados anteriormente, la separación y el procesamiento de los componentes de los residuos sólidos. La separación y el procesamiento de residuos que han sido separados en la fuente y la separación de residuos no seleccionados normalmente tienen lugar en las instalaciones de recuperación de materiales, estaciones de transferencia, instalaciones de incineración y lugares de evacuación. El procesamiento generalmente incluye: la separación de objetos voluminosos, separación de los componentes de los residuos por tamaño utilizando cribas, separación manual de los componentes de los residuos, la reducción de tamaño mediante trituración, reducción del volumen mediante compactación y la incineración. (Conesa Fernández V. 1995).



Foto N°2.9: Separación y procesamiento de Residuos

4. TRANSFERENCIA Y TRANSPORTE

Comprende dos pasos: la transferencia de residuos desde un vehículo de recogida pequeño Hasta un equipo de transporte más grande y el transporte subsiguiente de los residuos, a un lugar de procesamiento o evacuación. (Conesa Fernández V. 1995).



Foto N°2.10: Transporte de residuos

5. EVACUACIÓN

Actualmente la evacuación de los residuos se hace normalmente a los vertederos controlados o mediante la extensión en superficie. Un vertedero controlado es una instalación de ingeniería utilizada para la evacuación de residuos sólidos en el suelo o dentro del manto de la tierra, generando así condiciones de salubridad y seguridad para la población. (Conesa Fernández V. 1995).

Estas actividades se pueden resumir en un diagrama simplificado:

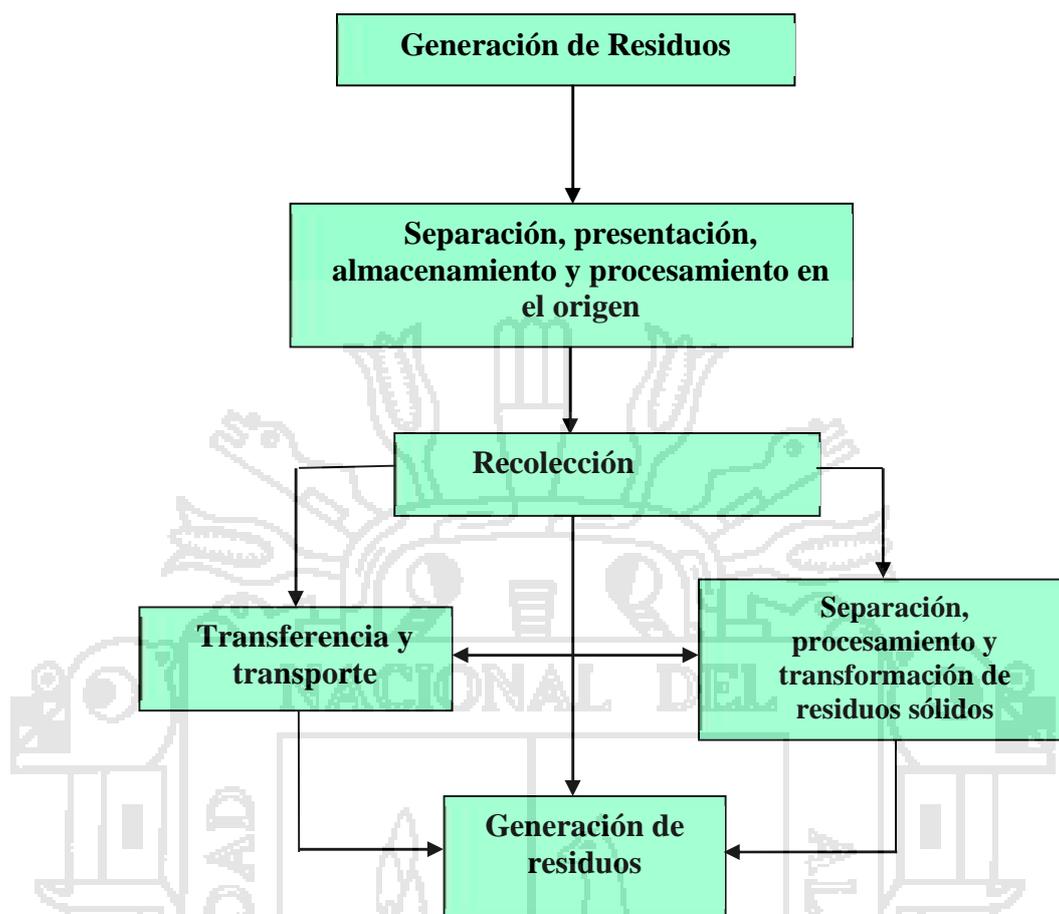


Figura N°2.7: Diagrama de los Elementos Funcionales en un Sistema de Gestión de Residuos Sólidos

Fuente: Tchobanoglous, George: Gestión Integral de Residuos Sólidos

Cuando todos los elementos anteriores han sido evaluados para su uso y se conectan entre sí, generan mayor eficacia y rentabilidad. Así mismo, constituyen la columna vertebral del plan de gestión y de ahí la importancia que significa poder organizar la gestión de una manera ordenada y precisa.

2.2.1. EFECTOS DE LA INADECUADA GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS

➤ RIESGOS PARA LA SALUD

La importancia de los residuos sólidos como causa directa de enfermedades no está bien determinada; sin embargo, se les atribuye una incidencia en la

transmisión de algunas de ellas, al lado de otros factores, principalmente por vías indirectas.

Para comprender con mayor claridad sus efectos en la salud de las personas, es necesario distinguir entre los riesgos directos y los riesgos indirectos que provocan.

TABLA N° 2.4: COMPOSICIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS

Composición (% peso húmedo)	Países		
	Bajos ingresos	Medianos ingresos	Industrializados
Vegetales y materiales putrescibles	40 a 85	20 a 65	20 a 50
Papel y cartón	1 a 10	15 a 40	15 a 40
Plásticos	1 a 5	2 a 6	2 a 10
Metales	1 a 5	1 a 5	3 a 13
Vidrio	1 a 10	1 a 10	4 a 10
Caucho y cuero	1 a 5	1 a 5	2 a 10
Material inerte (cenizas, tierra, arena)	1 a 40	1 a 30	1 a 20
Otras características			
Contenido de humedad %	40 a 80	40 a 60	20 a 30
Densidad kg/m	250 a 500	170 a 330	100 a 170
kcal/kg	800 a 1100	1100 a 1300	1500 a 2700

Fuente: TCHOBANOGLOUS, George: Gestión Integral de Residuos Sólidos

➤ **RIESGOS DIRECTOS**

Son los ocasionados por el contacto directo con la basura, por la costumbre de la población de mezclar los residuos con materiales peligrosos tales como: vidrios rotos, metales, jeringas, hojas de afeitar, excrementos de origen humano o animal, e incluso con residuos infecciosos de establecimientos hospitalarios y sustancias de la industria, los cuales pueden causar lesiones a los *operarios de recolección de basura*.

El servicio de recolección de basura es considerado uno de los trabajos más arduos: se realiza en movimiento, levantando objetos pesados y, a veces, por la

noche o en las primeras horas de la mañana; condiciones estas que lo vuelven de alto riesgo y hacen que la morbilidad pueda llegar a ser alta. Las condiciones anteriores se tornan más críticas si las jornadas son largas y si, además, no se aplican medidas preventivas o no se usan artículos de protección necesarios. Asimismo, los vehículos de recolección no siempre ofrecen las mejores condiciones: en muchos casos, los operarios deben realizar sus actividades en presencia continua de gases y partículas emanadas por los propios equipos, lo que produce irritación en los ojos y afecciones respiratorias; por otra parte, estas personas están expuestas a mayores riesgos de accidentes de tránsito, magulladuras, etc

En peor situación se encuentran los segregadores de basura, cuya actividad de separación y selección de materiales se realiza en condiciones inhumanas y sin la más mínima protección ni seguridad social. En general, por su bajo nivel socioeconómico, carecen de los servicios básicos de agua, alcantarillado y electricidad y se encuentran sometidos a malas condiciones alimentarias, lo que se refleja en un estado de desnutrición crónica.

Los segregadores de basura suelen tener más problemas gastrointestinales de origen parasitario, bacteriano o viral que el resto de la población. Además, sufren un mayor número de lesiones que los trabajadores de la industria; estas lesiones se presentan en las manos, pies y espalda, y pueden consistir en cortes, heridas, golpes, y hernias, además de enfermedades de la piel, dientes y ojos e infecciones respiratorias, etc. Frecuentemente, estos problemas son causantes de incapacidad.

Los mismos segregadores de basura se transforman en vectores sanitarios y potenciales generadores de problemas de salud entre las personas con las cuales conviven y están en contacto. (*Contanhede A, Sandoval I, 2008*).

Tabla N°2.5: Enfermedades Relacionadas con Residuos Sólidos transmitidas por Vectores

VECTORES	FORMAS DE TRANSMISIÓN	PRINCIPALES ENFERMEDADES	IMAGEN DE VECTOR
Ratas) Mordisco, orina, heces.) Pulgas) Peste bubónica) Tifus murino) Leptospirosis	
Moscas) Vía mecánica (alas, patas y cuerpo)) Fiebre tifoidea) Salmonelosis) Cólera) Amibiasis) Disentería) Giardiasis	
Mosquitos) Picadura del mosquito hembra) Malaria) Leishmaniasis) Fiebre amarilla) Dengue) Filariasis	
Cucarachas) Vía mecánica (alas, patas y cuerpo).) Fiebre tifoidea) Heces) Cólera) Giardiasis	
Cerdos) Ingestión de carne contaminada.) Cisticercosis) Toxoplasmosis) Triquinosis) Teniasis	
Aves) Heces) Toxoplasmosis	

Fuente: Contanhede A, Sandoval I, (2008)

2.2.2. MARCO ECO - GEOGRÁFICO

En la ciudad de Juli y sus áreas conexas, se observa las siguientes zonas biogeográficas o eco regiones.

a) ZONA CIRCUNLACUSTRE

Area adyacente al lago con predominancia de llanuras inundación y climas benéficos por la termorregulación del lago, posee la mayor diversidad de flora y fauna: Especies *arbustiva* Sallahua, Ñuñumea, Chiri chiri y Muña, Fauna Bufo, Hyla, Aves Podicipediformes y mamíferos roedores.

b) ZONA URBANA

La ciudad muestra una flora exótica y variada con predominio de vegetación del Sub-páramo Pináceas, Solanaceas, etc. En fauna se encuentran: las Falcónidas, Columbidae, etc. y en mamíferos los Muridae.

c) ZONA DE CULTIVOS Y PASTOS

Conformadas por franjas de tierra que se extienden al piso alto andino con terrenos inclinados y quebradas; especies vegetales representativas Chillihua, Festuca, Ichu, Queñua. En fauna las especies representativas están conformadas por: Las Falcónidas, tiranidae, Muridae, Cavidae, etc.

d) ZONA DE PASTOS DE PUNA

Está representado por la pradera nativa de pastoreo, predominan gramíneas mezcladas con arbustos espinosos y cultivos por secano; hay presencia de sobrepastoreo y quemas así como extracción de arbustos para leña.

e) ZONA ROCOSA

Está constituido por áreas de pendiente escarpada, presentan vegetación muy corta.

f) ZONA DE PAJONAL DEL ALTIPLANO

Muestra áreas húmedas estacionales y permanentes (bofedal), la vegetación está constituida por pajonales densos, así mismo presentan áreas hidromórficas y especies domesticadas y silvestres.

g) ZONA DE PÁRAMO PLUVIAL

Ecoregión con rango altitudinal de piso de Puna, presenta áreas reducidas en los relieves más abruptos e inclinados.

2.2.3. SISTEMA INTEGRADO DE TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN FINAL

En los últimos años está tomando fuerza, previa evaluación de las condiciones locales, la propuesta para que en un solo lugar se puedan concentrar tanto las actividades de clasificación y acopio de los subproductos recuperados de los Residuos Sólidos, los sistemas de tratamiento de residuos orgánicos por medio del proceso de compostaje en pilas y compostaje, así como la disposición final en un relleno sanitario y la incineración en hornos especiales de los residuos infecciosos o su disposición en una celda especial. Es posible la integración de estos sistemas en una misma área siempre y cuando cada uno tenga su propia infraestructura y no se los descuide por buscar solo el beneficio económico. La figura 2.7 presenta una vista en planta de esta propuesta para el sistema integrado de tratamiento y disposición final de los Residuos Sólidos.

2.2.4. CONDICIONES ALTIPLÁNICAS ADVERSAS

A pesar de las ventajas, el proceso de compostaje es casi desconocido en el Altiplano todavía.

Hasta la fecha resultó casi imposible hacer funcionar este proceso, por el clima altiplánico adverso. La oxigenación de los montones de materia orgánica funciona sin problemas en los climas moderados o más calientes, pero el clima altiplánico es bastante frío como demuestran los datos indicativos siguientes:

Clima Altiplánico Indicativo

Característica	Verano	Invierno
	(Enero)	(Julio)
Temperatura Promedia Diurna:	+15°C	+15°C
Temperatura Promedia Nocturna:	+3°C	-7°C
Precipitación Promedia:	150 mm/mes	5 mm/mes
Humedad Relativa Promedia:	60%	40%

Se nota las temperaturas nocturnas bastante bajas, sobre todo en el invierno. Al igual es bastante baja la humedad relativa del aire y la precipitación. Estas son condiciones adversas al proceso de compostaje:

Las bacterias termófilas necesitan aire caliente y humedad para mantener su ambiente favorito, pero cuando se ventila el compost con aire glacial, esas bacterias mueren de frío. Por eso resultó casi imposible hasta la fecha de aplicar exitosamente el proceso de compostaje en el Altiplano.



Figura 2.8: Vista en Planta de un Sistema Integrado de Tratamiento y Disposición final de Residuos Sólidos.

2.2.5. CONSIDERACIONES PARA DISEÑO DEL RELLENO SANITARIO

Previamente a realizar el diseño de un relleno sanitario, se deberán contar con los siguientes estudios y análisis:

2.2.5.1. ESTUDIO TOPOGRÁFICO

La compatibilización de los niveles del relleno sanitario con algunas zonas vecinas resulta fundamental para: Seleccionar y definir los frentes de trabajo. Establecer métodos de operación. Determinación de la capacidad volumétrica del sitio. La ubicación de bancos de préstamo para terraplenes y cobertura diaria. Ubicación de sistemas de monitoreo ambiental. El levantamiento topográfico consistirá en la planimetría y altimetría del sitio de emplazamiento tomando las siguientes delimitaciones:

a) PLANIMETRÍA

$$\begin{aligned} \checkmark T & \quad A & = 1 - \sqrt{N} \\ \checkmark T & \quad L & = \frac{1}{5.0} \end{aligned}$$

Dónde:

N es el número de vértices de la poligonal - Todos los puntos en sus vértices, deberán estar referenciados a bancos de nivel fijos y de ser posibles oficiales, con objeto de rehacer la poligonal cuantas veces se requiera. - La poligonal del terreno deberá estar referida a un sistema de coordenadas. - La poligonal del terreno en cada uno de sus vértices deberá contar con ángulos internos, rumbos y azimut. - Al plano de altimetría se anexarán las libretas de campo.

b) ALTIMETRÍA

- Los bancos de nivel deberán estar referidos a bancos oficiales.
- Las curvas de nivel se trazarán de acuerdo a los siguientes requerimientos: en equidistancias de curvas a cada medio metro para sitios planos y ligeramente ondulados y cada metro para ondulados, hondonadas profundas y valles escarpados.

2.2.5.2. ESTUDIO GEOTÉCNICO

Los estudios geotécnicos deberán de cubrir las siguientes actividades:

a) EXPLORACIÓN Y MUESTREO

Se deberá definir de manera precisa, la estratigrafía del sitio, para ello se realizará un sondeo por cada cuatro hectáreas, con una profundidad mínima de 10 m por debajo de la cota inferior del relleno sanitario o hasta llegar a un estrato de material consolidado impermeable.

b) PRUEBAS DE PERMEABILIDAD

Se determinará la permeabilidad de los estratos del subsuelo, aplicando técnicas de ensayo, en perforaciones vecinas a los sondeos que se refiere el inciso anterior, la profundidad de cada prueba se definirá con el perfil de sondeos. Terminadas las pruebas de permeabilidad en cada perforación, se deberá sellar, a fin de evitar la contaminación futura de los acuíferos del sitio.

c) LOCALIZACIÓN DE BANCOS DE PRÉSTAMO

Con base en el estudio geológico regional, se ubicarán bancos potenciales de préstamo para la construcción del revestimiento del fondo, taludes y las cubiertas intermedias y final del relleno sanitario. Se realizaran pozos a cielo abierto de 3 m a 5 m de profundidad y se obtendrán muestras alteradas de la pared, para efectuar los ensayos de laboratorio permeabilidad.

2.2.5.3. ESTIMACIÓN DE LA GENERACIÓN DE LIXIVIADOS

La generación de lixiviado en un relleno sanitario está directamente relacionada con las condiciones climatológicas (precipitación, temperatura, humedad, evapotranspiración, radiación solar, etc), propiedades del suelo, humedad de los residuos y la metodología de trabajo del relleno sanitario, siendo importante la estimación del lixiviado a generarse porque será la base de cálculo para los sistemas de drenaje a construirse, y el sistemas de tratamiento que se pueda aplicar a dichos lixiviados.

a) CRITERIO PRACTICO PARA ESTIMAR LA GENERACIÓN DE LIXIVIADOS EN UN RELLENO SANITARIO MANUAL Y MECANIZADO

La generación de lixiviado está fundamentalmente en función de la precipitación pluvial y de la humedad propia de los residuos sólidos en proceso de descomposición al interior del relleno sanitario, por consiguiente calcularemos la generación por la precipitación y la generación por humedad de los residuos

sumamos estos valores y esta será la cantidad aproximada de lixiviados que tendremos que manejar en el relleno sanitario.

b) CALCULO DE LA GENERACIÓN DE LIXIVIADO

Casi todos los residuos sólidos sufren cierto grado de descomposición, pero es la fracción orgánica la que presenta los mayores cambios. Los subproductos de la descomposición están integrados por líquidos, gases y sólidos.

La descomposición o putrefacción natural de la basura produce un líquido maloliente de color negro, conocido como lixiviado o percolado, parecido a las aguas residuales domésticas, pero mucho más concentrado.

Las aguas de lluvia que atraviesan las capas de basura aumentan su volumen en una proporción mucho mayor que la que produce la misma humedad de los residuos sólidos, razón principal por lo que deben ser interceptadas y desviadas para evitar el incremento de lixiviado; de lo contrario, podría haber problemas en la operación del relleno y contaminación del agua subterránea.

Para la estimación de la generación de lixiviados se utiliza el cuadro de producción de aguas lixiviadas, en situaciones diferentes, desarrollado por el Servicio Alemán de Cooperación Social - Técnica DED – Deutscher Entwicklungsdienst, este considera que la cantidad de las aguas lixiviadas que se producen en un relleno sanitario depende de los siguientes factores: de La precipitación, el área del relleno, el modo de operación (relleno manual o compactado con maquinaria, sistema de compactación) y el tipo de basura.

TABLA N° 2.6: PRODUCCIÓN DE AGUAS LIXIVIADAS EN UN RELLENO SANITARIO

TIPO DE RELLENO	PRODUCCIÓN DE AGUAS LIXIVIADAS (% DE LA PRECIPITACIÓN)	PRODUCCIÓN DE AGUAS LIXIVIADAS (m ³ /Ha*día)		
		PRECIPITACIÓN 700 mm/año	PRECIPITACIÓN 1500 mm/año	PRECIPITACIÓN 3000 mm/año
Relleno normal	60	11,51	24,66	49,32
Relleno compactado con maquinaria liviana	40	7,67	16,44	32,88
Relleno compactado con maquinaria pesada	25	4,79	10,27	20,55

c) CALCULO DE LA GENERACIÓN DE LIXIVIADO DEBIDO A HUMEDAD DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS:

Otro método que puede ser utilizado, en el caso de la descomposición de la basura al interior del relleno sanitario, se utiliza la siguiente metodología para encontrar la generación de lixiviado:

- Primeramente tomamos el dato de cantidad de residuos sólidos que serán depositados en los próximos 5 años en el relleno sanitario.

TABLA N° 2.7: DISMINUCIÓN DE LA DENSIDAD DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS AL INTERIOR DEL RELLENO SANITARIO

DENSIDADES SEGÚN ETAPA DE COMPACTACIÓN	DENSIDAD EN Tn/m ³
Residuos descargados en relleno	0,3 – 0,6
Residuos recién rellenados (Compactación)	0,6 – 0,7
Residuos estabilizados (5 años dispuesto)	>0,9

- Se consideran una serie de supuestos obtenidos por experiencias en rellenos sanitarios y revisión bibliográfica, los cuales se resumen en la siguiente tabla:

TABLA N°2.8: DATOS PARA LOS CÁLCULOS DEL LIXIVIADO

VARIABLES UTILIZADAS	VALOR
Densidad de Ingreso de los residuos	
Humedad de Ingreso de los Residuos	
Densidad Inicial de Compactación	
Humedad Inicial de Compactación	
Densidad Final de Compactación	
Humedad Final de Compactación	

- En el área de relleno se produce una diferencia del % de humedad, lo que corresponde al líquido liberado producto de la capacidad de compactación que experimentan los residuos, de los cuales el 40% de ellos percola, mientras que el otro 60% se recupera en el esponjamiento de los residuos y es utilizado en su degradación. Con este criterio se espera que en cinco años de compactación se llegue a una densidad de 0,9 ton/m³, y a una humedad de 20%., con la aplicación del siguiente cuadro se determinara el volumen de lixiviado que se generara por la humedad de los residuos.

TABLA N°2.9: CALCULO DE LA GENERACIÓN DE LIXIVIADO POR LA HUMEDAD PROPIA DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS

Periodo de descomposición en 5 años	Cantidad Tn/año	Densidad de los RS	Volumen de RS	% de humedad inicial	% de humedad final	Diferencia de humedades	Volumen de líquido liberado por los RS	Volumen lixiviado
1								
2								
3								
4								
5								

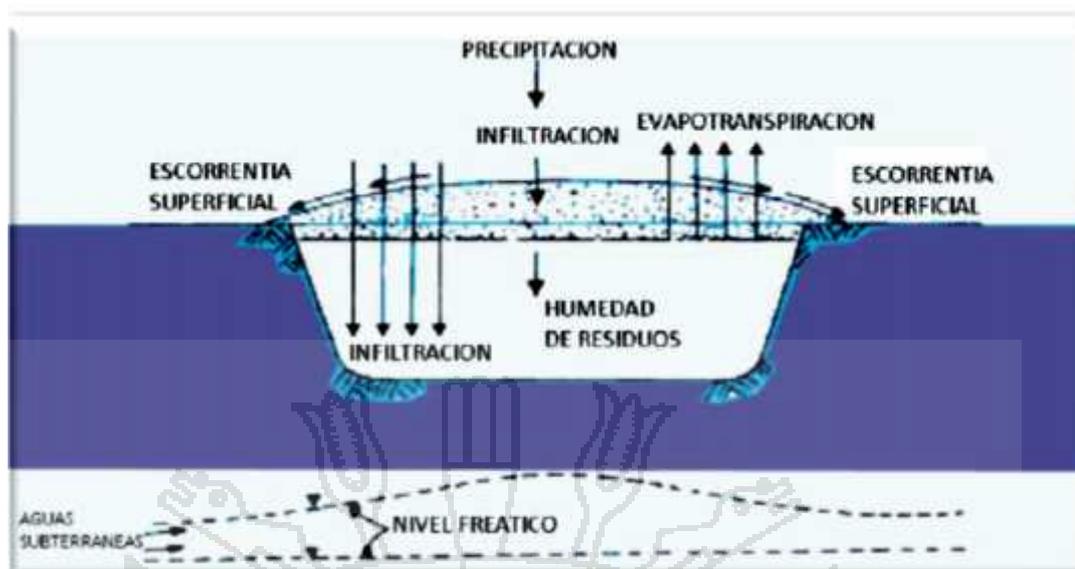


Figura N°2.9: Balance Hídrico en un Relleno Sanitario

Es importante realizar la aclaración de que la mayor generación de lixiviados por concepto de compactación, degradación de los residuos orgánicos al interior del relleno sanitario será en los 2 primeros años de vida del relleno sanitario, pero considerando que estos lixiviados tienen que percolar por las capas de residuos y el drenaje interno del relleno sanitario serán visibles a partir del tercer año de vida útil.

La suma de la generación de lixiviados por la precipitación pluvial y la generación por descomposición y humedad de los residuos nos da un valor tentativo para realizar los cálculos para el dimensionamiento de los sistemas de recolección y tratamiento de dichos lixiviados.

2.3. HIPOTESIS

2.3.5. HIPÓTESIS GENERAL

Se obtuvieron datos reales para la interpretación del posible comportamiento de la generación de residuos sólidos en la ciudad de Juli, considerando un sistema de gestión integral de residuos sólidos destinados para un relleno sanitario.

Los datos de comportamiento permitirán gestionar de manera integral los residuos sólidos para ser destinados a un relleno sanitario, previendo el volumen per cápita, composición física, composición química, volúmenes generados de gas y el flujo de lixiviados para su degradación, considerando de esta manera la posibilidad de mantener la operación en un nivel recomendable.

2.3.6. HIPÓTESIS ESPECIFICA

- 2.3.6.1.** Conociendo la cantidad de consumo per cápita de recursos en la ciudad de Juli, se determina los volúmenes de residuos sólidos y el área del relleno sanitario
- 2.3.6.2.** La cantidad y calidad de los residuos sólidos generados en la ciudad de Juli, determina las propiedades y composición física, química (C, H, O, N y S), la cantidad de gas y lixiviados que se producirán en el relleno sanitario.
- 2.3.6.3.** Conociendo las características de los residuos sólidos urbanos de la ciudad de Juli se desarrolla el tratamiento y lugar de la disposición final de los residuos sólidos en un adecuado terreno.

CAPITULO III

3. METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION

3.1. GENERALIDADES

La ciudad de Juli con una población de 9,800 habitantes según el último censo, la materia prima para el presente trabajo de investigación son los residuos sólidos urbanos de la ciudad de Juli.

Los productos que más consumen los habitantes de la ciudad de Juli son los productos alimenticios como son frutas y verduras, con un 74,3%, un 54,3% de los hogares encuestados consumen regularmente carne y un 31,4% incluye productos empacados, los productos más reutilizados son los envases de plástico y vidrio con un 22,5% y el papel con un 1,4%. Sin embargo, estos porcentajes podrían aumentar si se concientiza a la población de reutilizar los residuos que ellos mismos producen, ya que en un 60% de los hogares no se recuperan los residuos que podrían volver a ser útiles.

A la pregunta de si estarían dispuestos a reciclar en sus casas, el 82,5% de los hogares respondió de manera afirmativa lo que indica que la comunidad apoyaría el proyecto en el caso que se pueda implementar.

El diseño de un relleno sanitario manual requiere de información base del área seleccionada, a nivel de detalle en los aspectos de tipo, cantidad y composición de los residuos a manejar, la información meteorológica in situ o de la referencia representativa más cercana, así mismo es clave en el estudio topográfico que se defina el perfil natural del terreno, el coeficiente de permeabilidad y clase de suelo predominante sobre la base de mediciones u observaciones en campo y laboratorios especializados, en los párrafos que siguen a continuación se amplía la información de base mínima necesaria para un correcto diseño del relleno sanitario manual.

La construcción de un relleno sanitario manual se presenta como una alternativa técnica y económicamente factible, tanto en beneficio de las poblaciones urbanas y rurales con menos de 30,000 habitantes que no tienen la forma de adquirir equipo pesado para construir y operar un relleno sanitario convencional— como de las áreas marginadas de algunas ciudades. Esta técnica de operación manual solo requiere equipo pesado para la adecuación del sitio, es decir, para la construcción de la vía interna, la preparación de la base de soporte o la excavación de zanjas y la extracción de material de cobertura de acuerdo con el avance y método de relleno. Los demás trabajos pueden realizarse con los propios trabajadores, lo que permite a las pequeñas comunidades de escasos recursos incapaces de adquirir y mantener en forma permanente un tractor de orugas o una retroexcavadora, disponer adecuadamente la reducida cantidad de basura generada por ellas empleando mano de obra poco calificada.

3.2. AMBITO DEL ESTUDIO

El desarrollo del estudio de investigación se realizará en el ámbito de la ciudad de Juli (distrito de Juli, provincia de Chucuito, departamento de Puno). Está ubicada a orillas del lago Titicaca a 3868 msnm, latitud 16°12'54" y longitud de 69°27'43", con una población de 9800 habitantes. La Municipalidad Provincial de Juli, para la disposición final de sus residuos cuenta con un botadero, el cual no tienen las condiciones técnicas mínimas para su funcionamiento como relleno sanitario.



Foto N° 3.1. Botadero de Basura de la ciudad de Juli



Foto N° 3.2. Ubicación de la ciudad de Juli



Foto N° 3.3. Vista Panorámica de la ciudad de Juli (Cercado)

3.3. METODO EXPERIMENTAL

El método a emplear en el presente trabajo de investigación, es el método empírico basado en la experimentación y la lógica experimental, de cuya observación a análisis se pretende obtener los resultados esperados.

3.3.1. MATERIA PRIMA

En el presente trabajo de investigación se utilizó los residuos sólidos municipales de la ciudad de Juli.

3.3.2. MATERIALES Y EQUIPO

3.3.2.1. MATERIAL DE ORIGEN ORGÁNICO-INORGÁNICO

- J Residuos sólidos municipales (Residuos Sólidos) generados por la población de Juli
- J Bolsas de Polietileno (0,8 x 1,0 m)
- J Mesa de trabajo
- J Fichas de caracterización de Residuos Sólidos y encuestas a hogares
- J Plano Catastral de la Comuna seleccionada
- J Tableros de campo
- J Guantes profilácticos, Mascarillas y casco de protección
- J Área para realizar la caracterización de RESIDUOS SOLIDOS en el botadero Municipal

3.3.2.2. EQUIPOS

- J Balanza Marca *Mettler Toledo Ab204* Max. 210g Min. 10 mg
- J Vehículo

3.3.2.3. PERSONAL

Para labores en terreno se contó con el apoyo del siguiente personal:

- J 02 Encuestadores (universitarios) para aplicar encuestas, durante tres días.
- J 03 Jornaleros (Municipalidad de Juli) para labores de caracterización de los Residuos Sólidos, durante 10 días consecutivos.

3.3.3. SELECCIÓN DE LUGARES DE MUESTREO

Partiendo de la premisa que los residuos sólidos son generados en forma diferenciada en toda la ciudad de Juli; para determinar los volúmenes y composición de los residuos, se ha dividido en residenciales, y no residenciales.

La determinación del tamaño de muestra se ha realizado en base al reglamento del CONAM en el documento denominado “**Guía Pigars**” de octubre del 2001. a continuación se describe los lugares de muestreo.

3.3.3.1. RESIDENCIALES

De acuerdo a las características socioeconómicas de la población, se ha realizado la estratificación en medio, bajo y muy bajo, esta estratificación se ha realizado en base a información del INE. Las viviendas en las que se realizó el muestreo fueron tomadas aleatoriamente, en total fueron 31 viviendas,



Foto 3.4: Recolección de los residuos en la zona residencial de la ciudad de Juli

3.3.3.2. NO RESIDENCIALES

El muestreo en zonas no residenciales se dividió por la actividad comercial que realizan, categorizando en cada caso el nivel del establecimiento por el volumen de residuos generados, estos fueron: locales comerciales, restaurantes, instituciones, centros educativos, mercado central, el hospital y finalmente el barrido de calles, en total fueron 21 establecimientos.



Foto 3.5: Recolección de los Residuos en la Zona Comercial

- ✓ Establecimientos Comerciales: Se realizaron muestreos en hoteles, servicentros, fotocopiadoras, sastrería, panadería, estudios fotográficos, peluquería y salones de belleza, artesanías, renovadoras, emporios, farmacias, imprentas y ferreterías.
- ✓ Restaurantes, para el muestreo de residuos generados en estos lugares, se han tomado establecimientos de dos categorías diferentes, ya que cada uno de estos genera diferentes volúmenes y tipos de residuos sólidos.
- ✓ Centro Educativos, se seleccionó un colegio estatal y uno particular.
- ✓ Mercado, el muestreo fue realizado en el mercado Central, tanto al interior como al exterior de este.
- ✓ Hospital, a pesar que los residuos de hospitales se les considera como altamente peligrosos para la salud humana, estos vienen siendo depositados en el botadero municipal, es por ello que se realizó el muestreo en este centro hospitalario.
- ✓ Barrido de calles, para este muestreo se tomó una avenida y un jirón, debido a la diferenciación de residuos que se generan en estas.

3.3.4. TOMA DE MUESTRAS:

Una vez identificados y definidos los lugares, se procedió al muestreo durante una semana neta, utilizando bolsas de plástico de 0.35 x 0.6 m. para cada día, transportadas de forma diaria a la estación de transferencia del municipio para su clasificación y pesado por segregadores.



Foto 3.6: Muestra de Residuos Sólidos

3.3.5. SEGREGACIÓN.

Esta selección fue realizada en forma manual, separando los elementos constitutivos de los residuos sólidos generados, las muestras de volúmenes altos, fueron separadas previamente por el método de cuarteo y posteriormente seleccionadas, la selección se realizó teniendo en cuenta los parámetros indicados en el ítem 2.3.1 .



Foto 3.7: Segregación de los Residuos Sólidos

3.3.6. PESADO DE COMPONENTES:

Este proceso se utilizó dos básculas, una de 20 kg con una precisión de 25 gramos y una de 2 kg con precisión de 1 gramo, esta última fue utilizada para las muestras pequeñas. Una vez obtenido los elementos segregados se procedió al pesado de los componentes individuales de cada una de las muestras, teniendo en cuenta el tipo de residuo.

3.3.7. UNIDADES DE MEDIDA

Las unidades de medida son diferenciadas de acuerdo al tipo de establecimiento en los cuales se realizaron los muestreos, se tienen las siguientes:

Residencial : Kg/hab/día

No Residenciales : Kg/establecimiento/día

3.3.8. ANÁLISIS DE DATOS

Una vez segregada y pesada las muestra, para conocer la composición, características físicas y químicas de los residuos sólidos generados en la ciudad de Juli; se ha utilizado los parámetros establecidos por el CONAM, en su guía PIGARS y lo señalado por G. Tchobanoglous – H. Theisen (1994).

3.4. INVESTIGACIÓN EXPERIMENTAL

3.4.1. MÉTODO PARA CARACTERIZAR LOS RESIDUOS SÓLIDOS

La caracterización de los residuos sólidos realizada para el presente proyecto de investigación, se basa en la metodología diseñada por el Dr. Kunitoshi Sakurai para los países de América Latina y del Caribe (Cantanhede et al. 2009); habiéndose seguido los siguientes pasos:

- ✓ Proyección de la población
- ✓ Estudio de generación de Residuos Solidos
- ✓ Generación de Residuos Sólidos en la ciudad de Juli
- ✓ Determinación de la Densidad
- ✓ Producción per cápita de los residuos sólidos
- ✓ Determinación de Volúmenes de generación de Residuos Solidos
- ✓ Determinación del Material de Cobertura
- ✓ Calculo del Área requerida.
- ✓ Determinación de Propiedades Físicas.
- ✓ Determinación de las Propiedades Químicas.
- ✓ Determinación de la Cantidad de Gases Producidos.
- ✓ Composición y Control del Lixiviado en el Vertedero.

3.4.2. PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN

Resulta de suma importancia estimar la población futura que tendrá la comunidad por lo menos entre los próximos 5 a 10 años, a fin de calcular la cantidad de Residuos Sólidos que se deberá disponer diaria y anualmente a lo largo de la vida útil del relleno sanitario.

En la Tabla 1 anexo 12 se consigna la información básica a este respecto.
Para la proyección de la población se adoptó un crecimiento geométrico, para el cálculo se utilizó una tasa de crecimiento del 1,2 % anual (índice de crecimiento para la ciudad de Juli según el INE), la siguiente ecuación nos permitirá estimar las necesidades para los próximos 10 años.

$$P_f = P_c(1 + r)^n \quad \text{Ec. 01}$$

Dónde:

Pf = Población futura

Po = Población actual

r = Tasa de crecimiento de la población

n = (t final – t inicial) intervalo en años

t = variable tiempo (en años)

) Primer año $P_1 = 9800$

) Segundo año $P_2 = 9800 (1 + 0,012)^1 = 9918$

) Tercer año $P_3 = 9800 (1 + 0,012)^2 = 10037$

En la Tabla N°3.1 se aprecian los resultados de la proyección de la población para un horizonte de 10 años, del mismo modo se tiene un gráfico adicional (Figura N° 3.1) donde se muestra gráficamente los datos de la tabla antes mencionada.

TABLA N° 3.1: Proyección de la población de la Ciudad de Juli

Año	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Población (hab)	9800	9918	10037	10157	10279	10402	10527	10653	10781	10911

Fuente: Elaboración propia 2014



Figura N°3.1: Proyección de la Población de la Ciudad de Juli

3.4.3. ESTUDIO DE GENERACIÓN DE RESIDUOS SOLIDOS

El estudio de generación de Residuos Sólidos se realizó de acuerdo a los parámetros establecidos por el Consejo Nacional del Ambiente en su guía FIGARS con algunas consideraciones hechas para adecuarse a las condiciones reales presentadas.

A continuación se presenta la Tabla N° 3.2, donde se consignan los 52 valores que corresponden a la generación per cápita de cada vivienda participante. Cada valor se obtuvo de la suma de las fracciones orgánica e inorgánica de las familias participantes (durante los 7 días que dura la prueba) dividido entre el número de miembros de la vivienda y entre 7 días de la semana.

TABLA N° 3.2: Generación per cápita de las “52” viviendas participantes

Vivienda	kg /hab día								
1	0,388	12	0,281	23	0,413	34	1,050	45	0,349
2	0,319	13	0,314	24	0,289	35	0,272	46	0,311
3	0,367	14	0,396	25	0,375	36	1,038	47	0,455
4	0,429	15	0,335	26	0,345	37	0,208	48	0,356
5	0,489	16	1,192	27	0,312	38	1,005	49	0,301
6	0,306	17	1,161	28	0,388	39	0,263	50	0,300
7	0,345	18	0,260	29	0,372	40	0,320	51	0,315
8	0,337	19	0,121	30	1,057	41	0,225	52	0,348
9	0,393	20	0,253	31	0,221	42	0,334		
10	0,397	21	0,167	32	0,269	43	0,318		
11	0,452	22	0,353	33	1,299	44	0,380		

Fuente; Elaboración propia

Tabla N° 3.3: Estadísticos de Muestra

Media \bar{X}	Desviación Estándar “S”	Varianza “S ² ”
0,388	0,2932	0,076

Se tiene entonces que la generación per cápita de Residuos Sólidos de los habitantes de Juli es de 0.388 kg/hab-día, y si para el año 2014 la población del municipio se estima en 9800 habitantes (proyectado con datos del INE, 2014), por lo que hoy en día se producen aproximadamente 3,88 toneladas de Residuos Sólidos diariamente.

3.4.4. GENERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS DE LA CIUDAD DE JULI

De la generación y composición de los desechos que serán manejados en Juli, el cálculo de producción en el sector residencial es predominante, siendo las demás actividades incipientes que su consideración no alcanza a afectar de manera apreciable la cantidad total de Residuos Sólidos, salvo los provenientes de los mercados y de los visitantes, cuando existen atractivos turísticos. Es conveniente estimar las cantidades de residuos que la población genera a través de la producción per cápita.

La cantidad de residuos sólidos generados y que se recolectaron en la ciudad de Juli, son de suma importancia para determinar el cumplimiento del programa general de gestión de residuos sólidos (almacenamiento, recolección, transferencia, posibilidades de reutilización y disposición final). Ver Tabla N° 3.4.

TABLA N° 3.4: Composición de Residuos Sólidos de la Ciudad de Juli

COMPONENTES	Residen. RS Ton/día	Comerc. RS Ton/día	Rest.. RS Ton/día	Educa. RS Ton/día	Mercados RS Ton/día	Barrido Calles Ton/día	Hospit. RS Ton/día	TOTAL RS Ton/día
ORGANICOS								
Residuos de Comida	0,3	0,02	0,03	0,01	0,4	0,07	0,25	1,08
Papel	0,02	0,02	0,01	0,1	0,03	0,02	0,03	0,23
Cartón	0,02	0,25	0,06	0,03	0,01	0,01	0,1	0,48
Plásticos	0,02	0,03	0,07	0,2	0,2	0,02	0,05	0,59
Textiles	0,01	0,01	0,03	0	0,02	0,02	0,01	0,1
Madera	0,02	0,01	0	0	0,01	0,02	0	0,06
INORGÁNICOS								
Vidrio	0,15	0,02	0,02	0,1	0,11	0	0,02	0,42
Latas de hojalata	0,04	0,05	0,04	0,01	0,05	0,01	0,01	0,21
Aluminio	0,1	0,01	0	0	0	0	0	0,11
Otros Metales	0,01	0,01	0	0	0	0,05	0	0,07
Suciedad, cenizas, etc	0,05	0,02	0,03	0,01	0	0,35	0	0,46
Total	0,74	0,45	0,29	0,46	0,83	0,57	0,47	3, 88

Fuente: Elaboración propia 2014

Una variable necesaria para dimensionar los procesos de almacenamiento, recolección, posibilidades de reutilización y la disposición final es la llamada producción per cápita (ppc). Este parámetro asocia el tamaño de la población y las actividades comerciales, institucionales, educativas y de limpieza pública. La Tabla N° 3.4 muestra el factor de producción por actividad y la generación total de residuos sólidos de la ciudad de Juli, los mismos que serán calculados en el transcurso del trabajo de investigación.

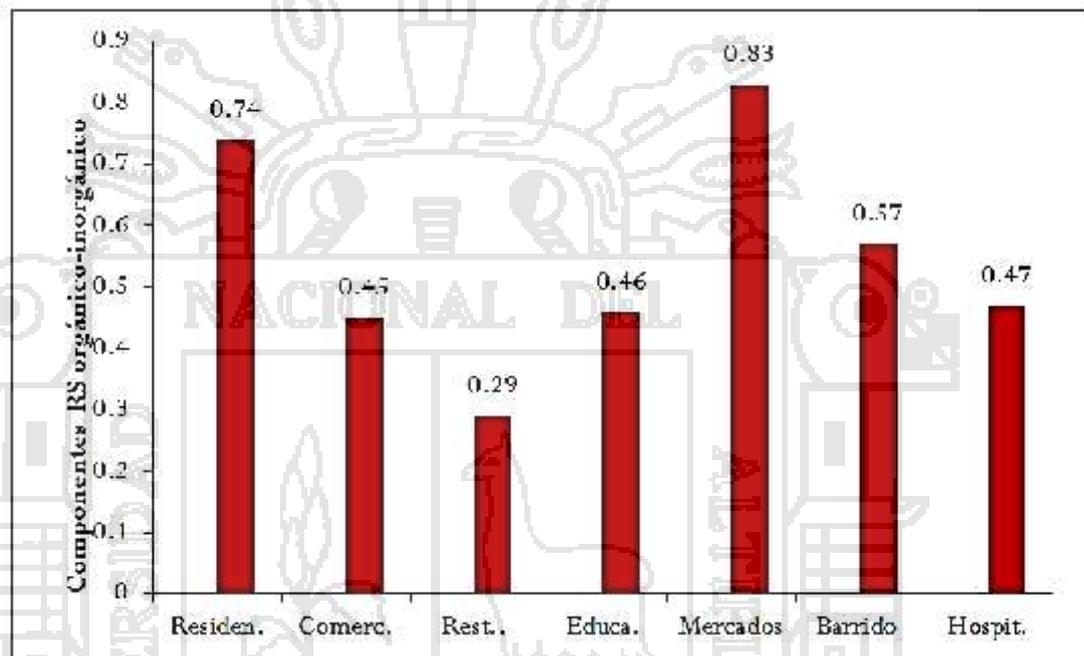


Figura N°3.2: Composición de Residuos Sólidos de la ciudad de Juli

3.4.5. DENSIDAD

Siendo la densidad una relación del peso de los residuos sólidos con respecto a su volumen (kg/m^3), es importante identificar la densidad de los residuos sueltos y los residuos compactados. Para ello es necesario realizar el siguiente procedimiento:

-) Acondicionar un recipiente cilíndrico de 200 litros de capacidad
-) Tomar al azar cualquier bolsa ya registrada y pesada y se proceder a vaciar su contenido en el cilindro, así sucesivamente hasta que el cilindro se llene

- J Medimos altura libre, altura total del cilindro y diámetro. Se registra esta información para el cálculo de densidad de los residuos sueltos
- J Levantamos un poco el cilindro y lo dejamos caer y procedemos a compactarlo lo más posible con un pisón o elemento similar.
- J Medimos altura libre, altura total del cilindro y diámetro. Se registra esta información para el cálculo de los residuos compactados
- J Se repite el mismo procedimiento hasta terminar con todas las muestras
- J El cálculo de la densidad se realiza empleando la siguiente fórmula

Se determina la densidad de los residuos sólidos urbanos en la ciudad de Juli de acuerdo a lo siguiente: Ver ítem 4 anexo 12.

$$\rho = \frac{m}{v} = S$$

Dónde:

Masa de los RESIDUOS SOLIDOS=3810 kg

Volumen = 6,908 m³

Densidad =?

$$\rho = \frac{m}{v}$$

$$\rho = \frac{k}{m^3}$$

Ec.3

$$\rho = \frac{3808 \text{ kg}}{6,908 \text{ m}^3} = 551,53 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

3.4.6. PRODUCCIÓN PER CÁPITA DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS PROYECTADO

La cantidad diaria de residuos sólidos que genera la población de 9800 habitantes de la ciudad de Juli cuya generación se estimó con:

$$p = \frac{c \cdot a \cdot r}{p \text{ ó } n} \quad \text{Ec.4}$$

$$p = \frac{3808 \frac{k}{\text{día}}}{9800 p} = 0,388 k /ha . \text{día}$$

$$ppc_1 = 0,388 k / \text{día}$$

$$ppc = ppc_1 + (1 \%) \quad \text{Ec.5}$$

Con la ecuación 5 se efectúa la proyección de los residuos per cápita para los siguientes 10 años. Se estima que la producción per cápita aumentara en 1 % anual. Entonces, para el segundo, tercer año es:

$$ppc_2 = ppc_1 + (1 \%) = 0,388 \times (1,01) = 0,392 \text{ kg/hab/día}$$

$$ppc_3 = 0,392 + (1 \%) = 0,392 \times (1,01) = 0,396 \text{ kg/hab/día}$$

Y así sucesivamente se calcula para los demás años tal como se aprecia en la columna 02 de la Tabla 3.5.

Por otra parte, la producción anual se calcula multiplicando la producción diaria de residuos sólidos (ppc) por los 365 días del año.

$$D = \frac{0,388k}{p - \text{día}} * 9800 p = 3802,4 \frac{k}{\text{día}}$$

Los datos proyectados se observan en la Tabla N° 3.5, columnas 3, 4 y 5

TABLA N° 3.5: Generación de Residuos Sólidos de la Ciudad de Juli

Año	Población (hab)	PPC Kg/hab-día	CANTIDAD RESIDUOS SOLIDOS		
			Diaria Kg/día	Anual Ton	Acumulado Ton/año
	1	2	3	4	5
2014	9800	0,388	3802,4	1388	1388
2015	9918	0,392	3887,85	1419	2807
2016	10037	0,396	3974,65	1451	4258
2017	10157	0,399	4052,64	1479	5737
2018	10279	0,404	4152,72	1516	7253
2019	10402	0,408	4244,01	1549	8802
2020	10527	0,412	4337,12	1583	10385
2021	10653	0,416	4431,65	1618	12003
2022	10781	0,420	4528,02	1653	13656
2023	10911	0,425	4637,17	1693	15349

Fuente: Elaboración propia 2014

3.4.7. VOLUMEN DE LOS RESIDUOS SOLIDOS

Con los datos obtenidos en el cuadro 5 anexo 12 se dedujo el volumen total de los residuos sólidos de Juli. El volumen total de los residuos sólidos que genera la ciudad de Juli, permite el diseño adecuado de rutas y frecuencia y número de unidades de recolección, número y capacidad de contenedores y el diseño de infraestructura necesaria para la disposición final y el cálculo de la vida útil del relleno sanitario a construir, además sirve para el cálculo del área requerida.

La columna 6 de la tabla 6 anexo 12, se ha calculado teniendo en cuenta la densidad y la masa diaria de acuerdo a lo siguiente:

$$\rho = \frac{m}{v}$$

$$v = \frac{m}{\rho}$$

$$v = \frac{3802,4 \text{ Kg/día}}{5,5 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 6,89 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} \sim 7 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$$

3.4.8. MATERIAL DE COBERTURA

Es la tierra necesaria para cubrir los residuos recién compactados y se calcula como 20% del volumen de basura recién compactado (ecuación 6, columna 7), de la Tabla N° 06, así:

$$\text{m. c.} = \text{V diario compactado} \times (0,20 \text{ ó } 0,25) \quad \text{Ec.6}$$

$$\text{J Para el primer año } \text{m. c.} = 7 \times 0,20 = 1,40$$

$$\text{J Para el segundo año } \text{m.c.} = 7,05 \times 0,20 = 1,41$$

Se efectúa la proyección para los siguientes años. Tabla 3.6

TABLA N° 3.6: Generación del volumen de residuos sólidos de la ciudad de Juli

Fuente: Elaboración propia 2014

Año	VOLUMEN DESECHOS SOLIDOS					
	Compactados				Relleno sanitario	
	Diario m ³	m.c. m ³ /día	Anual m ³	m.c. m ³ /año	(DS+ m.c.) Anual (m ³ /año)	Acumulado m ³
	6	7	8	9	10	11
2014	7	1,40	2555,00	511,00	3027.63	3027.63
2015	7,05	1,41	2573,25	514,65	5604.13	8631.76
2016	7,20	1,44	2628,00	525,60	8245.94	16877.70
2017	7,35	1,47	2682,75	536,55	10938.52	27816.22
2018	7,53	1,51	2748,45	551,15	13150.69	40966.91
2019	7,70	1,54	2810,50	562,10	15959.24	56926.15
2020	7,86	1,57	2868,90	573,05	19402.49	76328.64
2021	8,04	1,60	2934,60	584,00	22347.09	98675.73
2022	8,21	1,64	2996,65	598,60	25358.81	124034.54
2023	8,41	1,68	3069,65	613,20	28443.05	152477.59

3.4.9. CALCULO DEL ÁREA REQUERIDA

Con el volumen se estimó el área requerida para la construcción del relleno Sanitario, con la profundidad o altura que tendría el relleno que será de 3 m.

El relleno sanitario manual se proyectó para diez años. Este tiempo se llama *vida útil* o *periodo de diseño*. El área requerida para la construcción de un relleno sanitario manual depende principalmente de factores como:

- J Cantidad de Residuos Sólidos que se deberá disponer;
- J Cantidad de material de cobertura;
- J Densidad de compactación de los Residuos Sólidos;
- J Profundidad o altura del relleno sanitario;
- J Areas adicionales para obras complementarias

A partir de la ecuación 6, podremos estimar las necesidades de área así:

$$A_R = \frac{V_R}{h} \quad \text{Ec. 6}$$

Dónde:

V_R = Volumen de los residuos sólidos

h = Altura o profundidad del relleno sanitario

Se ha utilizado 3 m de altura del relleno sanitario en la ciudad de Juli, para encontrar el área total del relleno sanitario se utiliza el 30 % del valor del relleno sanitario.

$$A_T = F + A_R \quad \text{Ec. 7}$$

$1009.21 \times 30 \% = 302.76$ (se reemplaza este valor en la ecuación y se tiene:

Para el primer año: $A_T = 302.76 + 1009.21 = 1311.97 \text{ m}^2$

Los resultados se muestran en la tabla de la página siguiente.

TABLA N° 3.7: Área requerida

Años	AREA REQUERIDA	
	Relleno sanitario m ²	Area total m ²
	12	13
2014	1009.21	1311.97
2015	2877.25	4189.22
2016	5625.9	9815.12
2017	9272.07	19087.19
2018	13655.63	32742.82
2019	18975.38	51718.2
2020	25442.88	77161.08
2021	32891.91	110052.99
2022	41344.84	151397.83
2023	50825.86	202223.69

Fuente: Elaboración propia 2014

3.4.10. PROPIEDADES FÍSICAS

Las propiedades físicas más importantes son: el contenido de humedad, el volumen y el peso específico:

1. CONTENIDO DE HUMEDAD

Para el cálculo del contenido de humedad de los residuos sólidos, se utilizará el método peso-húmedo y la ecuación 7

$$M = \frac{w-d}{w} \times 100 \quad \text{Ec. 7}$$

Dónde:

M = Contenido de humedad en porcentaje

w = Peso inicial de la muestra

d = Peso de la muestra después de secarse

El contenido de humedad de los residuos sólidos emplazados en el vertedero dan origen a la generación de lixiviados, los que se ven incrementados en época de avenidas; dichos lixiviados al no ser tratados producen contaminación en los cuerpos de agua subterráneos y superficiales, y en los suelos.

Aplicando la ecuación 7, se tendrá que el contenido de humedad del residuo sólido, en la tabla 3.8 se muestra la estimación del peso seco a obtener y poder aplicar la Ecuación N° 7. Esta ecuación fue empleada para la obtención de los valores tabulados en la Tabla N° 3.8 Contenido de Humedad.

Tabla N° 3.8: Contenido de Humedad

Componentes	RESIDUOS SOLIDOS Total Ton/día	Porcentaje en Peso	Contenido de Humedad Porcentaje	Peso Seco Ton/día
ORGANICOS				
Residuos de Comida	0,88	23,09	70	0,264
Papel	0,97	25,46	6	0,912
Cartón	0,46	12,07	5	0,437
Plásticos	0,31	8,14	2	0,304
Textiles	0,1	2,62	10	0,090
Madera	0,05	1,31	60	0,020
INORGANICOS				
Vidrio	0,19	4,99	2	0,186
Latas de hojalata	0,21	5,51	3	0,204
Aluminio	0,11	2,89	2	0,108
Otros Metales	0,07	1,83	3	0,068
Suciedad, cenizas, etc	0,46	12,07	8	0,423
Total	3,81	100		3,016

Fuente: Elaboración propia 2014

3.4.11. PROPIEDADES QUÍMICAS

La composición química de los componentes que conforman los residuos sólidos es importante para evaluar las opciones de procesamiento de y recuperación. Si los residuos sólidos van a utilizarse como combustibles, las cuatro propiedades más importantes que es preciso conocer son:

✓ **Análisis Físico:** El análisis físico incluye para los componentes combustibles de los residuos sólidos incluye los siguientes ensayos:

1. Humedad (perdida de humedad cuando se calienta a 105 °C durante una hora).
2. Materia volátil combustible, (pérdida de peso adicional con la ignición a 950 °C en un crisol cubierto).
3. Carbón fijo, (rechazo combustible dejado después de retirar la materia volátil).
4. Ceniza, (peso del rechazo después de la incineración en un crisol abierto).

Punto de Fusión de la Ceniza: Este se define como la temperatura en la que la ceniza resultante de la incineración de residuos se transforma en sólido (escoria) por la fusión y aglomeración. Las temperaturas típicas de fusión para la formación de escoria de residuos sólidos oscilan entre 1,100 y 1200 °C.

3.4.10.1 COMPOSICIÓN QUÍMICA

Tomando como base la composición elemental de los residuos sólidos de la ciudad de Juli, se obtuvo la composición química que permitirá evaluar las opciones de procesamiento y recuperación, utilizando las formulas empíricas que a continuación se detallan, las formulas químicas empíricas para efectuar estos cálculos se encuentran en la pág. 24. (Tchobanoglous G. –Theisen H. 1997).

Formulas químicas empíricas del total de residuos sólidos generados

Formula Química con Azufre

Sin agua $C_{586} H_{934} O_{248} N_{12} S$ (para cálculo en base seca)

C_{586}	H_{934}	O_{248}	N_{12}	S	P.A.
					$32 \times 1 = 32$
					$14 \times 12 = 168$
					$16 \times 248 = 3968$
					$1 \times 934 = 934$
					$12 \times 586 = 7032$

					12134 kg

La presente formula empírica de la composición de residuos sólidos se obtuvo en base a los cálculos realizados con los datos de la Tabla N° 3.8 peso seco kg/día, para determinar cada componente de los residuos sólidos que se muestran en la Tabla N° 3.9.

Se efectúan los cálculos con los datos de la Tabla 3.8 peso seco kg/día, para determinar cada componente de los residuos sólidos que se muestran en la Tabla 3.9

) Para el carbono en los residuos de comida

$$12134 \text{ kg} \text{ ----- } 7032 \text{ kg de C}$$

$$264 \text{ kg} \text{ ----- } X$$

$$X = \frac{7032 \quad 264}{12134}$$

$$X = 152.99 \text{ kg de C}$$

) Para el carbono en el cartón

$$12134 \text{ kg} \text{ ----- } 7032 \text{ kg}$$

$$264 \text{ kg} \text{ ----- } X$$

$$X = \frac{7032 \quad 264}{12134}$$

$$X = 250.35 \text{ kg}$$

De igual manera se calculan los componentes orgánicos e inorgánicos en kilogramos.

Tabla N° 3.9: Composición Química en Base Seca

COMPONENTES	Peso Húmedo kg/día	Peso Seco kg/día	Composición kg				
			C	H	O	N	S
ORGANICOS							
Residuos de Comida	880	264	152,99	20,32	86,33	3,65	0,69
Cartón	460	432	250,35	33,25	141,27	5,98	1,14
Papel	970	921	533,74	70,89	301,18	12,75	2,43
Plásticos	310	304	176,18	23,40	99,41	4,209	0,80
Textiles	100	90	52,16	6,93	29,43	1,246	0,24
Madera	50	40	23,18	3,08	13,08	0,55	0,11
Sub total	2770	2052	1188,61	157,87	670,71	28,39	5,41
INORGANICOS							
Vidrio	190	186	107,79	14,32	60,82	2,57	0,491
Latas de hojalata	210	204	118,23	15,70	66,71	2,82	0,538
Aluminio	110	108	62,59	8,31	35,32	1,49	0,285
Otros Metales	70	68	39,41	5,23	22,24	0,94	0,179
Suciedad, cenizas, etc.	460	423	245,14	32,56	138,33	5,86	1,115
Sub total	1040	989	573,16	76,12	323,42	13,68	2,608
Total	3810	3016	1747,86	232,15	986,28	41,76	7,954

Fuente: Elaboración propia 2014

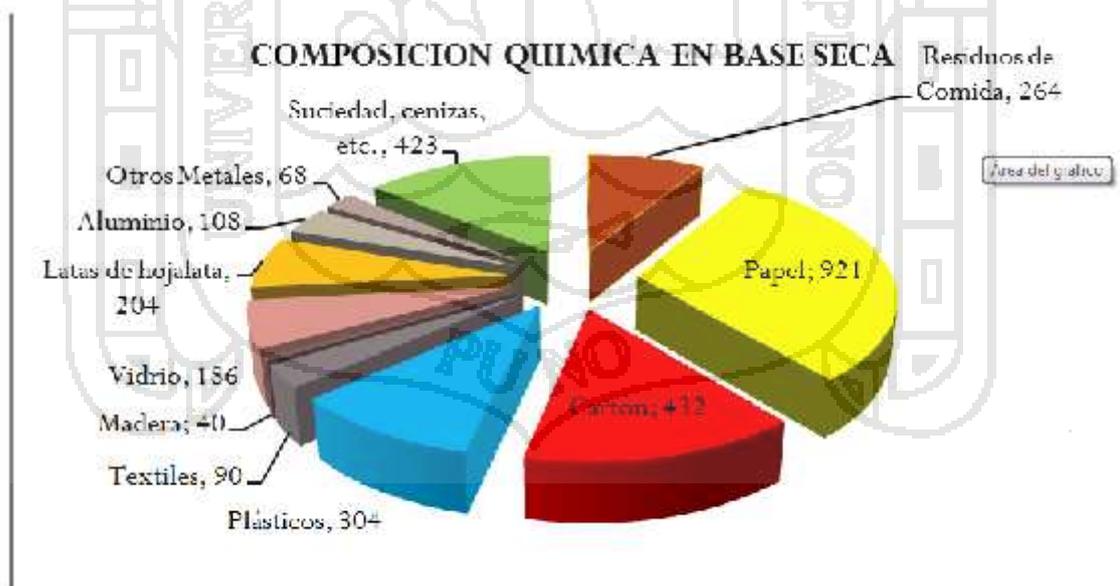


Figura N° 3.3: Composición física de residuos sólidos en base seca

COMPONENTES	Peso Húmedo kg/día	Composición kg				
		C	H	O	N	S
ORGANICOS						
Residuos de Comida	880	262,36	81,86	528,31	6,27	1,19
Cartón	460	137,15	42,79	276,16	3,28	0,62
Papel	970	289,19	90,23	582,35	6,91	1,32
Plásticos	310	92,42	28,84	186,11	2,21	0,42
Textiles	100	29,81	9,30	60,036	0,71	0,14
Madera	50	14,91	4,65	30,02	0,36	0,07
INORGANICOS						
Vidrio	190	56,65	17,67	114,07	1,35	0,26
Latas de hojalata	210	62,61	19,53	126,07	1,49	0,28
Aluminio	110	32,79	10,23	66,04	0,78	0,15
Otros Metales	70	20,87	6,511	42,02	0,49	0,09
Suciedad, cenizas, etc.	460	137,15	42,79	276,16	3,28	0,62
Total	3810	1135,92	354,41	2287,36	27,14	5,169

Tabla N° 3.10: Composición química en base húmeda

Fuente: Elaboración propia 2014

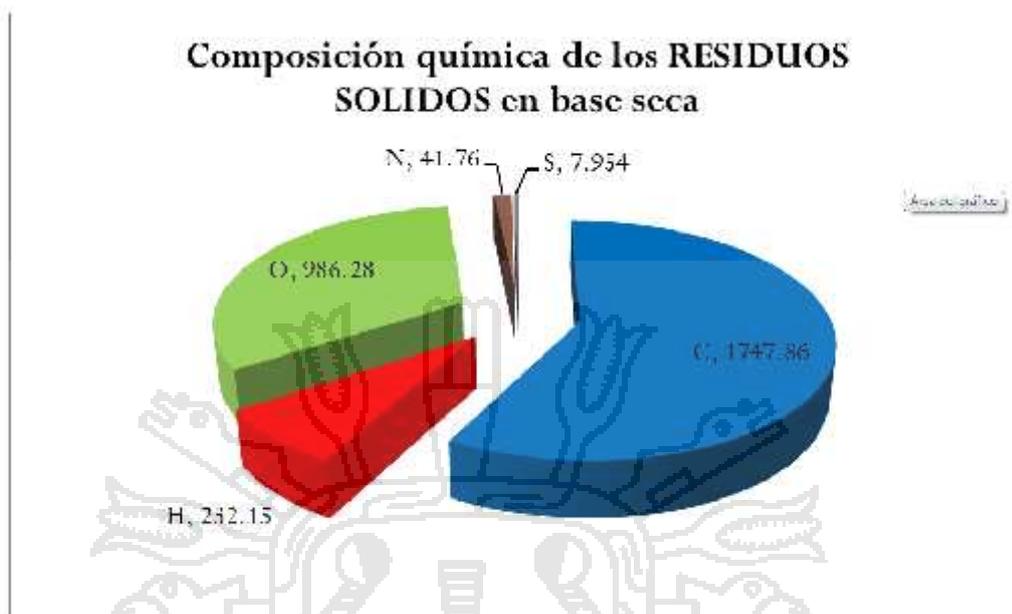


Figura 3.4: Composición química de los residuos sólidos base seca

Tabla N° 3.11: Distribución Potencial de los Elementos

Fuente: Elaboración propia 2014

Se calcula la composición molar de los elementos lentamente y rápidamente descomponibles, para determinar las formulas químicas sin azufre. Ver Tabla 3.12.

$$n = \frac{m}{P.M.}$$

Dónde:

n = número de moles

m = masa en g

P.M. = peso molecular

TABLA N° 3.12: Componentes de los Residuos Sólidos rápidamente y lentamente descomponibles

Fuente: Elaboración propia 2014

$$n = \frac{m}{P.M.}$$

1. Se efectúan los cálculos para los diferentes componentes, ejemplo para el carbono lentamente descomponible, tenemos:

$$n = \frac{2}{12,01} = 20,94$$

2. Se continúa con el cálculo de la composición molar de los demás elementos, los cuales que se detallan en la Tabla 3.13.

	C	H	O	N	S
g/mol	12,01	1,01	16	14,01	32,06
Rápidamente descomponible	78,026	123,233	33,048	1,598	0,133
Lentamente descomponible	20,94	33,079	8,870	0,428	0,035

TABLA N° 3.13: Composición molar de los elementos

COMPONENTES	Peso Seco kg/día	Composición kg				
		C	H	O	N	S
Rápidamente descomponible						
Residuos de Comida	264	152,99	20,3210	86,3319	3,6551	0,69622
Cartón	432	250,35	33,2526	141,270	5,9812	1,13927
Papel	921	533,74	70,8928	301,180	12,751	2,42887
Total	1613	937,097	124,466	528,783	22,388	4,26438
Lentamente descomponible						
Plásticos	304	176,18	23,40	99,41	4,209	0,80
Textiles	90	52,16	6,93	29,43	1,246	0,24
Madera	20	23,18	3,08	13,08	0,55	0,11
Total	414	251,52	33,41	141,92	6,005	1,15

Fuente: Elaboración propia 2014

Las siguientes tablas de la fracción orgánica son importantes pues con los datos hallados en dichas tablas se calculará la formula empírica de los residuos sólidos y la cantidad de gas que éstos generaran. (Tabla 3.14)

TABLA N° 3.14: Cálculos para determinar las relaciones normalizadas

Componente	Relación mol (nitrógeno =1)	
	Rápidamente descomponible	Lentamente descomponible
Carbono	48,827	48,925
Hidrogeno	77.117	77,287
Oxígeno	20,680	20,724
Nitrógeno	1,0	1,0

Fuente: Elaboración propia 2014

3. Los cálculos se han efectuado con los datos de la Tabla 3.11 de la siguiente manera:

Para el carbono tenemos:

$$c = \frac{P \quad d \quad c_1}{P \quad d \quad n} \left(\frac{g}{m} \right) = \frac{78,026}{1,598} = 48,827$$

De igual manera se hacen los cálculos para los demás componentes, los mismos que se detallan en la Tabla 3.14, de donde se determinan la siguientes formulas.

4. LAS FORMULAS QUÍMICAS SIN AZUFRE SON:



Las formulas químicas a utilizar son:

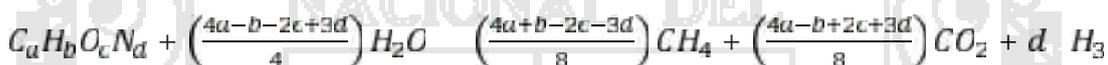


Rápidamente descomponible $C_{49}H_{77}O_{21}N$

Lentamente descomponible $C_{49}H_{78}O_{21}N$

3.4.12. CANTIDAD DE GAS QUE SE GENERA DE LA DESCOMPOSICIÓN DE LOS CONSTITUYENTES ORGÁNICOS

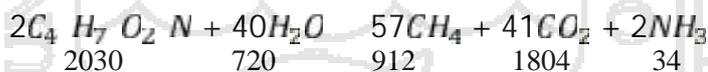
Se puede conceptuar un relleno sanitario de residuos sólidos como un reactor bioquímico, con residuos y agua como entradas principales, y con gases de vertedero y lixiviado como principales salidas. El volumen de los gases emitidos durante la descomposición anaerobia se estimó con la formula generalizada $C_aH_bO_cN_d$, entonces se calculó el volumen total del gas utilizando la siguiente ecuación, suponiendo la conversión completa de los residuos orgánicos biodegradables en CO_2 y CH_4 .



Se han realizado los siguientes cálculos:

a) Cálculo rápidamente descomponible de los residuos sólidos

Para estos cálculos se utilizó la siguiente ecuación.



11.1. Cálculo lentamente descomponible de los residuos sólidos

Para estos cálculos se utilizó la siguiente ecuación.



11.2. Calculo del volumen de metano y dióxido de carbono producido.

Se determinó los gases de metano y dióxido de carbono de la siguiente manera:

Los pesos específicos son:

$$\text{CH}_4 = 0,717 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{CO}_2 = 1,978 \text{ kg/m}^3$$

a) **Rápidamente descomponible de la materia orgánica**

$$M = \frac{(9 \text{ K})(1 \text{ K})}{(2 \text{ K})(0,7 \text{ K/m}^3)} = 1010,68 \text{ m}^3$$

$$D \text{ ó } x \quad d \text{ ó } c_i = \frac{(1 \text{ K})(1 \text{ K})}{(2 \text{ K})(1,9 \text{ K/m}^3)} = 724,68 \text{ m}^3$$

b) **Lentamente descomponible de la materia orgánica**

$$M = \frac{(3 \text{ K})(4 \text{ K})}{(8 \text{ K})(0,7 \text{ K/m}^3)} = 260,54 \text{ m}^3$$

$$D \text{ ó } x \quad d \text{ ó } c_i = \frac{(7 \text{ K})(4 \text{ K})}{(8 \text{ K})(1,9 \text{ K/m}^3)} = 184,86 \text{ m}^3$$

12. COMPOSICIÓN, FORMACIÓN Y CONTROL DEL LIXIVIADO EN EL VERTEDERO

El lixiviado es el líquido que se filtra a través de los residuos sólidos y que extrae materiales disueltos o en suspensión. En la mayoría de los rellenos sanitarios el lixiviado está formado por el líquido que entra en el vertedero desde fuentes externas, fundamentalmente el agua aportada por la humedad de los residuos, por la lluvia y por infiltraciones hacia la celda de disposición.

El volumen de lixiviado está fundamentalmente en función de la precipitación pluvial. No solo la escorrentía puede generarlo, también las lluvias que caen en el área del relleno hacen que su cantidad aumente, ya sea por la precipitación directa sobre los residuos depositados o por el aumento de infiltración a través de las grietas en el terreno.

En climas lluviosos se produce la infiltración del agua en las celdas de rellenos sanitarios, pudiendo llegar a saturar los residuos confinados y generar lixiviados con altas concentraciones de materiales contaminantes. Para la estimación de la generación de lixiviados se utilizó la siguiente tabla de producción de aguas lixiviadas en situaciones diferentes.

TABLA N° 3.15: Producción de Aguas Lixiviadas en un Relleno Sanitario

Tipo de relleno	Producción de aguas lixiviadas (% de precipitación)	Producción de aguas lixiviadas		
		Precipitación 700 mm/año	Precipitación 1500 mm/año	Precipitación 3000 mm/año
Relleno manual	60	11,51	24,66	49,32
Relleno compactado por maquinaria liviana	40	7,67	16,44	32,88
Relleno compactado por maquinaria pesada	25	4,79	10,27	20,55

Fuente: Servicio Alemán de Cooperación Social – Técnica DED 2011

- Para el cálculo de la cantidad de lixiviado se tomó en cuenta el porcentaje de precipitación pluvial y en función de un factor de generación en m³/año.

-) Precipitación anual en Juli : 638.4 mm
-) Area anual del relleno (Has) : 0,1312 = (1311.97 m²)
-) Tipo de relleno en la ciudad de Juli: Relleno manual

- Calculo del lixiviado

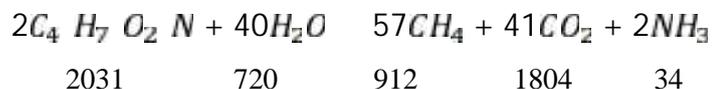
$$638.4 \text{ mm} \times 0,60 = 383,04 \text{ mm}$$

$$383,04 \text{ mm} \times 1311.97 \text{ m}^2 = 502.53 \text{ m}^3/\text{año}$$

Cantidad de lixiviado= 502.53 m³/año

➤ **Cálculo Rápidamente Descomponible de los Residuos Sólidos**

Para estos cálculos se utilizó la siguiente ecuación.



➤ **Cálculo Lentamente Descomponible de los Residuos Sólidos**

Para estos cálculos se utilizó la siguiente ecuación.



3.5. TRATAMIENTO Y LUGAR DE DISPOSICIÓN FINAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS EN LA CIUDAD DE JULI (PLANTA MANUAL DE RESIDUOS SÓLIDOS)

A continuación se describen las características y requerimientos de una planta manual de acopio que se propone para implementar en el municipio de la ciudad de Juli. La planta manual de acopio de Residuos Sólidos puede ser una instalación muy sencilla que se recomienda ubicarla dentro del sitio del relleno, junto o cerca del cuerpo de residuos y está dividida en cuatro unidades principales:

Unidad 1: Área de descarga de residuos sólidos y de residuos hospitalarios

Unidad 2: Garaje para vehículos

Unidad 3: Área del relleno sanitario

Unidad 4: Almacenamiento de lixiviado

3.5.1. ÁREA DE DESCARGA

Esta área se puede construir con un piso de hormigón o, si eso no es posible por razones financieras, con tierra bien compactada. El objetivo es que cuando se

tengan altas precipitación es, el área no se convierta en un sitio pantanoso en el cual no sea posible trabajar.

A continuación en la Figura 3.5 se muestra el diseño recomendado para una planta manual que es la que se recomienda para el caso del municipio de la ciudad de Juli



Figura 3.5: Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos de un Sistema Integrado de Tratamiento y Disposición Final de Residuos Sólidos

3.5.2. AREA DE LA PLANTA

Para adquirir un terreno, diseñar la planta de acopio o integrarla en una instalación existente como es en el relleno sanitario, se deben conocer las dimensiones de ésta. Los factores que más influyen aquí son:

-) Área del relleno sanitario
-) Tipo de equipamiento
-) Tipo de infraestructura
-) Cantidad de desechos tratados diariamente

Las áreas más importantes son:

-) El área de lixiviados

El área de almacenamiento

Se pueden considerar diferentes diseños para una planta de acopio, dependiendo de la topografía del terreno y de las condiciones del sitio en cuestión. En total se ha calculado un área de 24 hectáreas para todas las áreas indicadas.

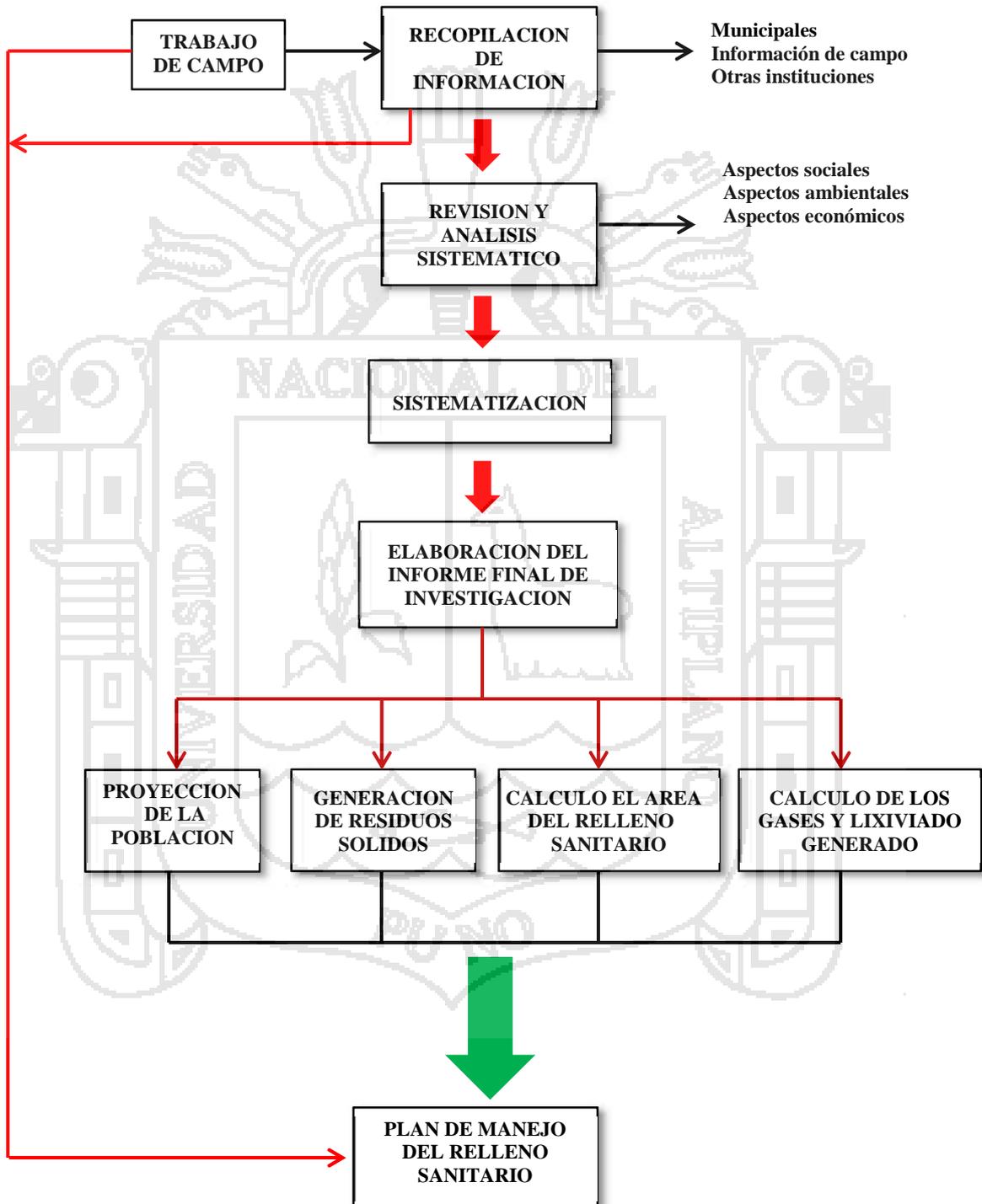


Figura N°3.6: Secuencia Metodológica del Estudio

3.6. DISPOSICIÓN FINAL

La disposición final del relleno sanitario (vertedero) se ubicará en la Comunidad de Tutacani, en el lugar denominado Nayraninaque, a 5 km de la ciudad de Juli, camino a la ciudad de Desaguadero siguiendo por la carreta Nacional.

En relación a la gestión integral para el manejo y disposición final de los residuos sólidos urbanos en la Ciudad de Juli, se propone tres líneas estratégicas que están directamente involucradas con la prestación del servicio de limpia, recolección, traslado, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos urbanos, estas líneas son: el equipamiento del servicio de recolección de basura para la prestación de un servicio de mayor calidad y cobertura, la construcción de un relleno sanitario para la disposición final de los residuos sólidos, y el establecimiento de un centro de acopio para el aprovechamiento de algunos materiales.

La capacidad que debe tener el relleno sanitario (vertedero) en la ciudad de Juli debe tener un área de 20,23 ha para el relleno sanitario y 3,77 ha para los demás servicios.

CAPITULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos en la fase experimental de la investigación llevada a cabo para determinar los parámetros necesarios para realizar la gestión integral de residuos sólidos destinados para un relleno sanitario, para las condiciones de los residuos generados en la ciudad de Juli.

4.1. GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS EN LA CIUDAD DE JULI

Al respecto de la “Gestión integral de los Residuos Sólidos de la Ciudad de Juli destinado para un relleno sanitario” es factible pues se propone el tratamiento y disposición final de los residuos en un relleno sanitario, donde el equipamiento del servicio de recolección de basura para la prestación de un servicio será de mayor calidad y cobertura, la construcción de un relleno sanitario para la disposición final de los residuos sólidos, y el establecimiento de un centro de acopio para el aprovechamiento de algunos materiales.

La ciudad de Juli cuenta con 9800 habitantes que se distribuyen en 2450 viviendas (INEI-2012), por lo que el promedio por vivienda es de 04 habitantes.

Para aprovechar los residuos domiciliarios que se producen en la zona, primero se ejecutó un muestreo entre 52 viviendas y se procedió a caracterizar los residuos sólidos municipales, para lo que se solicitó el apoyo de la Municipalidad de Juli, habiéndose encontrado una serie de datos que se consignan en la siguiente tabla (Tabla N° 4.1).

TABLA N° 4.1: Generación per cápita de las “52” viviendas participantes

VIVIENDA	kg /hab día								
1	0,388	12	0,281	23	0,413	34	1,050	45	0,349
2	0,319	13	0,314	24	0,289	35	0,272	46	0,311
3	0,367	14	0,396	25	0,375	36	1,038	47	0,455
4	0,429	15	0,335	26	0,345	37	0,208	48	0,356
5	0,489	16	1,192	27	0,312	38	1,005	49	0,301
6	0,306	17	1,161	28	0,388	39	0,263	50	0,300
7	0,345	18	0,260	29	0,372	40	0,320	51	0,315
8	0,337	19	0,121	30	1,057	41	0,225	52	0,348
9	0,393	20	0,253	31	0,221	42	0,334		
10	0,397	21	0,167	32	0,269	43	0,318		
11	0,452	22	0,353	33	1,299	44	0,380		

Fuente: Elaboración propia

Se preparó el material necesario como son las bolsas etiquetadas, formatos, equipo de pesado, recipiente graduado para la determinación de peso volumétrico, tamiz etc.

Finalmente se determinó el peso volumétrico de cada tipo de Residuo Sólido conforme se puede apreciar en la Tabla siguiente:

TABLA N° 4.2: Composición de Residuos Sólidos de la Ciudad de Juli

COMPONENTES	Residen. RS Ton/día	Comerc. RS Ton/día	Rest.. RS Ton/día	Educa. RS Ton/día	Mercados RS Ton/día	Barrido Calles Ton/día	Hospit. RS Ton/día	TOTAL RS Ton/día
ORGANICOS								
Residuos de Comida	0,3	0,02	0,03	0,01	0,4	0,07	0,25	1,08
Papel	0,02	0,02	0,01	0,1	0,03	0,02	0,03	0,23
Cartón	0,02	0,25	0,06	0,03	0,01	0,01	0,1	0,48
Plásticos	0,02	0,03	0,07	0,2	0,2	0,02	0,05	0,59
Textiles	0,01	0,01	0,03	0	0,02	0,02	0,01	0,1
Madera	0,02	0,01	0	0	0,01	0,02	0	0,06
INORGÁNICOS								
Vidrio	0,15	0,02	0,02	0,1	0,11	0	0,02	0,42
Latas de hojalata	0,04	0,05	0,04	0,01	0,05	0,01	0,01	0,21
Aluminio	0,1	0,01	0	0	0	0	0	0,11
Otros Metales	0,01	0,01	0	0	0	0,05	0	0,07
Suciedad, cenizas, etc	0,05	0,02	0,03	0,01	0	0,35	0	0,46
Total	0,74	0,45	0,29	0,46	0,83	0,57	0,47	3, 88

Fuente: Elaboración propia 2014

Asimismo, en el siguiente gráfico se puede apreciar el comportamiento de los datos obtenidos para la Composición de Residuos generados por la ciudad de Juli.

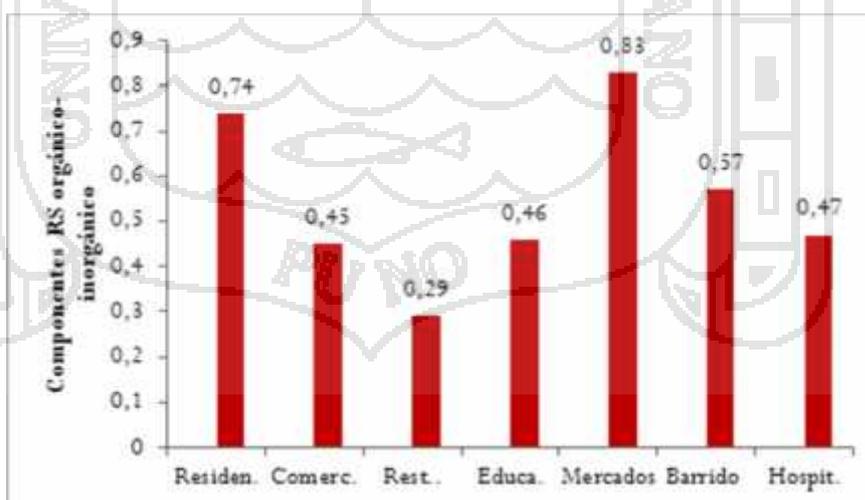


Figura N° 4.1: Composición de Residuos Sólidos de la ciudad de Juli

4.2. DETERMINACIÓN DE LOS VOLÚMENES DE RESIDUOS SÓLIDOS QUE SE GENERAN EN LA CIUDAD DE JULI Y EL ÁREA DEL RELLENO SANITARIO

La evaluación de los resultados de los residuos sólidos se basa en la composición en peso y en volumen que son parámetros fundamentales para la comprensión y solución de la problemática del manejo de desechos sólidos.

La ciudad de Juli genera dos tipos de residuos orgánicos e inorgánicos, cuya composición se muestra en la Tabla N° 4.2, Figura 4.1, originando un volumen diario de 0,388 kg/hab-día y de 1388 ton/ hab- anual.

El área que ocupan estos residuos sólidos son de 1311,97 m² para el primer año y para los próximos 10 años es de 202223,69 m², se observan estos datos en la Tabla 3.7.

4.3. PROPIEDADES Y COMPOSICIÓN FÍSICO QUÍMICA DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS GENERADOS EN LA CIUDAD DE JULI, CANTIDAD DE GAS Y LIXIVIADOS.

Se determinó un peso volumétrico de residuos sólidos en forma general de 551,53 kg/m³, en cuanto a la selección y cuantificación de subproductos se obtuvo que las principales porciones en peso seco de residuos sólidos son: residuos de comida 0,264 ton/día (23,09 %), Papel 0,912 ton/día (25,46 %), Cartón 0,437 ton/día (12,07 %), Plásticos 0,304 ton/día (8,14 %), Textiles 0,090 ton/día (2,62 %), Madera 0,020 ton/día (1,31 %), Vidrio 0,186 ton/día (4,99 %), Latas de hojalata 0,204 ton/día (5,51 %), Aluminio 0,108 ton/día (2,89 %), Otros Metales 0,068 ton/día (1,83 %), Suciedad, cenizas, etc 0,423 ton/día (12,07 %), (Tabla 3.8).

Las propiedades químicas se observan en la Tabla 3.9, cuya composición es en base seca, es decir tal como debe ser depositado en el relleno sanitario. Las cantidades determinadas son: carbono 1747,86 kg, hidrogeno 232,15 kg, oxigeno 986,28, nitrógeno 41,76 kg y azufre 7,954 g.

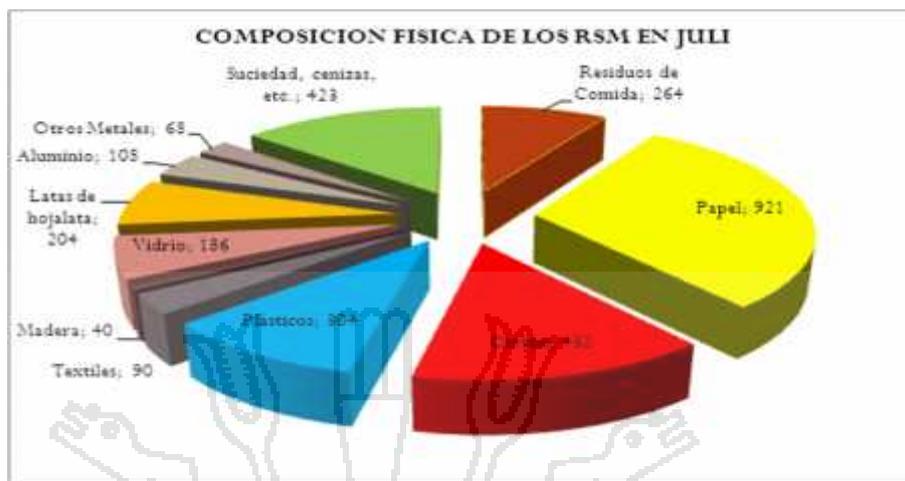


Figura N° 4.2: Composición física de residuos sólidos en base seca

Composición química de los RS en base seca

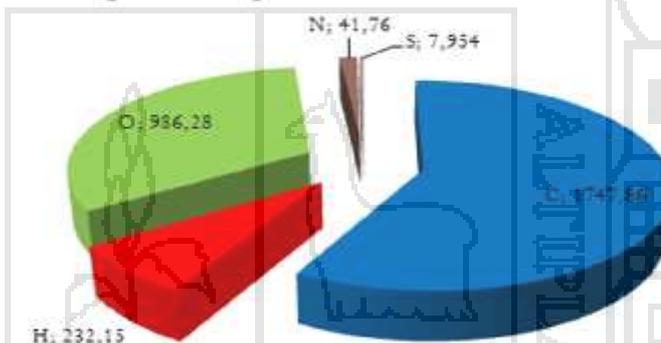
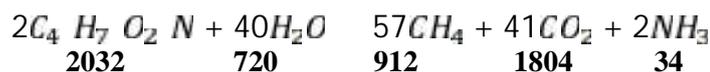
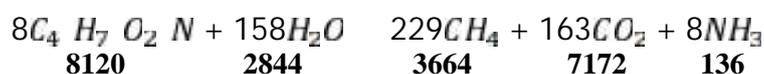


Figura 4.3: Composición química de los residuos sólidos base seca

La cantidad de gas que se genera de la descomposición de los constituyentes orgánicos se estimó con la formula generalizada $C_aH_bO_cN_d$ y para el cálculo rápidamente descomponible se utilizó la siguiente ecuación. (Item 10 anexo 12)



Para el cálculo lentamente descomponible se utilizó la siguiente ecuación.



Se determinó el volumen de metano y dióxido de carbono producido utilizando los pesos específicos del $\text{CH}_4 = 0,717 \text{ kg/m}^3$ y del $\text{CO}_2 = 1,978 \text{ kg/m}^3$ tanto para la descomposición rápidamente descomponible y Lentamente descomponible, obteniéndose lo siguiente:

➤ Rápidamente descomponible

$$M = 1010,68 \text{ m}^3$$

$$D \text{ ó } x \quad d \quad c_i = 724,68 \text{ m}^3$$

➤ Lentamente descomponible

$$M = 260,54 \text{ m}^3$$

$$D \text{ ó } x \quad d \quad c_i = 184,86 \text{ m}^3$$

El lixiviado es el líquido que se filtra a través de los residuos sólidos y que extrae materiales disueltos o en suspensión, por lo que requiere especial tratamiento.

Para el cálculo de la cantidad de lixiviado se tomó en cuenta el porcentaje de precipitación pluvial y en función de un factor de generación en $\text{m}^3/\text{año}$.

- J Precipitación anual en Juli : 638.4 mm
- J Area anual del relleno (Has) : 0,1312 = (1311,97 m^2)
- J Tipo de relleno en la ciudad de Juli: Relleno manual

Se calculó que se producirá $502,53 \text{ m}^3/\text{año}$ de lixiviado.

4.4. TRATAMIENTO Y LUGAR DE DISPOSICIÓN FINAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DE LA CIUDAD DE JULI.

La disposición final del relleno sanitario (vertedero) se ubicará en la Comunidad de Tutacani, en el lugar denominado Nayranijaque, a 5 km de la ciudad de Juli, camino a la ciudad de Desaguadero siguiendo por la carreta Nacional.

El área destinada es de 20,23 Ha para el relleno sanitario más 3,77 hectáreas para los demás servicios de acuerdo a captura de imagen satelital (Fig. 4.4). El tipo de relleno sanitario que se propone debe ser por el método de trinchera o zanja pues se dispone de terrenos planos adecuados para este método.



Figura 4.4: Figura Satelital del Área de Relleno Sanitario

CONCLUSIONES

- ✓ Se realizó el levantamiento de datos mediante el muestreo de campo, se realizó además la caracterización de residuos sólidos de la ciudad de Juli.
- ✓ Con la aplicación del proyecto de investigación será posible evitar la contaminación de suelo, agua y aire provocada por un mal manejo de residuos y finalmente también se mejorará el aspecto físico y ambiental de la ciudad de Juli.
- ✓ El dato obtenido de producción per cápita para la ciudad de Juli es de PPC=0,388 kg/hab-día y de 1 338,00 ton/año; asimismo, se logró proyectar un volumen de 15 349,00ton/año para un horizonte de 10 años.
- ✓ La proporción de materia orgánica producida en un día es de 23,09 %; papel 25,46 %; cartón 12,07 %; plásticos 8.14 %; textiles 2,62 %, vidrios 4,99 %; hojalata 5,51; aluminio 2,89 % y suciedad, cenizas y otros en un 12,07%.
- ✓ El volumen de gas generado asciende a 1 388,00 ton/año para la fracción rápidamente descomponible, siendo su probable composición 1 010,60 m³ de metano; 724,68 m³ de bióxido de carbono; y para fracción lentamente descomponible 260,54 m³ de metano y 184,86 m³ de bióxido de carbono.
- ✓ El volumen de lixiviados generados por los residuos sólidos de la ciudad de Juli es de 502,53 m³/año.
- ✓ Con la información obtenida, realizando un análisis de los métodos empleados para la instalación de un relleno sanitario a través de un sistema integral de gestión ambiental aplicados a la ciudad de Juli, se plantea realizar por el método de Zanja o Trinchera.

RECOMENDACIONES

- ✓ Se recomienda implementar la propuesta Gestión Integral de Residuos Sólidos de la ciudad de Juli destinados para un Relleno Sanitario, y a futuro difundir su aplicación en otras ciudades del altiplano peruano, cuyas características geográficas sean similares y permitan su aplicación.
- ✓ Se sugiere establecer acuerdos o convenios con empresas privadas dedicadas a la valorización de residuos sólidos, para su aprovechamiento adecuado, teniendo en cuenta la caracterización realizada en el presente documento.
- ✓ Se recomienda incorporar los resultados del proyecto de investigación al Programa de Educación Ambiental de la Municipalidad Provincial de Chucuito - Juli, estableciendo nuevas estrategias y metodologías de enseñanza que contribuyan a mejorar e innovar las campañas de educación ambiental, buscando siempre llegar a los niños y jóvenes de instituciones educativas con el mensaje aprovechar y recuperar los residuos sólidos.
- ✓ Se recomienda utilizar el biogás proveniente de la descomposición de los residuos sólidos como fuente de energía, para abastecer las instalaciones administrativas y otras del relleno sanitario.
- ✓ Se sugiere realizar controles rigurosos de densidad de campo durante la compactación de la cobertura de los residuos sólidos, de tal modo que se garantice la extensión de la vida útil del relleno sanitario.

BIBLIOGRAFIA

1. ATKINS P. (1998) “Fisicoquímica”. 3ra Edición, Editorial Addison Wesley Iberoamericana, USA, 452-458.
2. ACURIO G, ET ALL, (1977) “Diagnostico De La Situación Del Manejo De Residuos Sólidos Municipales En América Latina Y El Caribe”, IADB-PAHO,
3. ALEX FERNÁNDEZ MUERZA (2006). Contaminación por Lixiviados
4. AROCENA A, L, (1998) “Resíduos Sólidos Urbanos Manual De Gestión Integral”, CEMPRE Brasil, CEMPRE Uruguay, ITP Brasil ADAM Venezuela.
5. AUSTIN GEORGE T. (1992) “Manual de Procesos Químicos en la Industria” Edit. Mc Graw Hill Tomo II y III.
6. BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO (1997), “Guía Para La Evaluación De Impactos Ambientales Para Proyectos De Residuos Sólidos Municipales.
7. BELLAMY, DAVID (1991). “Salvemos la Tierra”. Ediciones Aguilar, Obra de carácter divulgativa sobre los problemas medioambientales.
8. BROW CRANGER GEORGE “Operaciones Básicas de la Ingeniería Química” Edit. MARIN S.A. España 1990
9. CARRANZA NORIEGA R, (1999) CURSO DE ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL, UNAC.
10. CASTRO ORTIZ Z. (1998) “Manual de Procedimientos Simplificados de Análisis Químicos de Aguas Residuales” México.
11. CARVALHO, M.F. (1999). Comportamiento geotécnico de residuos sólidos urbanos. TESIS DOCTORAL. Escola de Engenharia de Sao Carlos - USP- Sao Paulo, 1999
12. COCHRAN W. “Diseños Experimentales” Edit. Trelles. México – 1978.
13. CONESA FERNÁNDEZ V. (1995) “Guía Metodológica para la evaluación del impacto ambiental”, Ed. Mundi Prensa, 2ª edición, Barcelona, España.
14. CONTANHEDE A, SANDOVAL L. (2008) “Rellenos Sanitarios Manuales”, Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente División

- de Salud y Ambiente Organización Panamericana de la Salud Oficina Sanitaria Panamericana - Oficina Regional de la Organización Mundial de la Salud
15. CHAPMAN D. HOMER, PARKER F. PRATT (1992) “Métodos de Análisis para Suelos, Plantas y Aguas” Edit. Trills, México.
 16. CHOPEY N.P.-HICKS T.G. (1986) “Manual de Cálculos de Ingeniería Química” Edit. Mc Graw Hill primera edición.
 17. GUÍA METODOLÓGICA PARA LA FORMULACIÓN DE PLANES INTEGRALES DE GESTIÓN AMBIENTAL DE RESIDUOS SÓLIDOS – PIGARS (2001). Consejo Nacional del Ambiente (CONAM).
 18. GOGATE P.R. Y PANDIT A.B. (2004). Una revisión de las tecnologías imperativas para el tratamiento de aguas residuales: tecnologías de oxidación en condiciones ambientales. Los avances en la investigación ambiental 8, 501 – 551.
 19. MEDINA, L.F. (2001) “Investigando en Ingeniería” Edit. UNAS, Arequipa.
 20. METCALF, EDDY (1995) “Ingeniería de Aguas Residuales, Tratamiento, Vertido y Reutilización”. MCGRAW HILL. MÉXICO.
 21. RÖBEN E. (2002) Cooperación Técnica Alemana “Diseño, Operación, Construcción y Cierre De Rellenos Sanitarios Municipales”, Loja Ecuador
 22. JARAMILLO J. OPS/CEPIS (2002) Agencia de la organización Panamericana de la Salud. “Guía Para El Diseño, Construcción y Operación de Rellenos Sanitarios Manuales”,
 23. ROCHA, A.A. (1993) A HISTÓRIA DO LIXO. En: SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE. Coordenadoria de Educação Ambiental. “Resíduos Sólido e Meio Ambiente”. São Paulo: PINI.
 24. RUELAS, C. (1999). Determinación de Residuos Sólidos en las Orillas de la Bahía Interior de Puno. Biociencia, vol.1 N° 1. UNA Puno.
 25. SAAVEDRA, A. (2003). Caracterización de los residuos sólidos. Revista de Investigación N° 01, Edición especial por el día mundial del Medio Ambiente. FCB-UNA Puno
 25. TCHOBANOGLOUS G., THEISEN H. (1997) “Gestión Integral de Residuos Sólidos”, edit. Mc Graw Gill. México D.F.



ANEXO N° 1

MARCO LEGAL

- J Ley General de residuos sólidos. No 27314; emitida el 21 de julio del 2000.
- J Código del Medio Ambiente y los Recursos Naturales, aprobado mediante Decreto Legislativo No. 613.
- J Reglamento para el Control Sanitario de las Playas y Establecimientos Conexos, Decreto Supremo No 98-60-DGS, del 7 de octubre de 1960.
- J Reglamento para la disposición de basuras mediante el empleo del método del relleno sanitario, Decreto Supremo No 6-STN, del 9 de noviembre de 1964.
- J Reglamento de inocuidad del agua y alimentos y del tratamiento de desechos en el transporte nacional e internacional. Decreto Supremo No 012-77-SA, del 13 de octubre de 1977.
- J Reglamento de Aseo Urbano, Decreto-Supremo No 033-81-S A, del 9 de diciembre de 1981, modificado por el Decreto Supremo No 037-83-SA, del 28 de septiembre de 1983.
- J Normas a las cuales se ceñirá la crianza y/o engorde de cerdos desde el punto de vista sanitario, Decreto Supremo No 034-85-SA, del 25 de julio de 1985.
- J Resolución Ministerial NQ 535-97-SA/DM, Código de Principios Generales de Higiene.
- J Decreto Supremo No 88-67-DCS, Reglamento para apertura y control sanitario de plantas industriales de conformidad con el artículo No 160 del título "X" de la ley No 13270 de promoción industrial.
- J Decreto Supremo No 034-85-SA, Reglamento de Aseo Urbano.
- J Anteproyecto de Reglamento Nacional de Transporte Terrestre de Residuos Peligrosos, del 3 de julio del 2002.

ANEXO N° 2

GUÍA METODOLÓGICA PARA LA FORMULACIÓN DE PLANES INTEGRALES DE GESTIÓN AMBIENTAL DE RESIDUOS SÓLIDOS

GUÍA PIGARS 2009 - CONTENIDO

PRESENTACIÓN	4
ANTES DE LEER LA GUÍA PIGARS ¿QUÉ ENCONTRARÁ EN ESTA GUÍA?¿A QUIÉN ESTÁ DIRIGIDA ESTA GUÍA?	6
¿QUÉ ES EL PIGARS?	6
¿POR QUÉ HACER UN PIGARS?	6
¿QUIÉNES DEBEN HACER UN PIGARS?¿CÓMO SE DEBE LEER ESTA GUÍA?	7
DEFINICIONES	7
ABREVIACIONES:	10
PASO 1: ORGANIZACIÓN LOCAL PARA EL DESARROLLO DE UN PIGARS	12
1.1 Identificación de actores y planeamiento del PIGARS	13
1.2 Conformación del Comité Local de Gestión Ambiental de Residuos Sólidos (COGARS)	13
1.3 Elaboración del plan de trabajo	13
1.4 Conformación del Grupo Técnico local.	15
PASO 2: EL DIAGNÓSTICO PARTICIPATIVO	16
2.1. Descripción del área de estudio	18
2.1.1 Información básica del área de estudio	18
2.1.2 Contexto social	19
2.2. Aspectos técnicos operativos	19
2.3. Aspectos gerenciales, administrativos y financieros	22
PASO 3: ESTABLECIMIENTO DE LOS OBJETIVOS Y ALCANCES DEL PIGARS	27
3.1 Identificación del área geográfica y período de planeamiento	30
3.2 Selección de los tipos de residuos que se considerarán en el PIGARS	30
3.3 Definición del nivel del servicio y objetivos que se desean alcanzar	31
PASO 4: IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS	31
4.1 Alternativas en los aspectos gerenciales, administrativos y financieros	34
4.2 Alternativas en los aspectos técnico-operativos	34
4.3 Reforzamiento del modelo de gestión financiera	39
PASO 5: PREPARACIÓN DE LA ESTRATEGIA	46
5.1 Introducción	46
5.2 Formulación de la estrategia	51
PASO 6: FORMULACIÓN DEL PLAN DE ACCIÓN DEL PIGARS	51
6.2 Introducción	53
6.3 El plan de acción	53
PASO 7: EJECUCIÓN Y MONITOREO DEL PIGARS	53
7.1 Introducción	53
7.2 Pasos para poner en marcha el plan de acción	56
7.3 Pasos para monitorear y evaluar el plan de acción	56
BIBLIOGRAFÍA	57
ANEXO 1. MODELO DE PLAN DE TRABAJO PARA LA FORMULACIÓN DEL PIGARS	61
ANEXO 2. MODELO DE REGLAMENTO DE UN COMITÉ LOCAL DE GESTIÓN AMBIENTAL DE RESIDUOS SÓLIDOS	62
ANEXO 3. MODELO DE DECRETO DE ALCALDÍA DE CREACIÓN DEL COGARS	63
ANEXO 4. MÉTODO PARA CARACTERIZAR LOS RESIDUOS SÓLIDOS	68
ANEXO 5. MÉTODO PARA DETERMINAR EL MERCADO DE RESIDUOS DE UNA LOCALIDAD	71
	77

	84
	89
	93
ANEXO 6. MODELO DE UN PIGARS	
ANEXO 7. MODELOS DE ORDENANZA DE APROBACIÓN DEL PIGARS	97
ANEXO 8. CRITERIOS PARA ESTIMAR LOS COSTOS DE UN SISTEMA DE LIMPIEZA PÚBLICA (BARRIDO, RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE)	100
	105
ANEXO 9. CRITERIOS PARA ESTIMAR LOS COSTOS DE UN PROGRAMA DE RECOLECCIÓN SELECTIVA Y APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS	105
ANEXO 10. CRITERIOS PARA ESTIMAR LOS COSTOS DE UN SISTEMA DE DISPOSICIÓN FINAL	105
ANEXO 11. CRITERIOS PARA ESTIMAR UNA CAMPAÑA DE SENSIBILIZACIÓN AMBIENTAL	106
	111
Introducción	116
ANEXO 12. MÉTODO SENCILLO PARA LA PRIORIZACIÓN DE PROBLEMAS Y ELABORACIÓN DE OBJETIVOS	
ANEXO 13. MODELO DE ENCUESTA PARA CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS	
ANEXO 14. INSTRUMENTOS DE APOYO DISPONIBLE	



ANEXO N° 3

**BARRIDO DE CALLES Y RECOJO DE BASURA EN LA CIUDAD
DE JULI**



ANEXO N° 4

RECOJO DE BASURA MECANIZADO EN LA CIUDAD DE JULI



ANEXO N° 5

**ARROJO DE LOS DESECHOS SOLIDOS EN EL BOTADERO DE
LA CIUDAD DE JULI**



ANEXO N° 6

**PROCESO DE TRATAMIENTO DE LOS RESIDUOS SOLIDOS EN LA
CIUDAD DE JULI**



Residuos sólidos clasificados.....Pesado de residuos



Residuos listos para clasificarlos

Clasificación de residuos



..... Clasificación de residuos

Clasificación de residuos

ANEXO N° 7

RESIDUOS LISTOS PARA DETERMINAR SU VOLUMEN, MASA PARA LA DETERMINACION DE LA DENSIDAD

ANEXO N° 8

UBICACIÓN DEL RELLENO SANITARIO CONTROLADO EN LA CIUDAD DE JULI



ANEXO N° 9

TABLA N° 1: DATOS TIPICOS SOBRE PESO ESPECIFICO Y CONTENIDO DE HUMEDAD PARA RESIDUOS DOMESTICOS, INDUSTRIALES

Tipos de residuos	Peso específico kg/m ³		Contenido de humedad, porcentaje en peso	
	Rango	Típico	Rango	Típico
Residuos de comida	131-481	291	50-80	70
Papel	42-131	89	4-10	6
Cartón	42-80	50	4-8	5
Plásticos	42-131	65	1-4	2
Textiles	42-101	65	6-15	10
Goma	101-202	131	1-4	2
Cuero	101-261	160	8-12	10
Residuos de jardín	59-225	101	30-80	60
Madera	131-320	237	15-40	20
Vidrio	160-481	196	1-4	2
Latas de hojalata	50-160	89	2-4	3
Aluminio	65-240	160	2-4	2
Otros metales	131-1151	320	2-4	3
Suciedad, cenizas, etc.	650-831	481	6-12	8
Cenizas	89-181	745	6-12	6

Fuente: Tchobanoglous G. -Theisen H. (1997)

ANEXO N° 10

TABLA N° 2: CONSTITUYENTES ORGANICOS RAPIDAMENTE Y LENTAMENTE BIODEGRADABLES EN LOS RESIDUOS SOLIDOS

Componentes de residuos orgánicos	Rápidamente biodegradable	Lentamente biodegradable
Residuos de comida	Si	
Periódicos	Si	
Papel de oficina	Si	
Cartón	Si	
Plásticos		Si
Textiles		Si
Goma		Si
Cuero		Si
Residuos de jardín		Si
Madera		Si

Fuente: Tchobanoglous G. –Theisen H. (1997)

ANEXO N° 11

RESUMEN DE LEGISLACION AMBIENTAL Y NORMATIVIDAD LEGAL VIGENTE

El marco legal vigente que regula los aspectos de la gestión y manejo de los residuos a nivel nacional son los siguientes:

- a) **Decreto legislativo N° 1065 que modifica algunos artículos de la Ley N° 27314, Ley General de Residuos Sólidos, publicado el 28 de junio del 2008.** Decreto legislativo que modifica la ley N° 27314, Ley General de Residuos Sólidos, en los aspectos principales de perfeccionar los lineamientos de política, establece las competencias del Ministerio del Ambiente, especifica las competencias de las autoridades sectoriales, la autoridad de salud, la autoridad de transporte y comunicaciones, establece el rol de los gobiernos regionales y el rol de las municipalidades, precisa las responsabilidades del generador de residuos sólidos del ámbito no municipal, entre otros.
- b) **Ley N° 27314, Ley General de Residuos Sólidos; aprobado el 21 de julio del 2000.** Ley que presenta las recomendaciones y establece lineamientos generales a tomar en consideración para la implementación y operación de las infraestructuras de disposición final de residuo, así mismo establece la obligatoriedad de elaborar Estudios de Impacto Ambiental en los proyectos de infraestructura de residuos sólidos, entre ellos el relleno sanitario. Tomar en consideración, la modificación de esta Ley dada por el Decreto Legislativo N° 1065.
- c) **Reglamento de la Ley General de Residuos Sólidos; aprobado mediante Decreto Supremo N° 057-2004-PCM, aprobado el 22 de julio del 2004.** Reglamento de la Ley General de Residuos Sólidos, establece los criterios mínimos para la selección de sitio, habilitación, construcción, operación y cierre de las infraestructuras de disposición final. En la actualidad el presente Reglamento se encuentra en modificación.

- d) **Reglamento para la Disposición de Basuras Mediante el Empleo del Método de Relleno Sanitario, aprobado mediante Decreto Supremo N° 06 - STN, el 09 de enero de 1964.** Reglamento para la disposición de basuras mediante el empleo del método de relleno sanitario; mediante el cual se asigna a las municipalidades la responsabilidad de efectuar la recolección de los residuos en su jurisdicción y realizar su disposición final.
- e) **Ley Orgánica de las Municipalidades - Ley N° 27972, Título V.** Competencias y Funciones Específicas de los Gobiernos Locales, artículo 73°, numeral 3 señalan que las municipalidades distritales en materia de Protección y Conservación del Ambiente, cumplen las siguientes funciones:
- ✓ Formulan, aprueban, ejecutan y monitorean los planes y políticas locales en materia ambiental, en concordancia con las políticas, normas y planes regionales, sectoriales y nacionales.
 - ✓ Proponen la creación de áreas de conservación ambiental.
 - ✓ Promueven la educación e investigación ambiental en su localidad e incentivan la participación ciudadana en todos sus niveles
 - ✓ Participan y apoyan a las comisiones ambientales regionales.
 - ✓ Coordinan con los diversos niveles de gobierno nacional, sectorial y regional, la correcta aplicación local de los instrumentos de planeamiento y gestión ambiental, en el marco del sistema nacional y regional de gestión ambiental.
- f) **Ley General del Ambiente - Ley N° 28611.** Hace una diferencia de responsabilidades en cuanto al manejo de los residuos sólidos de origen doméstico y comercial (municipales), y de otros tipos de residuos (no municipales), cuyos generadores serán responsables de su adecuada disposición final, bajo las condiciones de control y supervisión establecidas en la legislación vigente.
- g) **Ley General de Salud - Ley N° 26842.** Ley N° 26842 del 20-07-97 - en la cual se reconoce la responsabilidad del Estado frente a la protección de la salud ambiental. En su artículo 96 del Capítulo IV, se menciona que en la

disposición de sustancias y productos peligrosos deben tomarse todas las medidas y precauciones necesarias para prevenir daños a la salud humana o al ambiente. Asimismo, los artículos 99, 104 y 107 del Capítulo VIII tratan sobre los desechos y la responsabilidad de las personas naturales o jurídicas de no efectuar descargas de residuos o sustancias contaminantes al agua, el aire o al suelo. El artículo 80°, numeral 3.1 de la misma Ley señala que en materia de saneamiento, salubridad y salud, son funciones específicas de las municipalidades distritales: proveer el servicio de limpieza pública determinando las áreas de acumulación de desechos, rellenos sanitarios y el aprovechamiento industrial de los desperdicios.

- h) **Ley del Sistema Nacional de Inversión Pública - Ley N° 27293.** Creada con la finalidad de optimizar el uso de los Recursos Públicos destinados a los proyectos de inversión, en ese contexto se sitúan los proyectos de manejo de los residuos sólidos municipales, creando para tal efecto el Sistema Nacional de Inversión Pública, estableciendo además las fases a cumplir por todo proyecto de inversión pública; y su modificatoria dada por Decreto Legislativo N° 1091.
- i) **Ley Marco para el Crecimiento de la Inversión Privada. Decreto legislativo N° 757 (13 de noviembre de 1991).** Ley que incentiva el crecimiento de la inversión privada, y que en su artículo 55, precisa que se encuentra prohibido “internar al territorio nacional residuos o desechos, cualquier sea su origen o estado materia, que por su naturaleza, uso fines, resultan peligrosos radiactivos...El internamiento de cualquier otro tipo de residuos o desechos sólo podrá estar destinado a su reciclaje, reutilización o transformación”.
- j) **Ley de Bases de Descentralización - Ley N° 27783.** Que establece entre los objetivos a nivel ambiental, la gestión sostenible de los recursos naturales y mejoramiento de la calidad ambiental, además de incluir dentro de la asignación de competencias de las municipalidades, la gestión de los residuos sólidos dentro de su jurisdicción.

k) **Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental - Ley N° 27446.** Establece dentro de los criterios de protección ambiental, la protección de la calidad ambiental, tanto del aire, del agua, del suelo, como la incidencia que puedan producir el ruido y los residuos sólidos, líquidos y emisiones gaseosas; aspectos ambientales comunes a toda infraestructura de disposición final de residuos sólidos. Así mismo define los estudios ambientales correspondientes a cada tipo de proyecto dependiendo de la envergadura de éstos y la potencialidad de los impactos en el ambiente.

l) **Código Penal. “Ley que modifica diversos artículos del Código Penal y de la Ley General del Ambiente”, en el título XIII, capítulo I, sobre los Delitos Ambientales.** La Ley establece las penalidades por contaminación al ambiente y en su artículo 306, por incumplimiento de las normas relativas al manejo de residuos sólidos, define: El que sin autorización o aprobación de la autoridad competente, establece un vertedero o botadero de residuos sólidos que pueda perjudicar gravemente la calidad del ambiente, la salud humana o la integridad de los procesos ecológicos, será reprimido con pena privativa de libertad no mayor de 4 años. Si el agente actuó por culpa, la pena será privativa de libertad no mayor de 02 años. Con el agente, contraviniendo, leyes, reglamentos o disposiciones establecidas, utiliza desechos sólidos para la alimentación de animales destinados al consumo humano, la pena será no menor de 03 años no mayor de 06 años y con doscientos sesenta a cuatrocientos cincuenta días - multa. (Ver Ley N° 29263).

La implementación y operación de un relleno sanitario requiere del compromiso responsable del gestor o titular, partiendo de un proyecto que cuente con las aprobaciones y autorizaciones correspondientes antes de su implementación. La inadecuada operación de estas infraestructuras de disposición final de residuos sólidos, ha generado desconfianza y rechazo de la población, a tal punto de confundir los términos de relleno sanitario con botadero, por lo que realizar la cobertura diaria de los residuos sólidos que se disponen como parte de la operación es de vital importancia, previniendo la proliferación de vectores, que ponen en riesgo la salud de los propios trabajadores y de la población. Las instituciones que aprueban los estudios,

otorgan opinión técnica favorable y autorizan el funcionamiento de las infraestructuras de disposición final de residuos sólidos son las siguientes:

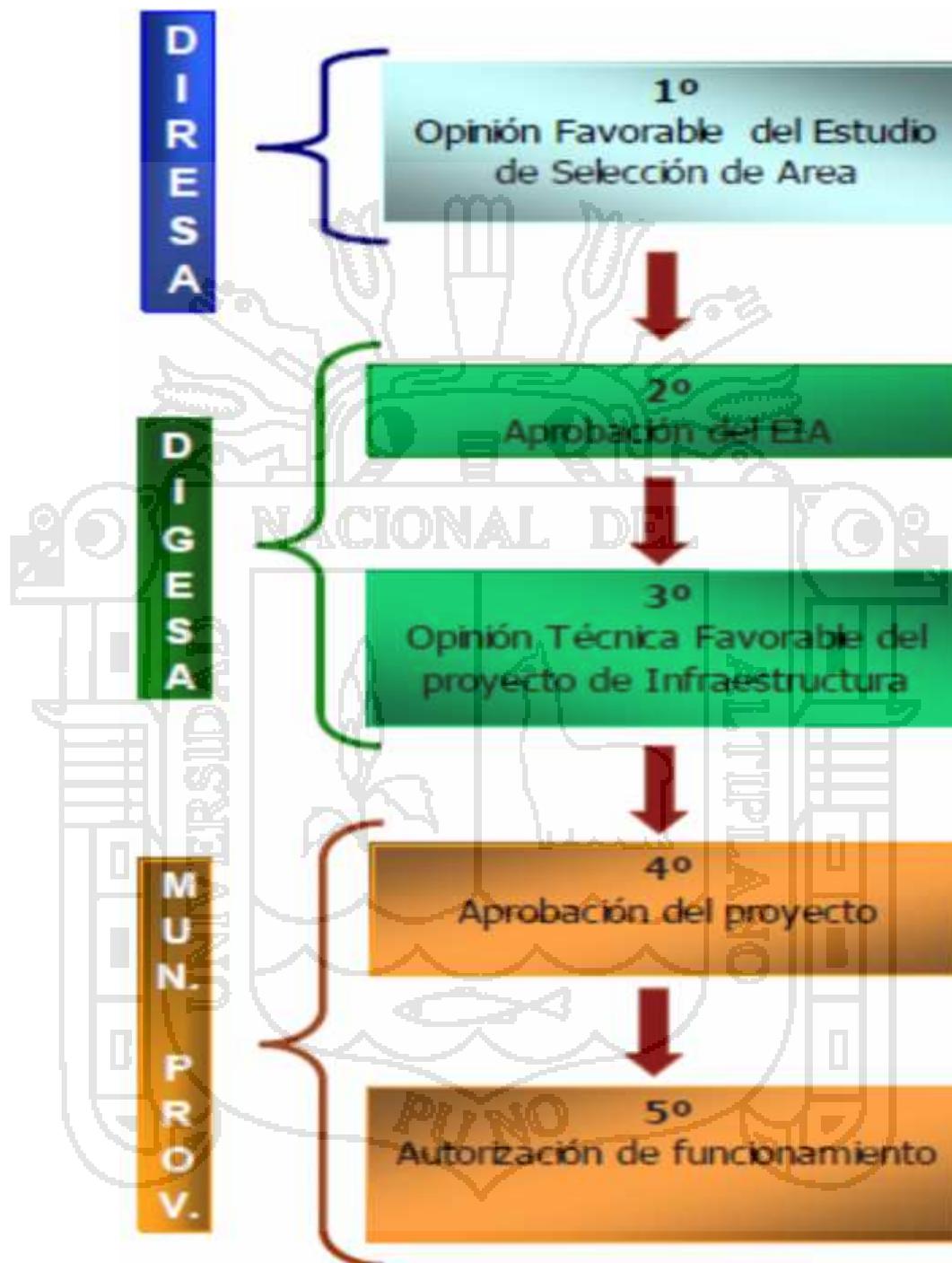


Figura 2.7: Instituciones Competentes