

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



**EVALUACIÓN DEL DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA DE
RELLENO SANITARIO PARA LA LOCALIDAD DE OCUVIRI,
DISTRITO DE OCUVIRI, PROVINCIA DE LAMPA – PUNO.**

TESIS

PRESENTADA POR:

RUBEN QUISPE BEJAR

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRÍCOLA

PUNO – PERÚ

2018

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

**EVALUACIÓN DEL DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA DE RELLENO
SANITARIO PARA LA LOCALIDAD DE OCUVIRI, DISTRITO DE
OCUVIRI, PROVINCIA DE LAMPA – PUNO.**

TESIS PRESENTADA POR:


RUBEN QUISPE BEJAR

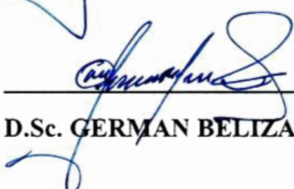


PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRÍCOLA

APROBADA POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:

PRESIDENTE : 
M.Sc. LORENZO GABRIEL CIEZA CORONEL

PRIMER MIEMBRO : 
D.Sc. GERMAN BELIZARIO QUISPE

SEGUNDO MIEMBRO : 
M.Sc. JOSÉ ANTONIO MAMANI GÓMEZ

SEGUNDO MIEMBRO : 
M.Sc. ROBERTO ALFARO ALEJO

ÁREA : ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y MEDIO AMBIENTE

TEMA: RELLENO SANITARIO

LINEA: INFRAESTRUCTURA SANITARIA

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 28 DE DICIEMBRE DEL 2018

DEDICATORIA

Con inmenso cariño a mis adorables padres: Abraham, QUISPE QUISPE y Catalina, BEJAR DE QUISPE, que con sus enseñanzas, paciencia y esmero supieron apoyarme en todo momento y siempre me dieron la libertad para poder realizarme.

A mis hermanos: Raúl, Walter, Rubén, Jhon, Luis y Danitza por el apoyo brindado y su comprensión en todo momento y así lograr escalar un paso más en mi vida.

AGRADECIMIENTOS

- El presente trabajo de tesis primeramente agradecer a ti mi DIOS JEHOVA, señor de señores, rey de reyes mi JESUS por tu amor infinito y por bendecirme para llegar hasta donde he llegado, porque hiciste realidad este sueño anhelado. A la UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO DE PUNO, por darme la oportunidad de estudiar y ser un profesional de INGENIERO AGRÍCOLA.
- He llegado a la meta final de mi investigación adquiriendo conocimiento, experiencias, habilidades y motivaciones que responden a las exigencias y necesidades del desarrollo actual. Deseo agradecer a:
 - Universidad Nacional del Altiplano de Puno, y a la Facultad y Escuela Profesional de Ingeniería Agrícola.
 - Agradecer infinitamente a mi director de tesis Ing. Roberto Alfaro Alejo, quien me brindo su maravilloso asesoramiento en la elaboración de mi tesis y darle gracias por la paciencia que tuvo. Y al mismo tiempo a mis jurados calificador por el correcto guía para las correcciones de mi tesis.
 - Mis compañeros y amigos por estar siempre unidos en este difícil camino.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA
AGRADECIMIENTOS
ÍNDICE DE FIGURAS
ÍNDICE DE TABLAS
ÍNDICE DE ACRÓNIMOS
RESUMEN	11
ABSTRACT	12
I. INTRODUCCIÓN	13
1.1. Planteamiento de problema	13
1.2. Justificación.....	16
1.3. Antecedentes del proyecto:	17
1.4. Hipótesis del trabajo:.....	18
1.5. Objetivos	19
II. REVISIÓN DE LITERATURA	20
2.1 Marco teórico	20
2.1.1. Definición de relleno sanitario	20
2.1.2. Componentes de un relleno sanitario	21
2.1.2.1 Cimentación y revestimientos	22
2.1.2.2 Recolección de lixiviado, remoción y tratamiento.....	27
2.1.2.3 Control de gases de relleno sanitario	30
2.1.2.4 Cierre de relleno sanitario	32
2.2. Diseño de un relleno sanitario.....	33
2.3. Procedimientos previos a la construcción de un relleno sanitario	34
2.4. Aspectos demográficos.	36
2.4.1. Población.....	36
2.4.2. Proyección de la población.	37
2.5. Producción per-cápita y generación total de residuos sólidos.	38
2.6. Cálculo de área para relleno sanitario.	39
2.7. Estudio de caracterización de residuos sólidos.	40

2.8. Estudios de campo y diseño.	41
2.9. Métodos de diseño del relleno sanitario.....	41
2.9.1. Método de trinchera	41
2.10. Diseño de la celda diaria.	43
2.11. Talud	43
2.13. Drenaje vertical para gases.....	45
2.14. Generación, características y tratamiento de las aguas lixiviadas.....	46
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	48
3.1 Lugar de estudio	48
3.2 Unidad de análisis	48
3.3. Clima	49
3.4. Topografía.....	49
3.5. Suelos.....	54
3.5.1. Tipo de suelos.	54
3.5.2. Textura de los suelos.....	54
3.5.3. Perfil de los suelos identificados.....	55
3.6. Hidrología.	56
3.6.1. Aspectos hidrográficos.....	56
3.6.2. Aspectos hidrológicos.	56
3.6.3. Calidad de agua.....	57
3.7. Tipo de investigación.	60
3.8. Métodos, materiales y técnicas para cada objetivo específico.....	60
3.8.1. Metodología.	61
3.8.2. Procedimiento.	62
3.8.2.1. Para generación per cápita, producción de residuos.	62
3.8.2.1.1. Proceso de caracterización.....	63
3.8.2.1.2. Población.....	63
3.8.2.1.3. Generación de residuos sólidos municipales DO usando medidas reales...	69
3.8.2.2. Para el dimensionamiento de una infraestructura de disposición final mec. .	69
3.8.2.2.1. Población.....	70

3.8.2.2.2. Capacidad de la infraestructura de disposición final.....	70
3.8.2.2.3. Diseño de la celda diaria.	73
3.8.2.2.4. Generación de lixiviados.....	75
3.8.2.2.5. Volumen de poza de lixiviados.....	77
3.8.2.2.6. Área de zanja para el lixiviado.....	78
3.8.2.2.7. Drenaje vertical para gases.....	80
3.8.2.2.8. Sistema de drenaje pluvial.....	81
3.8.2.2.9. Tratamiento de aguas lixiviadas.....	89
3.8.2.3. Plantear las recomendaciones de mejora para evitar pronto colapso de inf ..	90
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	93
4.1. Generación per cápita, producción de residuos domésticos, porcentaje y cob	93
4.1.1. Generación total de residuos sólidos municipales a disponer, según al proy ...	93
4.1.2. Volumen de residuos sólidos y material de cobertura según Exp. Tec.....	94
4.1.3. Clasificación física de residuos sólidos con datos reales.	96
4.1.4. Generación de residuos sólidos municipales disponer según datos obtenidos..	98
4.1.5. Volumen de residuos sólidos y material cobertura según datos obtenidos.....	99
4.2. Realizar el dimensionamiento para una infraestructura disposición final mec..	100
4.2.1. Calculo de área y volumen de las celdas.....	100
4.2.2. Volumen necesario para el relleno sanitario según Exp. Tec.	101
4.2.3. Volumen necesario para el relleno sanitario según a los cálculos obtenidos de la cuantificación de residuos sólidos durante los meses de estudio en campo.....	103
4.3. Plantear las recomendaciones de mejora para evitar el pronto colapso.	104
4.3.1. Volumen Material Compactado y Diferencia Usando Proceso de Reciclaje.	104
V. CONCLUSIONES.....	105
VI. RECOMENDACIONES.....	107
ANEXOS.....	110

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura : Esquemas de principales componentes de un moderno relleno sanitario	21
Figura 2 : Requerimiento prescriptivo federal de revestimiento para relleno sanitario..	23
Figura 3 : Instalacion de geomembrana.....	25
Figura 4 : Colocacion de grava e instalacion de bombe de lixiviados.....	30
Figura 5 : Pozo de extraccion de gas de relleno sanitario.....	32
Figura 6 : Construccion de un sistema de cierre de un relleno sanitario	33
Figura 7 : Drenaje en relleno por metodo trinchera	42
Figura 8 : Ubicación del proyecto.....	48
Figura 9 : Ubicación del área destinada.....	49
Figura 10 : Mapa que muestra la ubicación del relleno sanitario	50
Figura 11 : Area del estudio del relleno sanitario	51
Figura 12 : Secciones transversales del vertedero y las mediciones de elevacion	52
Figura 13 : Mapa del area que rodea el sitio del relleno sanitario	53
Figura 14 : Composición física de residuos sólidos de Ocuvi	66
Figura 15 : Modelo para calculo de volúmenes de relleno sanitario	72
Figura 16 : Calculo frente de trabajo	74
Figura 17 : Tubería de sub drenaje	76
Figura 18 : Sección transversal de la zanja	86
Figura 19: Composicion fisica de residuos mes de septiembre	97
Figura 20: Composicion fisica de residuos mes de octubre	98

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 : Resumen de la cantidad de las aguas lixiviadas en situaciones diferentes	46
Tabla 2 : Textura del suelo	54
Tabla 3 : Tormentas periodicas	57
Tabla 4 : Riego de vegetales y bebida de animales	58
Tabla 5 : Población actual Ocuvi/tasa de crecimiento 1993-2007	58
Tabla 6 : Población actual Ocuvi/tasa de crecimiento 2007-2017	63
Tabla 7 : Proyección de población	64
Tabla 8 : Tipos y promedio de residuos generados en la localidad de Ocuvi	64
Tabla 9 : Composición física de los residuos	65
Tabla 10 : Generación de residuos sólidos municipales del distrito de Ocuvi	66
Tabla 11 : Generación total de residuos sólidos municipales por año	73
Tabla 12 : Precipitación mensual durante los años 2013, 2014 y 2015	76
Tabla 13 : Rango de valores estimados de la porosidad del medio granular	79
Tabla 14 : Velocidad maxima y minima permisible	81
Tabla 15 : Precipitación máxima en 24 horas por mes (1965 - 2012)	83
Tabla 16 : Precipitación diaria durante el mes de febrero (1965 - 2012)	83
Tabla 17 : Valores empiricos para el coeficiente de escurrimiento (n)	84
Tabla 18 : Taludes tipicos para zanjas no revestidos	85
Tabla 19 : Valores de coeficiente de rugosidad (n)	87
Tabla 20 : Cálculo del tirante y velocidad del dren	82
Tabla 21 : Cálculo de generación de residuos sólidos municipales a disponer	94
Tabla 22 : Cálculo del volumen de residuos solidos y material de cobertura según expediente Tecnico	95
Tabla 23 : Clasificacion fisica de residuos mes de septiembre	96
Tabla 24 : Clasificacion fisica de residuos mes de octubre	97
Tabla 25 : Cálculo de generación de residuos sólidos municipales a disponer	98
Tabla 26 : Cálculo del volumen de residuos solidos material de cobertura para 2018 ..	99

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

GRSMD	Generación de residuos sólidos municipales a disponer
GRSM	Generación de residuos sólidos municipales
VRSC	Volumen de residuos sólidos compactados
LFT	Longitud del frente de trabajo
MC	Material de cobertura
DV	Distancia entre vehículos
AMC	Ancho de maquinaria de compactación
Z	Talud de avance de celda
D	Densidad de residuos sólidos compactado
AV	Ancho del vehículo
Q	Caudal medio de lixiviado (m^3 /mes)
T	Nº máximo de meses con lluvias consecutivas (meses)
Rh	Radio Hidráulico
I	Intensidad de la lluvia para una duración igual (milímetro/hora)
Ad	Área de la cuenca (m^2)
MDO	Municipalidad distrital de Ocuvi
MC	Material cobertor
INEI	Instituto nacional de estadística e informática
DNPBM	Departamento nacional de planeación y banco mundial
SACST	Servicio alemán de cooperación social técnica
ASCE	Sociedad de ingenieros civiles
DGGIRS	Dirección general de gestión integral de residuos solidos
OMM	Organización meteorológica mundial

RESUMEN

Debido al colapso de la primera celda de la infraestructura por el mal manejo de la clasificación de residuos sólidos y el mal cálculo de la vida útil del relleno sanitario, el presente trabajo tiene como finalidad evaluar el diseño de la infraestructura de relleno sanitario para la localidad de Ocuvi, que está ubicado al noreste de la región Puno en la provincia de Lampa, distrito de Ocuvi. Se evaluó según al perfil del proyecto la generación per cápita, producción de residuos domésticos, porcentaje de residuos domésticos, cobertura y porcentaje de aprovechamiento de residuos orgánicos e inorgánicos, recopilando los datos existente en el estudio de ampliación de limpieza pública de la Municipalidad de Ocuvi, obteniendo los datos como tasa de crecimiento de población 2.393%, generación de per cápita 0.38kg/hab/día, una generación de residuos municipales de 0.50tn/día y un volumen a disponer de $273m^3$ /año, con dicho resultado se dimensionó la infraestructura de disposición final mecanizado de dos celdas cada uno con $494.93m^3$ de volumen nos indica que según la producción de residuos sólidos a disponer, cada celda tendría una vida útil de 1.80 años a 2.54 años, por tal motivo se tomó la iniciativa de cuantificar en campo los residuos sólidos compactados en el relleno sanitario, porcentaje de material de cobertura, durante los meses de Septiembre y Octubre del 2018, logrando obtener 0.54tn/día que es equivalente a un volumen total de residuos sólidos municipales a compactarse de $246 m^3$ /año más material de cobertura que es el 20% según la clasificación realizada durante el estudio de los meses se encontró que 72.5% es residuos a compactarse y 27.5% es material a segregarse, lo que indica que la generación total de residuos a disponer es $179m^3$ mas $20\%MC = 214m^3$ /año. Y material clasificado es de $67.75m^3$ /año y una vida útil de 2.48 años. Una vez obtenido todos los resultados se llegó a la conclusión de que la vida útil de las celdas no cumple como se menciona en el perfil de proyecto de 5 años de vida útil.

Palabras Clave: Relleno Sanitario, infraestructura, material inorgánico, material orgánico, residuos sólidos.

ABSTRACT

The purpose of this paper is to evaluate the design of the Sanitary Landfill Infrastructure for the Ocuvi Locality, which is located in the Northeast of the Puno Region in the Province of Lampa, District of Ocuvi. Since it does not have the proper order of collection and sweeps in all streets despite the fact that it has a compactor truck but there is presence of waste in the streets causing the population's discomfort on the other hand in the landfill is not being done adequate segregation and compaction, despite the fact that it has been declared by the Ministry of the Environment as a healthy district, in the same way that the projection of the useful life of the cells according to the specialists who executed said that they would be projected for an average of 5 years. The methodology used is based on the solid waste characterization studies Ocuvi 2015, information sources of INEI, to compare the useful life according to the weekly municipal waste weighings and find the actual volume projected for the design, following the guidelines of the Technical Guide of Design, Construction, Operation, Maintenance and Closing of Sanitary Landfills for the Mechanization of the Ministry of the Environment. The appropriate dimensioning from the Technical Guide of Design, Construction, Operation, Maintenance and Closing of Sanitary Landfills of the Mechanization of the Ministry of the Environment, to propose an infrastructure of greater security for the residents of Ocuvi and the corresponding plans. In the same way we worked with the real data, carrying out two weeks of weighing municipal waste for studies between the months of September and October.

Key Words: final disposal, infrastructure, inorganic material, organic material, solid waste.

I. INTRODUCCIÓN

El crecimiento de la población que ha experimentado en las últimas décadas, ha propiciado una fuerte demanda de los servicios públicos, en ese sentido uno de los servicios que se ve seriamente afectado es el manejo de los residuos sólidos, integrado por: almacenamiento, recolección, transporte, transferencia, tratamiento y disposición final.

Debido al crecimiento de la población en el área de la municipalidad de Ocuvi y los cambios en los estilos de vida ha dado lugar a una mayor generación de residuos. En consecuencia, la gestión de residuos se ha convertido en una cuestión clave que necesita ser dirigido.

La disposición final es la última etapa del manejo de los residuos sólidos de cualquier ciudad y está íntimamente relacionada con la preservación del ambiente y con la salud de la población, por lo que se debe tratar y controlar mediante un sistema adecuado que minimice los impactos negativos en su entorno.

Los efectos ambientales de un relleno sanitario incluyen la basura y el polvo arrastrados por el viento, el ruido, el olor desagradable, las alimañas y los insectos atraídos por los residuos, la escorrentía superficial y las condiciones inestables. Los problemas de gas y lixiviado también surgen durante la fase de operación y requieren controles ambientales significativos.

Esta tesis evalúa el desarrollo del diseño de la infraestructura de disposición final de residuos sólidos municipales para la población urbana del distrito de Ocuvi y centros poblados cercanos al relleno sanitario.

1.1. Planteamiento de problema

Los residuos sólidos en la actualidad son un problema debido a no contar con relleno sanitario correctamente diseñado, esto se debe a nivel mundial, Perú, regiones y ciudades más importantes de nuestro país, ya que en varios provincias y distritos se logró construir casi la mayoría por el norte de nuestro país, en el sur del Perú se vio en la ciudad de Cusco y Yanahuara Arequipa pero todo estos proyectos fracasan por el mal cálculo del diseño de celdas y el estudio de caracterización de residuos sólidos durante todo el ciclo de vida del relleno sanitario (MDO, 2015).

El propósito del relleno de tierra es enterrar o alterar la composición química de los desechos para que no representen una amenaza para el medio ambiente o la salud pública. Los rellenos sanitarios no son homogéneos y generalmente están formados por celdas en las que un volumen discreto de desechos se mantiene aislado de las celdas de desechos adyacentes mediante una barrera adecuada. Las barreras entre las células generalmente consisten en una capa de suelo natural (es decir, arcilla), que restringe el escape hacia abajo o lateral de los componentes de desecho o lixiviados (Williams, 2005).

El relleno sanitario se basa en la contención en lugar del tratamiento (para el control) de los desechos. Si se ejecuta correctamente, es un método más seguro y más barato que la incineración. Un relleno sanitario ambientalmente racional incluye revestimientos adecuados para la protección del agua subterránea (de lixiviados contaminados), controles de escorrentía, recolección y tratamiento de lixiviados, pozos de monitoreo y diseño apropiado de la cubierta final.

En la localidad de Ocuvi, en el año 2015 se reformulo el expediente técnico de la construcción del relleno sanitario. Previamente a esto se ha realizado estudios como el proyecto de ampliación del servicio de limpieza pública de la localidad de Ocuvi, que comprende la caracterización de residuos sólidos, que se desarrolló contratando a una empresa en el año 2015, (MDO, 2015). En el mes de agosto del 2015 se empezó con la ejecución de 2 celdas proyectadas cada celda con una vida útil de 5 años cada uno y con volumen de almacenaje de mas 1000m³, entrando en funcionamiento en Octubre del 2016, pero en la actualidad recién pasaron 2.2 años y la primera celda ya se encuentra en un proceso de cierre lo que todo indica que está mal proyectada, de igual manera se ve en la planta de residuos sólidos las siguientes problemáticas.

- Para la recolección de materia orgánica e inorgánica el personal de limpieza no cuenta con los EPPs completos encima tienen que voltear los tachos de cilindro que se encuentran en las esquinas de las calles puesto en PIA Y PIM está considerado para el plan de manejo de residuos sólidos un monto de S/. 47,664.00 mil soles durante todo el año exclusivamente para los EPPs, combustible, pago de personal, etc.
- Las compactaciones de las taludes de las celdas no cuenta con sub rasante y rasante en vez de hacer esto utilizaron mampostería de piedra con cemento, lo

peor encima cubrir con geomembrana de 2mm. Ya que por normativa no se puede emplear este material encima de piedra y cemento solo se puede emplear en material liso pese al espesor que se empleó en la actualidad se nota corte en la geomembrana.

- Cuenta con dos chimeneas en malas condiciones en cada celda.
- De la misma forma el personal que se encarga a la segregación de residuos solo es una persona de igual manera no cuenta con los EPPs y tiene que nivelar con una pala cada 15 días cuando el volquete de la municipalidad lleva tierra para la compactación pero no se puede compactar, en ausencia de material cobertor de dos semanas se ve la presencia de perros y proliferación de mosquitos por no contar con la fumigación necesaria.
- Por otra parte el material segregado como botellas de plástico, metales y botellas de vidrio se encuentra a la interpiere de la construcción.
- En caso de la poza de lixiviación no se construyó según a los planos del proyecto no cuenta con drenaje vertical para gases y sistema de drenaje pluvial.
- También al diario se puede notar presencia de plásticos alrededor de la planta es más está a 500m del rio de Ocuveri.
- Por ultimo no se encuentra los documentos de autorizaciones por parte de entidades competentes.

Formulación de problemas.

Debido a no contar con un plan de manejo de relleno sanitario, todos los residuos recolectados se disponen como un botadero a cielo abierto dónde se observaba el trabajo de segregadores informales que en condiciones precarias recuperan, clasifican y almacenan residuos aprovechables que luego serán comercializados.

El diseño inadecuado y la mala construcción de una planta de residuos sólidos generan problemas en la población, ya que no cuentan con el plan de mitigación y el plan de educación concertada hacia la selección de residuos, tales como filtraciones de lixiviados

Pregunta general:

¿Por qué la infraestructura de residuos sólidos colapso en menor tiempo de su vida útil?

Preguntas específicas:

- ¿Cuánto es la producción de residuos domésticos, porcentaje de residuos, cobertura y las características del relleno sanitario existente según los componentes ejecutados?
- ¿Esta adecuadamente realizado los estudios de pre inversión del perfil de proyecto ampliación de limpieza pública para el distrito de Ocuvi, en cuanto a su capacidad?
- ¿Cuáles son las recomendaciones de mejora para evitar el pronto colapso de la infraestructura de relleno sanitario?

1.2. Justificación

Existe un conjunto de problemas de tipo ambiental, social, de salud pública y de gestión de servicios urbanos que son consecuencia del manejo inadecuado de los residuos sólidos lo cual, a su vez, ocasiona que la población urbana esté expuesta a los riesgos de contaminación por la presencia de residuos sólidos mal dispuestos. Puesto que esta planta de residuos sólidos ha sido inaugurado y entregado al servicio de la población Ocuviense en mes de septiembre del 2016, pese a su poco uso ya sufre con anomalías en su construcción y su mal manejo inadecuado como recojo de residuos, selección de residuos, la de no tener de ninguna capacitación adecuada hacia la población y mala segregación de residuos.

Durante estos últimos dos años, se ha registrado un notorio crecimiento poblacional debido a las actividades económicas, especialmente la actividad minera que se desarrollan en las cercanías. Este crecimiento poblacional significó paralelamente el notorio incremento de actividades comerciales y de servicios, por lo tanto una mayor cantidad de residuos sólidos generados. Los problemas que se generan con la disposición final inadecuada de los residuos sólidos y las malas prácticas de los pobladores y por falta de una capacitación de parte de las autoridades locales y autoridades competentes y entre otros los focos de infección, las enfermedades gastrointestinales, respiratorias y nicóticas. En el ambiente los efectos que causan son: contaminación de las aguas superficiales y subterráneas, el deterioro estético y la desvalorización tanto del terreno como de las áreas vecinas por la mala construcción de esta planta de relleno sanitario que tiene una base de concreto simple y encima una

cobertura de geomembrana, puesto que esta geomembrana ha sufrido fisuras y cortes por los mismos residuos por tal motivo sea registrado filtraciones de agua de todo tipo de residuos porque esta planta no tiene una segregación adecuada donde se deposita todo tipo de residuo al mismo tiempo el río Chacapalca, Ocuvi solo está a unos 300m de esta planta y se registra evidencia de filtraciones por parte de este relleno sanitario. Los incendios y humos que reducen la visibilidad y son causados por irritaciones nasales y de la vista, así como de incremento en las afecciones pulmonares, además de las molestias originadas por los malos olores producto de la descomposición de los residuos. Por tal es muy indispensable evaluar el diseño y dar las recomendaciones para la mejor gestión de los residuos sólidos en el distrito.

1.3. Antecedentes del proyecto:

Algunos (Yazdani, Monavari, Omrani, Shariat, & Hosseini, 2013) evaluaron la ubicación apropiada de rellenos sanitarios en Irán utilizando diversas normas, otros (Smahi, Fekri, & Hammoumi, 2013) analizaron el impacto ambiental de los rellenos sanitarios en las aguas subterráneas en Marruecos, (Asante-Annor, Konadu, & Ansah, 2018) utilizaron evaluación multicriterio de sistemas de información geográfica, métodos geofísicos y geotécnicos para determinar la idoneidad de un relleno sanitario existente para la construcción de un relleno sanitario diseñado. (Khandve & Harle, 2014) en la ciudad de Amravati, India, encontraron que, ya sea debido a la crisis de recursos o ineficiente infraestructura, no todos los residuos se recogen y se transportan a los vertederos finales. Y si en esta etapa la gestión y la eliminación se realizan de forma incorrecta, puede causar graves impactos en la salud y problemas para el ambiente.

En el Perú, la generación de residuos sólidos del ámbito municipal considerando exclusivamente el ámbito urbano del país llegó a 18 533 ton/día, de ello, la recolección y transporte convencional con fines de disposición final alcanzaron un promedio de 87.5% (16 216 ton/día). De estos solo 7 656 ton/día de residuos fueron dispuestos en un relleno sanitario autorizado, mientras que 8 545 ton/día terminaron en botaderos municipales y 303.4 ton/día en otros destinos no especificados, vinculados principalmente a centros urbanos sin servicio de recolección de residuos sólidos (MINAM, 2016).

De la misma manera de la tesis de evaluación del diseño de la infraestructura de disposición final de residuos sólidos del ámbito municipal de Cajamarca, Distrito de

Jesús, Provincia de Cajamarca, Departamento de Cajamarca. En el año 2011. Teniendo una cantidad de población de 196,907.00 hab. En el año del proyecto y una generación per cápita 0.7kg/día/hab. Y una generación de residuos de 146,314.00kg/día. Con un volumen a compactarse de 104,742.00 m³/año (Roman, 2011). Asimismo en el proyecto mejoramiento del servicio de gestión integral de residuos sólidos municipales en la zona urbana del distrito de Yanahuara, Provincia de Arequipa. Construido en el año 2016 y es considerado como el distrito más saludable ya que su planta es semi mecanizada donde hacen el procesamiento de los mismos residuos reciclados. Puesto que este distrito se ubica en el centro de la ciudad de Arequipa con Mayor cantidad de Población de 20,021 Hab. Según al estudio muestra una per cápita de 0.7kg/día/hab y una cantidad de residuos domiciliarios de 14,014.70kg/día. (MDY, 2015).

1.4. Hipótesis del trabajo:

Hipótesis general

La evaluación del diseño de la infraestructura del relleno sanitario para la localidad de Ocuvi nos ayudara a un funcionamiento óptimo y disminuir la contaminación ambiental del entorno, a través de la aplicación optima de clasificación de residuos.

Hipótesis específicos

- El conocimiento de la producción de residuos domésticos, porcentaje de residuos, cobertura y las características del relleno sanitario existente según los componentes ejecutados, no son acorde a los que fueron considerados en el expediente técnico.
- Las dimensiones del relleno sanitario diseñado en la presente investigación y el existente en el campo son diferentes.
- Sera necesario plantear las recomendaciones de mejora para evitar el pronto colapso de la infraestructura de relleno sanitario.

1.5. Objetivos

Objetivo general

Evaluar el diseño de la infraestructura de relleno sanitario para la localidad de Ocuvi.

Objetivos específicos.

Determinar la generación per cápita, producción de residuos domésticos, porcentaje de residuos domésticos, cobertura y porcentaje de aprovechamiento de residuos orgánicos e inorgánicos, en función a los habitantes.

Realizar el dimensionamiento para una infraestructura de disposición final mecanizado, en función a los resultado de campo para así comparar con los datos del perfil del proyecto.

Plantear las recomendaciones de mejora para evitar el pronto colapso de la infraestructura de relleno sanitario.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Marco teórico

2.1.1. Definición de relleno sanitario

Relleno sanitario es una técnica para la disposición de residuos sólidos en el suelo sin causar perjuicio al medio ambiente y sin causar molestias o peligro para la salud y seguridad pública, método que utiliza principios de ingeniería para confinar la basura en un área lo menor posible, reduciendo su volumen al mínimo practicable, para cubrir los residuos así depositados con una capa de tierra con la frecuencia necesaria, por lo menos al final de cada jornada (DNPBM, 2015).

Para Meegoda, Hettiarachchi, & Hettiaratchi, (2016), un relleno sanitario es una obra de ingeniería destinada a la disposición final de los residuos sólidos domésticos, los cuales se disponen en el suelo, en condiciones controladas que minimizan los efectos adversos sobre el medio ambiente y el riesgo para la salud de la población, la obra de ingeniería consiste en preparar un terreno, colocar los residuos extenderlos en capas delgadas, compactarlos para reducir su volumen y cubrirlos al final de cada día de trabajo con una capa de tierra de espesor adecuado.

Desde el punto de vista técnico como económico, el relleno sanitario es la técnica que mejor se adapta a la región para disponer de manera sanitaria los desechos sólidos. El relleno sanitario es una técnica de eliminación final de los desechos sólidos en el suelo, que no causa molestia ni peligro para la salud y seguridad pública; tampoco perjudica el ambiente durante su operación ni después de terminado el mismo. Esta técnica utiliza principios de ingeniería para confinar la basura en un área lo más pequeña posible, cubriéndola con capas de tierra diariamente y compactándola para reducir su volumen. además, prevé los problemas que puedan causar los líquidos y gases producidos en el relleno, por efecto de la descomposición de la materia orgánica (Armas & Yaselga, 2005).

Los rellenos sanitarios modernos están diseñados y construidos para minimizar el impacto al ambiente. La eliminación de desechos en rellenos sanitarios puede plantear problemas potenciales para la salud humana y el medio ambiente si dichas instalaciones no se ubican, diseñan y operan adecuadamente. Algunos problemas son catastróficos en

la naturaleza, como la acumulación de residuos debido a la inestabilidad de la masa de residuos y las explosiones como resultado de la migración de gases. Otros problemas son más crónicos en la naturaleza, como la contaminación a largo plazo de las aguas subterráneas del lixiviado y los impactos en el calentamiento global por la liberación de metano. Estos impactos potenciales se pueden mitigar mediante la ubicación, el diseño, la construcción y la operación adecuados (Meegoda et al., 2016; Williams, 2005).

Los rellenos sanitarios se clasifican en:

- i. Relleno sanitario manual, cuya capacidad de operación diaria no excede a seis (06) toneladas métricas (TM);
- ii. Relleno sanitario semi-mecanizado, cuya capacidad de operación diaria es más de seis (06) hasta cincuenta (50) TM; y
- iii. Relleno sanitario mecanizado, cuya capacidad de operación diaria es mayor a cincuenta (50T) M. (MINAM, 2017b):

2.1.2. Componentes de un relleno sanitario

Los componentes importantes de los rellenos sanitarios incluyen revestimientos, sistemas para la gestión de lixiviados y gases, y la gestión de rellenos sanitarios después de que se haya detenido la eliminación de residuos. La figura 1 proporciona una ilustración general de los componentes principales del relleno sanitario (Townsend, 2015).

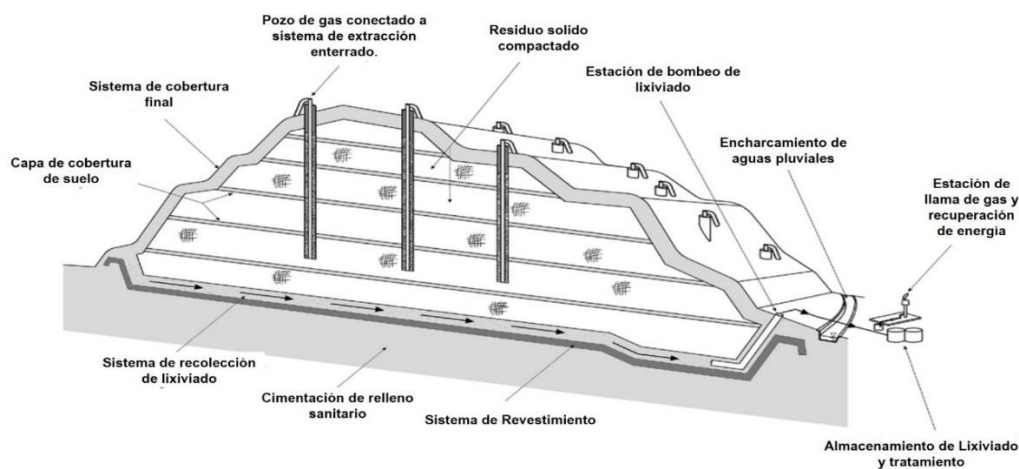


Figura 01. Esquema de principales componentes de un moderno relleno sanitario (Townsend, 2015)

2.1.2.1 Cimentación y revestimientos

Cuando el agua se expone a los desechos, ya sea a través de la lluvia, el flujo de agua subterránea o la humedad contenida en los desechos, el agua se eleva en productos químicos disueltos y partículas suspendidas de los desechos y este líquido se conoce como lixiviado. En casi todas las circunstancias, los residuos desechados en la tierra resultarán en la producción de lixiviados.

Los ingenieros y operadores de vertederos confían en las capas de barrera para evitar o minimizar la migración de lixiviados al medio ambiente. Una capa de barrera a menudo se denomina revestimiento, aunque una capa de barrera en la parte superior de un relleno sanitario incluida para evitar que los gases se escapen y el agua ingrese y forme más lixiviados generalmente se conoce como tapa.

Antes de la construcción del revestimiento, el terreno sobre el cual se construirá el relleno debe examinarse de manera apropiada para garantizar que los suelos y la geología subyacente (la cimentación) tengan la resistencia suficiente para soportar el peso de los materiales de desecho y la infraestructura asociada. Los ingenieros y geólogos también deben evaluar el potencial de actividad sísmica o formación de sumideros, así como estimar la velocidad a la que la fundación se asentará o disminuirá con el tiempo. En algunos casos, se requerirá la mejora de la cimentación; Los ejemplos incluyen la compactación dinámica profunda y grouting. Los suelos existentes pueden requerir excavación y remoción, y con frecuencia se pueden llevar al lugar suelos adicionales. Antes de la colocación de los materiales de revestimiento, la superficie de la cimentación se clasificará para cumplir con las elevaciones de superficie apropiadas necesarias para el plan de drenaje diseñado.

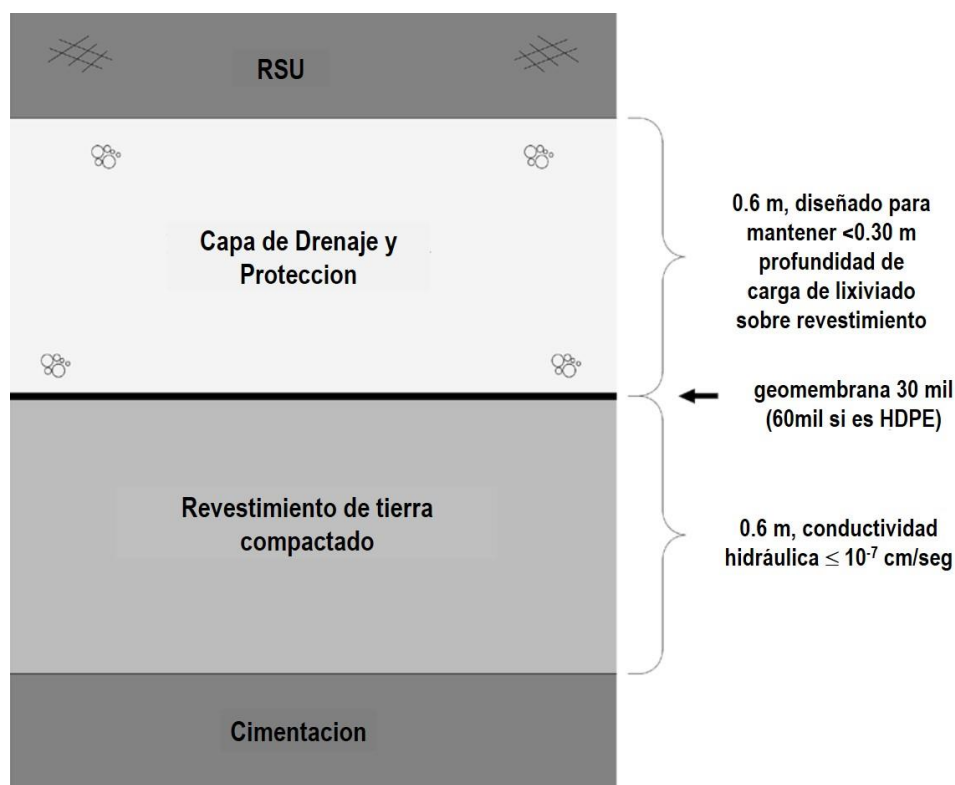


Figura 02. Requerimiento prescriptivo federal de revestimiento para rellenos sanitarios de RSU en EE.UU.

Las dos categorías principales de materiales utilizados en la construcción de sistemas de revestimiento son los materiales de tierra de baja permeabilidad y los materiales geosintéticos. Estos dos materiales se pueden usar independientemente o en combinación para lograr el rendimiento deseado o los requisitos reglamentarios. En muchas naciones, un conjunto prescrito de criterios de diseño y construcción son obligatorios; La Fig. 2 ilustra los requisitos mínimos de línea federal para los rellenos sanitarios de RSU en los EE. UU. (Koerner, 2012; Qian, Koerner, & Gray, 2002).

En el Perú, los requisitos pueden revisarse en las normativas del ministerio del ambiente donde indica que las instalaciones del relleno sanitario deben cumplir como mínimo con lo siguiente (MINAM, 2017):

a) Impermeabilización de la base y los taludes del relleno para evitar la contaminación ambiental por lixiviados ($k \leq 1 \times 10^{-6}$ cm/s y en un espesor mínimo de 0.40 m); salvo que se cuente con una barrera geológica natural para dichos fines, lo cual estará sustentado técnicamente. De no cumplir con las condiciones antes descritas, la impermeabilización

de la base y los taludes del relleno deben considerar el uso de geomembrana con un espesor mínimo de 1.2. mm y el uso de geotextil entre la geomembrana;

b) Drenes de lixiviados con planta de tratamiento o sistema de recirculación interna de los mismos;

c) Drenes y chimeneas de evacuación y control de gases;

d) Canales perimétricos de intersección y evacuación de aguas de escorrentía superficial;

e) Barreras sanitarias, que pueden ser barreras naturales o artificiales que contribuyan a reducir los impactos negativos y proteger a la población de posibles riesgos sanitarios y ambientales.

f) Pozos para el monitoreo de agua subterránea, en caso corresponda;

g) Sistemas de monitoreo y control de gases y lixiviados;

h) Señalización y letreros de información conforme a la normativa sobre seguridad y salud en el trabajo;

i) Sistema de pesaje y registro;

j) Control de vectores y roedores;

k) Instalaciones complementarias, tales como caseta de control, oficinas administrativas, almacén, servicios higiénicos y vestuario.

Para el caso de rellenos sanitarios que manejen más de 200 toneladas de residuos sólidos diarios, se debe implementar progresivamente la captura y quema centralizada de gases, a efectos de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. En caso de que sean menores a las 200 toneladas diarias, deben implementarse captura y quema convencional de gases u otra medida orientada a la mitigación de gases de efecto invernadero. Del mismo modo, podrán incluir actividades de valorización energética a través del uso de la biomasa para la generación de energía (MINAM, 2017b).

Los materiales de tierra incluyen suelos naturales con un gran contenido de minerales arcillosos, ya que estos suelos son necesarios para alcanzar los requisitos de

conductividad hidráulica objetivo. Los suelos que cumplen con las especificaciones necesarias se construyen en una serie de elevaciones más pequeñas (por lo general, 0.15 m) para lograr el espesor deseado. Durante la construcción, se agrega una cantidad adecuada de agua junto con la energía de compactación para lograr los objetivos de densidad y conductividad hidráulica deseados (Fig. 3a). En algunos casos, los minerales de arcilla procesados se mezclan con los suelos en el sitio para cumplir con las especificaciones. Los productos conocidos como revestimientos de arcilla geosintéticos (GCL) vienen en rollos que se pueden transportar desde largas distancias cuando los suelos arcillosos no son abundantes a nivel local (Townsend, 2015).

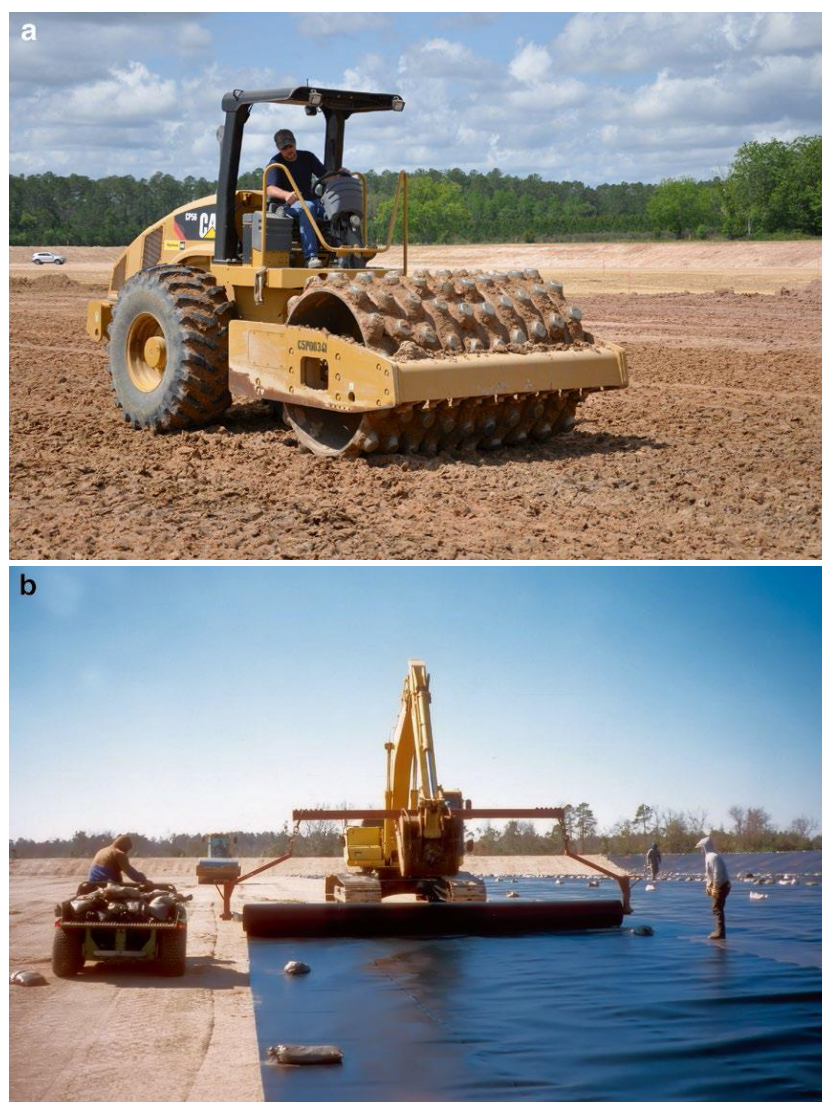


Figura 03. (a). Construcción de revestimiento de tierra compactada. (b) Paneles de revestimiento de geomembrana. (c) Soldadura por fusión térmica de paneles de geomembrana. (d) Soldadura por extrusión térmica de geomembrana (Townsend, 2015)

Los productos de revestimiento geosintético, conocidos como geomembranas, se fabrican a partir de varios tipos diferentes de polímeros plásticos, el más común en uso para revestimientos de fondo de rellenos sanitarios es el polietileno de alta densidad (HDPE). Las geomembranas se construyen conectando paneles adyacentes de geomembranas (Fig. 3b) entre sí mediante soldadura; las geomembranas de HDPE se unen mediante soldadura térmica.

La soldadura por fusión térmica se utiliza para longitudes de costura largas de forma semiautomática (Fig. 3c). La soldadura por extrusión térmica es un proceso manual que se usa para las conexiones donde no se dispone de la superposición de tramos rectos de geomembranas y cuando las geomembranas se unen a otros componentes de plástico (Fig. 3d). Se deben incluir pruebas rigurosas de los materiales y las costuras del revestimiento como parte de la construcción del revestimiento de geomembrana (Koerner, 2012).





2.1.2.2 Recolección de lixiviado, remoción y tratamiento

A medida que el lixiviado migra hacia abajo en un relleno sanitario bajo la fuerza impulsora de la gravedad, finalmente llega al sistema de revestimiento inferior, en cuyo punto debe retirarse del relleno sanitario. Esto se logra utilizando el sistema de recolección y eliminación de lixiviados (LCRS). Los requisitos para la remoción y el diseño del LCRS están dictados por los requisitos reglamentarios para minimizar el potencial de migración de lixiviados a través del sistema de revestimiento y para satisfacer las necesidades de rendimiento del diseño. Como parte del diseño del LCRS, el sistema de revestimiento es graduado (inclinado) para promover el drenaje por gravedad a una serie de elevaciones bajas dentro o fuera del relleno sanitario, desde donde se extrae el lixiviado mediante bombeo mecánico (aunque en sitios con suficiente caída de elevación, el drenaje por gravedad puede ser utilizado exclusivamente). Las regulaciones a menudo requieren un diseño de LCRS que resulte en la acumulación de no más de una profundidad máxima (carga) de lixiviado sobre el revestimiento; en los EE. UU., esta profundidad es de 0.3 m (1 pie).

El ingeniero diseña el LCRS para que se mantenga dentro de la profundidad máxima de diseño del lixiviado inclinando el sistema de revestimiento, proporcionando drenajes (tuberías perforadas grandes que rodean el material de drenaje) para una rápida remoción del lixiviado, y especificando una capa de drenaje altamente permeable para colocarla encima del sistema de revestimiento y por debajo de los residuos.

Se puede usar una variedad de materiales de drenaje. En áreas donde la piedra redondeada está fácilmente disponible, este material se usa comúnmente debido a su alta conductividad hidráulica (Fig. 4a); podrían ser necesarias capas de geotextil para proteger a la geomembrana de los daños causados por la roca y para evitar que el suelo y los residuos que la cubren se obstruyan. La arena también se usa comúnmente (Fig. 4b), aunque es más baja en conductividad hidráulica que la piedra y, por lo tanto, el LCRS debe diseñarse con una mayor frecuencia de desagües. Los materiales de drenaje geosintéticos conocidos como georedes proporcionan un drenaje rápido con un grosor pequeño, y se combinan con geotextiles para evitar la obstrucción; estos productos se utilizan comúnmente en los diseños modernos de LCRS (Fig. 4c).

Usando el revestimiento inferior inclinado y una serie de zanjas de drenaje, el ingeniero diseña el LRCS para que el lixiviado se dirija por gravedad a un conjunto designado de puntos bajos o sumideros. Estos puntos bajos pueden ubicarse dentro de la unidad de contención revestida, o pueden ser bocas de acceso o estaciones elevadoras fuera del área revestida. Se proporcionan bombas para extraer el lixiviado de la LCRS a la ubicación deseada para su posterior manejo (Fig. 4d). El lixiviado extraído debe tratarse adecuadamente antes de su descarga al medio ambiente. Si un sistema de tratamiento adecuado está lo suficientemente cerca, los lixiviados bombeados del relleno sanitario pueden ser enviados directamente a una instalación de tratamiento existente. Más comúnmente, el almacenamiento de lixiviados se proporciona en el sitio (por ejemplo, utilizando estanques o tanques). En algunos casos, el lixiviado se almacena antes del posterior transporte fuera del sitio para el tratamiento, aunque en algunos casos las operaciones de tratamiento se incluyen en el sitio (Tchobanoglous & Kreith, 2002).







Figura 4. (a) piedras redondeadas usadas como material de drenaje LCRS. (b) colocación de arena para LCRS. (c) instalación de Geored en LCRS. (d) estación de bombeo lixiviado

2.1.2.3 Control de gases de relleno sanitario

Dada la gran cantidad de materia orgánica altamente degradable en la mayoría de los rellenos sanitarios de RSU, este material se descompone poco después de la eliminación de los desechos, lo que resulta en la producción de biogás.

Bajo las condiciones anaeróbicas que normalmente se desarrollan en los rellenos sanitarios (debido a la combinación de compactar y cubrir los desechos y al revestimiento del fondo), grandes fracciones de componentes como desperdicios de alimentos, papel y desechos de jardín se descomponen biológicamente en un gas que consiste principalmente de metano y dióxido de carbono. La extensión y la velocidad a la que se lleva a cabo esta conversión está dictada por el tipo de residuo (por ejemplo, la cantidad de desperdicio de alimentos frente a la cantidad de papel) y las condiciones como el contenido de humedad, el pH y la temperatura. El enfoque de este trabajo es controlar el proceso de conversión, pero estas reacciones ocurren en todos los rellenos sanitarios de los RSU y, por lo tanto, un componente de diseño común de muchos rellenos sanitarios modernos es un sistema de control y recolección de gas (GCCS).

La fuerza motriz principal para que el gas producido dentro de un relleno sanitario de RSU migre desde la unidad de eliminación es la presión. A medida que se produce gas

en los volúmenes restringidos dentro de los residuos, la presión se acumula y el gas se mueve hacia presiones más bajas fuera del relleno sanitario. Por lo tanto, los elementos básicos de la mayoría de los GCCS son puntos de extracción que proporcionan vías controladas para el escape de gas del relleno sanitario. Estos puntos de extracción suelen ser pozos verticales dentro de los residuos, aunque se han utilizado otras configuraciones. En algunas instalaciones, los pozos se ventilan naturalmente a la atmósfera (y posiblemente a una llamarada), pero cuando se desea una máxima eficiencia de recuperación de gas, los pozos se unen entre sí mediante una serie de tuberías de colector conectadas, y esta red de tuberías está conectada a sopladores mecánicos o Ventiladores para inducir un vacío en el campo de pozos. El gas combinado se quema o utiliza de alguna manera beneficiosa (ISWA, 2005).

Un elemento importante del GCCS son los puntos de extracción donde el operador tiene la capacidad de controlar el grado de vacío colocado en una ubicación determinada. La Figura 5 ilustra una carga de pozo de extracción de gas típica, que incluye la penetración del pozo de gas a través de la superficie del relleno sanitario; una carga de pozo para permitir la medición del flujo, la presión y la temperatura; una válvula de control para ajustar la presión y el flujo; una conexión flexible al colector de gas; y conexiones apropiadas a la tapa de la superficie que minimizan la entrada de aire al relleno sanitario. Otra consideración importante de diseño y operación para un GCCS es la gestión del condensado que se forma en las tuberías; este líquido debe eliminarse de forma adecuada o, de lo contrario, interferirá con la transmisión del gas (USACE, 2013).

Como el gas condensado generalmente incluye sustancias químicas disueltas, como los compuestos orgánicos volátiles (COVs) que pueden tener efectos nocivos para la salud o el medio ambiente, normalmente se maneja de manera similar a los lixiviados de rellenos sanitarios (Townsend, 2015).

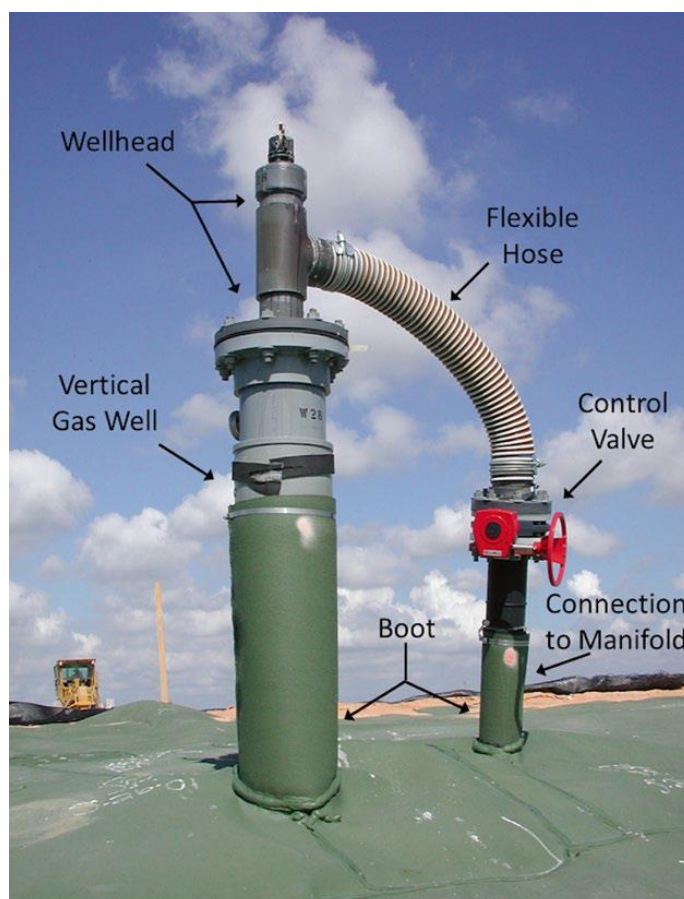


Figura 05. Pozo de extracción de gas de relleno sanitario en una instalación cubierta con una geomembrana

2.1.2.4 Cierre de relleno sanitario

Las actividades de cierre deben comenzar dentro de los 30 días posteriores a la última recepción de residuos y deben completarse dentro de los 180 días. Cuando los desechos ya no se eliminan en un relleno sanitario, se coloca en la superficie una capa final de suelo, a menudo acompañada por una capa de barrera diseñada por ingeniería (Fig. 6). Este sistema de cobertura final (a menudo denominado tapa) sirve para minimizar la entrada de agua al relleno sanitario y posiblemente disminuir la cantidad de gas que sale del relleno sanitario. En muchos aspectos, los sistemas de cobertura final son similares a los sistemas de revestimiento inferior, ya que contienen múltiples componentes con diferentes funciones. El suelo compactado y/o las geomembranas se utilizan como barrera, mientras que las capas altamente permeables por encima de la tapa están diseñadas para dirigir el agua desde la cubierta final como aguas pluviales (Meegoda et al., 2016), mientras tanto, una capa altamente permeable debajo de la tapa facilita la remoción de gas y la dirección a puntos de recolección específicos. Algunos sitios han

implementado tapas diseñadas usando los principios de evapotranspiración, donde se utiliza una combinación de condiciones climáticas favorables y propiedades de tapa diseñadas para prevenir la infiltración de agua de lluvia a través de la tapa (Townsend, 2015).



Figura 06. Construcción de un sistema de cierre en un relleno sanitario.

Además de la construcción de una tapa final, el proceso de cierre del relleno incluye la integración de otra infraestructura de control que incluye un sistema de ventilación o recolección de gases de relleno y un sistema de control de aguas pluviales para evitar la erosión de la superficie de la tapa. La mayoría de las tapas de rellenos sanitarios incluyen una capa de tierra cubierta de hierba para evitar la erosión, pero algunas instalaciones han implementado tapas de geomembranas expuestas que están texturizadas o impregnadas con hierba artificial (Meegoda et al., 2016).

2.2. Diseño de un relleno sanitario

Un buen diseñador debe recorrer detenidamente el sitio escogido para el Relleno Sanitario, observando las diferentes alternativas que tiene para operarlo en el futuro, hasta crear en su mente cual será la mejor de las alternativas por donde entrarán los vehículos y por donde saldrán, como sacará los lixiviados, como se ira determinando la morfología del sitio a través del tiempo con la llegada paulatina de basura, como manejará el frente de trabajo, de dónde sacará el material de cobertura (Palma, 2017).

Se deben tomar en consideración los criterios siguientes para el diseño técnico de un relleno sanitario: Tecnología adecuada, Capacidad necesaria, Selección de un sitio con características geológicas e hidrogeológicas adecuadas, Diseño del cuerpo de basura considerando el tipo de basura (por ejemplo, con o sin desechos biodegradables) y de manejo técnico (manual o con equipo compactador), Sistema eficiente para asegurar la impermeabilidad del suelo y de la superficie del cuerpo de basura (Röben, 2002).

Según (CEAMSE, 2012) la disposición final de los residuos sólidos por el método de relleno sanitario constituye una técnica que tiene en cuenta principios de ingeniería sanitaria a fin de evitar todo tipo de contaminación que resulte nociva para la salud pública y el medio ambiente. Todas las fases de implementación de la técnica de relleno sanitario, desde la selección del emplazamiento, los estudios previos, la preparación del terreno, las obras de infraestructura, la ejecución propiamente dicha, el control ambiental, el uso posterior previsto para las áreas rellenadas y su integración al paisaje circundante deben ser estudiadas y planificadas adecuadamente. Los rellenos sanitarios tienen como finalidad darle un destino cierto y seguro a los residuos sólidos que se generan en los núcleos urbanos.

2.3. Procedimientos previos a la construcción de un relleno sanitario

Avendaño Acosta, (2015) nos indica que la implementación y operación de un relleno sanitario requiere primordialmente, el compromiso y la responsabilidad del gestor o titular, partiendo de un proyecto que cuente con la aprobación y autorización correspondiente antes de su implementación de manera de garantizar su sostenibilidad. Los pasos previos a la construcción de un relleno sanitario se detallan en el siguiente:

- Línea base de información
- Identificación de alternativas
- Análisis y selección
- Aprobación del sitio seleccionado
- Certificación de uso de suelo
- Estudios básicos
- Estudio de impacto ambiental
- Diseño del relleno sanitario
- Construcción del relleno

Según (Röben, 2002) la selección del lugar para el relleno tiene tres componentes muy importantes:

Factores económicos:

- Distancia del área de procedencia de los desechos
- Distancia de otra infraestructura relevante (ej.: lombricultura)
- Propiedad del terreno en cuestión (valor, propiedad municipal o privada)
- Dimensiones del terreno
- Posibilidad de extensión del relleno
- Caminos de acceso

Factores ambientales:

- Protección de las aguas superficiales (existencia de fuentes superficiales o sub-superficiales, nacimientos de agua)
- Valor ecológico del terreno en cuestión
- Proximidad a áreas habitadas
- Barreras naturales (taludes, bosques)
- Morfología del terreno (posibilidad de evacuar las aguas lixiviadas con pendiente natural)
- Existencia de áreas protegidas
- Nivel de las capas freáticas; se prefiere una profundidad mayor a 3 m durante todo el año /6/.
- Climatológicas (Viento predominante, precipitación)

Factores técnicos

- Morfología del terreno: Se prefiere la construcción en terreno plano o ligeramente inclinado; entre 3 - 12 % /6/.
- Condiciones sísmicas
- Presencia de fallas geológicas
- Estructura y composición del suelo (se prefieren suelos con alto porcentaje de arcilla para asegurar baja permeabilidad.
- Nivel de las capas freáticas - existencia de material apropiado para la cobertura
- Volumen de basura

Según MINAM, (2011). Se utiliza de la siguiente manera.

- Condiciones legales, estas se encuentran contempladas en el reglamento de la ley general de residuos sólidos (decreto supremo n° 014-2017-minam, art. 109 - selección de áreas para las infraestructuras de disposición).
- Localización. Dentro de esto se debe considerar: ubicación, vías de acceso, condiciones hidrogeológicas y topográficas, vida útil, material de cobertura, conservación de los recursos naturales, condiciones climatológicas y factibilidad de compra.
- Restricciones de ubicación. aquí se debe considerar lo siguiente: seguridad aeroportuaria, fallas geológicas, zona sísmica, infraestructura existente, plan urbano y grado de aceptación para la construcción.

2.4. Aspectos demográficos.

2.4.1. Población.

Es necesario conocer el número de habitantes de diseño para definir la generación de residuos sólidos domiciliarios que se han de disponer. En este caso solo se tendrá en cuenta la población urbana del distrito de Ocuvi. La generación de residuos en la zona urbana es muy notoria y tiende a incrementarse.

Asimismo, al caracterizar dicha población se deben analizar aspectos tales como población total, tasa de crecimiento promedio de los últimos censos y la proyección del crecimiento de la población para el horizonte de planeamiento del estudio. (MINAM, 2011)

Es necesario conocer el número de habitantes a servir para definir las cantidades de desechos sólidos de que se ha de disponer. Es de anotar que la producción de desechos sólidos se debe discriminar entre la producción rural y la urbana. La primera, debido a la baja producción, presentará menos exigencias, pero su recolección resulta más difícil. En cambio, la producción urbana es más notoria por razones de concentración, aumento de población, y desarrollo tecnológico y urbanístico, mereciendo nuestra atención en este caso (Contreras, 2010).

Menciona que se debe conocer el número de habitantes meta para definir las cantidades de RSM que se han de disponer. Hay que anotar que en la producción de estos residuos

se debe discriminar entre la producción rural y la urbana. La primera presentará menos exigencias por ser más bien reducida, si bien la recolección resulta más difícil. En cambio, la producción urbana es más notoria por razones de concentración, aumento de población y desarrollo tecnológico y urbanístico, de ahí que merezca especial atención. (DNPBM, 2015)

2.4.2. Proyección de la población.

Es importante estimar la población futura que se tendrá en los próximos años, a fin de calcular la generación de residuos sólidos que se deberá disponer diaria y anualmente a lo largo de la vida útil del relleno sanitario (Roman, 2011).

En la tesis encontrada además de suma importancia estimar la producción en el futuro, para definir las cantidades de desechos sólidos de que se deben disponer durante el período de diseño, lo cual conlleva a realizar una proyección de la población, al igual que en cualquier obra de servicio público. El crecimiento poblacional se podrá estimar por métodos matemáticos, como el crecimiento geométrico, aritmético, etc. o vaciando los datos censales en una gráfica y haciendo una "proyección" de la curva dibujada. (Contreras, 2010)

Asimismo, primeramente debe señalarse la población actual al año de diseño del proyecto. Dicha información debe estar respaldada por la fuente correspondiente, así mismo, la tasa de crecimiento inter-censal y la población en área urbana y rural (en caso que el relleno sanitario beneficie a un solo sector). Para el cálculo de la proyección de la población, existen diferentes métodos (matemáticos, demográficos y económicos), los cuales requieren diferentes tipos de insumos de información. Para fines de la presente Guía se empleará el método matemático geométrico, cuya característica supone que la población crece a una tasa constante, lo que significa que aumenta proporcionalmente en cada período de tiempo. El crecimiento geométrico, se describe a partir de la siguiente ecuación (MINAM, 2011):

$$Pf = Po (1 + r)^n$$

Dónde:

Pf = Población futura

P_0 = Población actual

r = Tasa de crecimiento de la población

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

t = variable tiempo (en años).

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 RSM que se deberá disponer diaria y anualmente a lo largo de la vida útil del relleno sanitario.

El crecimiento de la población se podrá estimar por métodos matemáticos, o bien vaciando los datos censales en una gráfica y haciendo una “proyección” de la curva dibujada. (CEAMSE, 2012).

2.5. Producción per-cápita y generación total de residuos sólidos.

Determina la cantidad promedio de residuos sólidos que se genera por persona en un determinado periodo de tiempo.

Para determinar la cantidad recolectada, es necesario conocer el valor de la densidad de los residuos sólidos (Kg/m^3), el volumen de la tolva o caja de recolección y el número total de viajes que realiza cada vehículo en una semana de recolección (se toma como parámetro de referencia, una semana, puesto que por lo general durante ese periodo se atiende a toda la población objetivo del municipio o área del municipio) (Avendaño Acosta, 2015).

La producción per cápita de desechos sólidos se puede estimar globalmente por habitante por día ($kg./hab-día$), también es posible relacionar la cantidad de desechos sólidos producidos por vivienda, o sea, $kg/vivienda-día$, dado que la basura es entregada por vivienda y además tiene la ventaja de la facilidad de contar las casas. (Contreras, 2010)

Se trata del estudio de la generación diaria de residuos orgánicos e inorgánicos (MINAM, 2011).

Acerca de la generación y composición de los desechos que serán manejados en pequeñas comunidades, podemos decir que para el cálculo de producción el sector residencial es predominante, siendo las demás actividades tan incipientes que su consideración no alcanza a afectar de manera apreciable la cantidad total de RSM, salvo los provenientes de los mercados y de los visitantes, cuando existen atractivos turísticos (Röben, 2002).

Cuando se requiera llevar a cabo un sistema de recolección, tratamiento y disposición final, convendría estimar las cantidades de residuos que la población genera. Con el objetivo de ahorrar recursos, se sugiere utilizar para estos análisis métodos indirectos.

DNPBM, (2015), Para el análisis de la producción de los residuos sólidos domésticos en cada zona del distrito se debe realizar lo siguiente:

- Una vez concluido la ruta de recolección de bolsas correspondiente, se llevan las muestras al área municipal designada para realizar el pesaje.
- Este proceso representa la cantidad de basura diaria generada en cada vivienda (Kg. /hab/día). Para ello se utilizó una balanza digital de 0 a 25 Kg.
- El pesaje se realiza previa identificación del código o número de cada muestra, registrándose el peso en el formato correspondiente.
- Una vez obtenidos los pesos promedios de los residuos de cada vivienda, en gabinete se procesan los resultados obtenidos para obtener la producción per cápita (PPC) promedio del distrito.
- Para obtener la generación per-cápita (Kg./hab./día), se divide (para cada vivienda muestreada) el peso de las bolsas entre el número de habitantes.
- Finalmente se calculó la generación per cápita promedio de todas las viviendas con la siguiente fórmula:

$$PPC = \frac{\text{Kg recolectados}}{\text{N}^\circ \text{ de habitantes}}$$

2.6. Cálculo de área para relleno sanitario.

Para el caso de las infraestructuras de disposición final, se presentara la memoria de cálculo de vida útil del proyecto, cuya vida útil no será menor de diez (10) años (MINAM, 2017b).

El cálculo de área deberá estar proyectado a 20 años plazo. Tanto para rellenos manuales como mecanizados se debe incrementar al área total calculada para disposición de residuos sólidos entre un 20% a 30% adicional para infraestructura complementaria como portería, administración, talleres, báscula, piscinas de almacenaje de lixiviados y planta de tratamiento, vías de circulación y área de maniobras de los equipos y vehículos (Avendaño Acosta, 2015).

El conocimiento de la producción total de desechos sólidos nos permite establecer, entre otros, cuáles deben ser los equipos de recolección más adecuados, la cantidad de personal, las rutas, la frecuencia de recolección, la necesidad de área para la disposición final, los costos y el establecimiento de la tarifa o tasa de aseo (Contreras, 2010)

La producción de desechos sólidos está dada por la relación de la población con la producción per cápita.

$$\text{CRD} = \text{Pob} \times \text{PPC}$$

2.7. Estudio de caracterización de residuos sólidos.

De forma complementaria, en caso de no existir información de generación y composición físico química de los residuos que se generan en el municipio, se deben determinar mediante estudio de caracterización; como referencia se debe consultar la guía para caracterización de residuos sólidos municipales (MINAM, 2017).

Generación de residuos sólidos municipales a disponer

Se estima que desde el inicio de las operaciones se pueda reciclar residuos inorgánicos y utilizar residuos orgánicos equivalentes en conjunto al 30 % del total de residuos generados.

$$\text{G.R.S.M.D.} = \text{G.R.S.M.} \times \frac{(100-P)}{100}$$

Volumen de residuos compactados por tonelada

Tenemos que el volumen de residuos sólidos compactados (V.R.S.C.) se calcula de la siguiente manera:

$$\text{V.R.S.C.} = \frac{\text{G.T.R.S.M.D}}{D}$$

Volumen de residuos sólidos compactados + material de cobertura

Como resultado nos muestra el volumen necesario anualmente para el relleno sanitario.

$$V = V.R.S.C. + M.C.$$

2.8. Estudios de campo y diseño.

Según la tesis de (Avendaño Acosta, 2015),

Estudios topográficos.

Estudio Geotécnico.

Muestreo de Suelo.

Análisis de Suelo.

Determinación de la textura.

Estudio Geológico

Estudio Hidrológico.

2.9. Métodos de diseño del relleno sanitario

2.9.1. Método de trinchera

Este método consiste en la excavación de zanjas en suelos con buenas características de cohesión. La profundidad de excavación dependerá del nivel freático, la NB 760 recomienda que como mínimo deba alcanzar los 2 m. El área requerida dependerá del volumen necesario de residuos sólidos y la profundidad media de la zanja, en promedio el ancho de la zanja varía entre los 5 a 6 metros. Por otro lado, el corte de talud debe estar de acuerdo al ángulo del suelo excavado. Los terrenos con nivel freático alto o muy próximo a la superficie no son apropiados para este método por el riesgo de contaminar el acuífero; los terrenos rocosos tampoco lo son debido a las dificultades de excavación. En períodos de alta precipitación pluvial, las aguas pueden inundar las zanjas; para atenuar estas contingencias, se debe construir canales perimetrales de manera de captarlas y desviarlas hacia zanjas para almacenamiento temporal (Avendaño Acosta, 2015).

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 tractor de oruga. Es de anotar que existen experiencias de excavación de trincheras hasta de 7 m

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 (Palma, 2017).

Este método consiste en la excavación de zanjas en suelos con buenas características de cohesión. La profundidad de excavación dependerá del nivel freático, la NB 760 recomienda que como mínimo deba alcanzar los 2 m. El área requerida dependerá del volumen necesario de residuos sólidos y la profundidad media de la zanja, en promedio el ancho de la zanja varía entre los 5 a 6 metros. Por otro lado, el corte de talud debe estar de acuerdo al ángulo del suelo excavado. Los terrenos con nivel freático alto o muy próximo a la superficie no son apropiados para este método por el riesgo de contaminar el acuífero; los terrenos rocosos tampoco lo son debido a las dificultades de excavación. En períodos de alta precipitación pluvial, las aguas pueden inundar las zanjas; para atenuar estas contingencias, se debe construir canales perimetrales de manera de captarlas y desviarlas hacia zanjas para almacenamiento temporal (Avendaño Acosta, 2015).

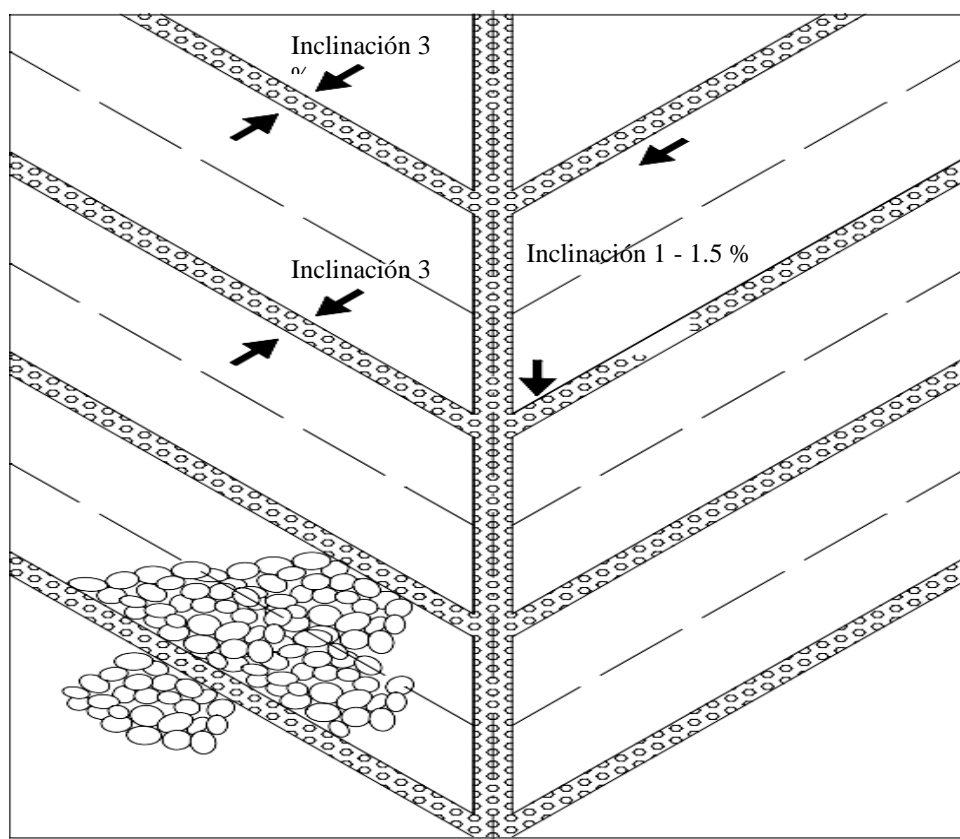


Figura 07: Drenaje en Relleno por Método Trinchera

2.10. Diseño de la celda diaria.

Se llama celda diaria a la conformación geométrica que se le da a los residuos sólidos y al material de cobertura debidamente compactados mediante un equipo mecánico o manual. Dicho elemento es la unidad básica de construcción de un relleno sanitario, siendo un espacio específicamente definido, dentro del cual se confinan y compactan los residuos de un día de operación. Al conjunto de varias celdas adyacentes de la misma altura, se les denomina franja y al conjunto de franjas, se denomina capas (MINAM, 2017b).

Se llama celda a la conformación geométrica que se le da a los residuos sólidos y al material de cubierta (tierra), debidamente compactada mediante equipo mecánico (MINAM, 2011).

Los elementos de una celda son: altura, largo, ancho del frente de trabajo, pendiente de los taludes laterales y espesores del material de cubierta diario y del último nivel de celdas.

El ancho mínimo de las celdas o mínimo frente de trabajo, dependerá de la longitud de la cuchilla y del equipo que se emplee en la construcción de las celdas.

2.11. Talud

El talud de la celda es el plano inclinado en donde se apoyan los residuos y los equipos compactadores. Su inclinación se especifica mediante un ángulo o una relación que indica el número de unidades que avanza en dirección vertical por cada unidad que se avanza horizontalmente. Se recomienda que las celdas tengan un talud máximo de 1 a 3, es decir, que por cada metro de altura se avancen 3 metros horizontalmente (Avendaño Acosta, 2015).

Cálculo de la longitud del frente de trabajo

Definido los parámetros anteriores calculamos la longitud del frente de trabajo, entonces tenemos (MINAM, 2011):

$$L.F.T. = AM.C. + AV. \times n + D.V. \times (n-1) + 10$$

Cálculo del avance diario

Con la, altura de celda ($h=2.0$ m) y el talud de avance de celda ($z=1/3$), se calcula la longitud del talud (L')

$$L' = \frac{h}{Z} \text{ Entonces}$$

2.12. Diseño del sistema de drenaje pluvial

El manejo de las aguas pluviales tiene como objetivo evitar su infiltración al interior del volumen de residuos sólidos, para evitar principalmente el aumento de líquidos lixiviados y gases, la erosión del sellado o cobertura del relleno sanitario, así como el deterioro de los caminos de acceso y a otras obras de infraestructura. Especialmente las aguas de lluvia que atraviesan las capas de residuos aumentan el volumen de lixiviados en una proporción mucho mayor que la que produce la misma humedad de éstos (Collazos, 2013)

Los lixiviados de rellenos sanitarios se producen por la disolución de uno o más compuestos de los residuos sólidos urbanos, en contacto con un disolvente líquido (agua) o por la propia dinámica de descomposición de los residuos. Este lixiviado contiene una gran cantidad de sólidos en suspensión y materia orgánica altamente contaminante.

La Guía Técnica de Diseño, Construcción, Operación, Mantenimiento y Cierre de Rellenos Sanitarios Mecanizado del Ministerio del Ambiente, sugieren cuatro métodos para calcular la generación de lixiviados (MINAM, 2011):

1. Método racional.
2. Método de balance hídrico.
3. Método de HELP (Hydrologic Evaluation of Landfill Performance).
4. Método Suizo.

Si es económicamente factible, el sistema ideal de drenaje consiste en tubos perforados que se colocan dentro de la capa de piedra bola o grava. Estos tubos deben ser

colocados al fondo de la capa, como lo muestra el Dibujo 9, para permitir que todas las aguas se percolen al interior del tubo. Es importante que exista una capa de filtro (geotextil, helecho, saquillo extendido u otro material equivalente) para evitar que se colmaten los tubos (Collazos, 2013).

2.13. Drenaje vertical para gases

De los residuos sólidos a disponerse en el relleno sanitario, el 56.18% corresponde a materia orgánica, la cual por efecto de la descomposición anaerobia producen emisiones gaseosas, las cuales están compuestas por diferentes tipos de gases (MINAM, 2011).

Los gases tienden a acumularse en los espacios vacíos dentro del relleno; aprovechan cualquier fisura del terreno y permeabilidad de la cubierta para salir. Por lo tanto, es necesario llevar a cabo un adecuado control de generación y migración de estos gases.

El gas del relleno se dispersa en el suelo, donde el metano puede dañar a las raíces de las plantas, impidiendo el suministro de oxígeno y aire a las plantas.

Refiere que los desechos dispuestos en el relleno son sujetos a una degradación orgánica dependiendo del tiempo. Ese proceso de biodegradación tiene cuatro fases:

1. fase: Oxidación
2. fase: Fermentación agria anaeróbica
3. fase Fermentación anaeróbica desequilibrada con producción de metano
4. fase: Fermentación anaeróbica equilibrada con producción de metano

Se consume el oxígeno contenido en los desechos durante la primera fase, y comienza el proceso de putrefacción cuando se cubren los desechos con otros desechos y con tierra. En esta fase, se desmenuzan los compuestos orgánicos (grasa, proteínas, celulosa) en compuestos fundamentales (aminoácidos, lípidos, azúcares).

Estos compuestos fundamentales sufren otra transformación en la segunda fase. Se transforman en H₂, CO₂, acetato y lípidos. Como la concentración de lípidos aumenta considerablemente durante este proceso, la segunda fase se llama "fermentación ácida". Si los desechos tienen contacto con el aire durante esta transformación, son sumamente

elevadas las emisiones oloríficas. La concentración de contaminantes en las aguas lixiviadas tiene también un nivel muy alto.

Los productos transitorios de la segunda fase se transforman en CH₄ (metano), CO₂, H₂O. Estos gases son los productos definitivos de la descomposición orgánica y serán producidos durante un largo tiempo (25 - 40 años), (Collazos, 2013)

2.14. Generación, características y tratamiento de las aguas lixiviadas

Cantidad de las aguas lixiviadas.

La cantidad de las aguas lixiviadas que se producen en un relleno sanitario depende de factores diferentes (Collazos, 2013):

- la precipitación
- el área del relleno
- el modo de operación (relleno manual o compactado con maquinaria, sistema de compactación)
- el tipo de basura

Tabla 01 Resumen de la cantidad de las aguas lixiviadas en situaciones diferentes.

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 manual	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

FUENTE: (MINAM, 2011).

El cuadro muestra que la producción de aguas lixiviadas puede ser extremadamente alta en rellenos manuales que se encuentran en regiones con alta pluviosidad. La minimización de las aguas lixiviadas es especialmente importante para rellenos manuales sujetos a precipitaciones elevadas, ya que es difícil el tratamiento de una

cantidad muy alta de aguas lixiviadas que se pueden generar. Las medidas más importantes para la minimización de aguas lixiviadas en rellenos manuales son:

- No construir el relleno en áreas completamente planas o en trincheras, pero sí en terrazas o sobre un terreno ligeramente inclinado para que una parte de las aguas de lluvia pueda desaguarse en la superficie, sin percolar al cuerpo de basura
- Cubrir las celdas terminadas con tierra y sembrar plantas con alta capacidad de absorción para secar el terreno
- Construir drenes de aguas lluvias alrededor de las celdas para evitar que se infiltre agua de afuera al cuerpo de basura
- Cubrir las celdas con plástico de invernadero desechado o con helecho (ese método no sirve en trincheras excavadas, solamente en celdas que tienen la forma de terraza o que son construidas sobre terrenos inclinados)

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Lugar de estudio

El lugar de estudio se accede a través de la carretera Afirmada Ocuvi - Llalli, altura del kilómetro 8.2, para luego continuar 58m a través de una trocha carrozable que se desarrolla en dirección al Sector Cutipampa y 20min de la Población.

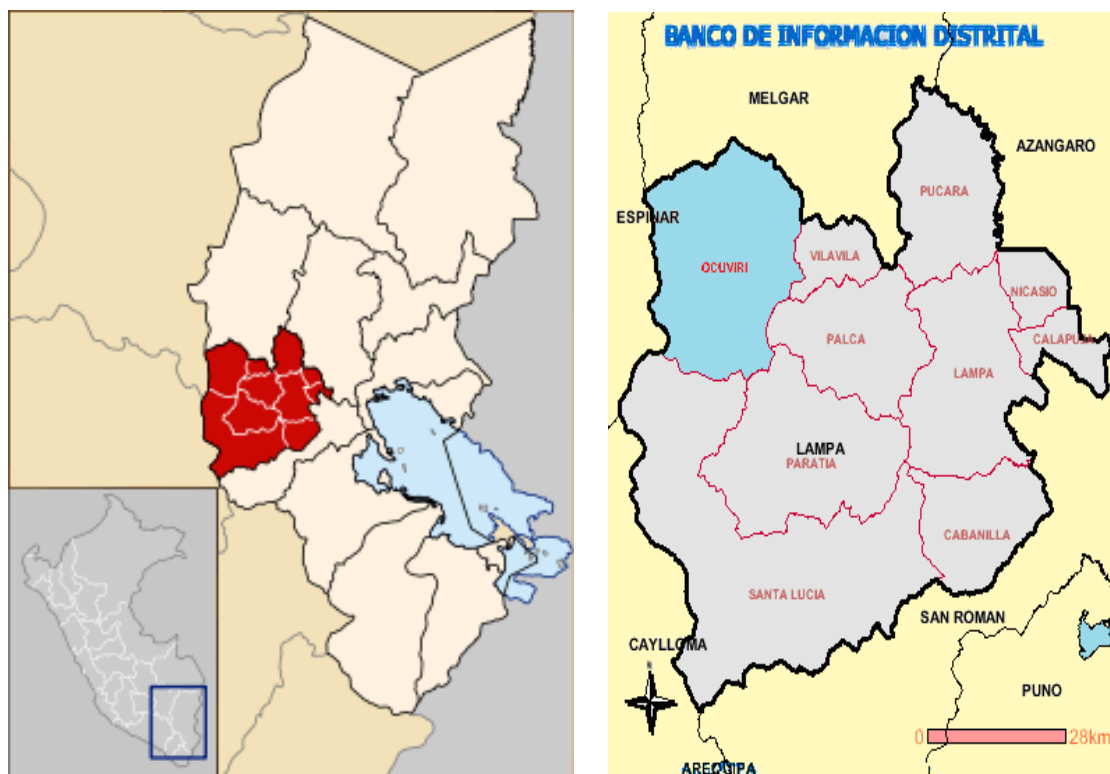


Figura 08: Ubicación del proyecto

3.2 Unidad de análisis

El sector de Cutipampa se encuentra en la localidad de Ocuvi se ubica en el distrito del mismo nombre en la provincia de Lampa, departamento de Puno, Es parte del sub corredor Melgar – corredor económico de Cusco - Juliaca. Está conectada con Ayaviri, Lampa, Juliaca y la ciudad de Puno. Se encuentra en la zona denominada altiplano aproximadamente a 4,258 m.s.n.m. tiene una temperatura media anual de 8°C, con abundante crianza de Camélidos Sudamericanos particularmente la Alpaca por tradición y condiciones de su geografía, además de ser una zona minera para la explotación y cuenta con el recurso hídrico para la crianza y producción de truchas como alternativa de fuente de recursos económicos.

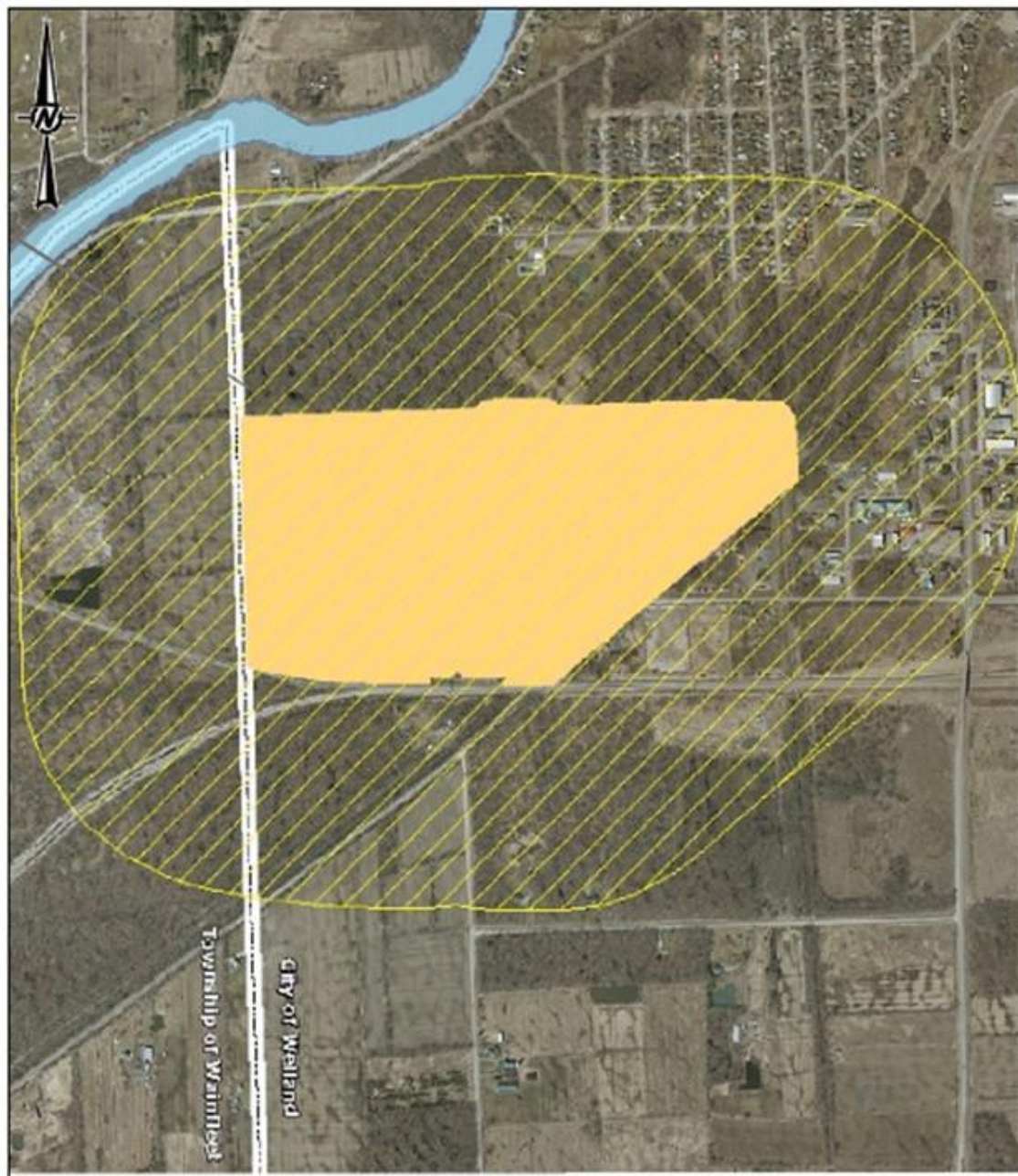
3.3. Clima. El clima general en el distrito es frío y seco, correspondiendo al clima altiplánico. Varía de acuerdo a las estaciones del año; es bastante frío en los meses de mayo a Julio alcanzando una temperatura promedio en un rango de 10°C a -8°C, en los meses de enero a marzo el clima es menos frígido alcanzando una temperatura promedio de 15°C a 4°C. Los vientos suaves son de 10 Km/h y los fuertes son de 100 km/h, la temperatura oscila entre los 9 y 18 grados, según el momento del día. El sol suele brillar todas las mañanas del año, pero cuando llega la noche los termómetros llegan a marcar temperaturas bajas según la época del año. Respecto a la precipitación pluvial el promedio anual bordea los 790 mm³ (meses de enero a marzo) siendo abundante en estos meses, en tanto que el resto de año es seco. El promedio máximo de precipitación pluvial está por encima de los 670 mm anuales. La relación de la evapotranspiración potencial total por año varía entre la octava y la cuarta parte del promedio de la precipitación total por año, lo que ubica a la provincia en la categoría de humedad “súper húmedo”. Esta zona de vida se distribuye en las partes altas del distrito de Ocuwiri.

3.4. Topografía.

La zona del proyecto por estar ubicado en los terrenos del sector de Cutipampa presenta una topografía plana, con espacios de pendientes mínimas y espacios adecuados para el trabajo planteado. La topografía donde se plantea la construcción del Relleno Sanitario es relativamente plana, ubicándose en una zona adecuada para su construcción.



Figura 09: Ubicación del área destinada.



LEGEND

- ON-SITE STUDY AREA (HUMBERSTONE LANDFILL)
- SITE-VICINITY STUDY AREA (500m)
- MUNICIPAL BOUNDARIES
- WATERBODY

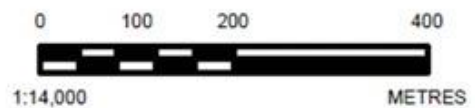
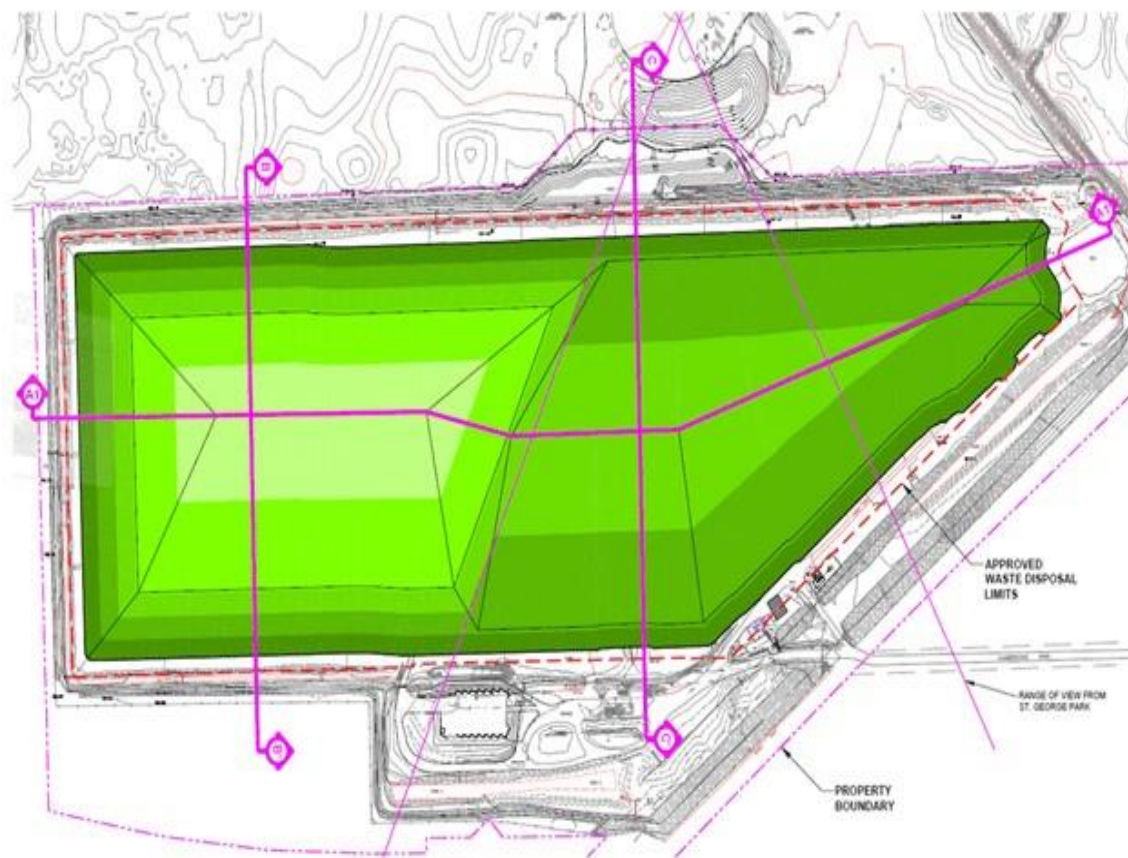


Figura 10 Mapa que muestra la ubicación del relleno sanitario de Humberstone y el área de estudio circundante al sitio de 500m, así como los cuerpos de agua adyacentes y los límites municipales.



Elevations Table			
Number	Minimum Elevation	Maximum Elevation	Color
1	180.00	185.00	
2	185.00	190.00	
3	190.00	195.00	
4	195.00	200.00	
5	200.00	205.00	
6	205.00	210.00	
7	210.00	215.00	



Figura 11. La figura muestra una vista aérea del área de estudio del relleno sanitario, los límites de las propiedades y las mediciones de elevación máxima / mínima.

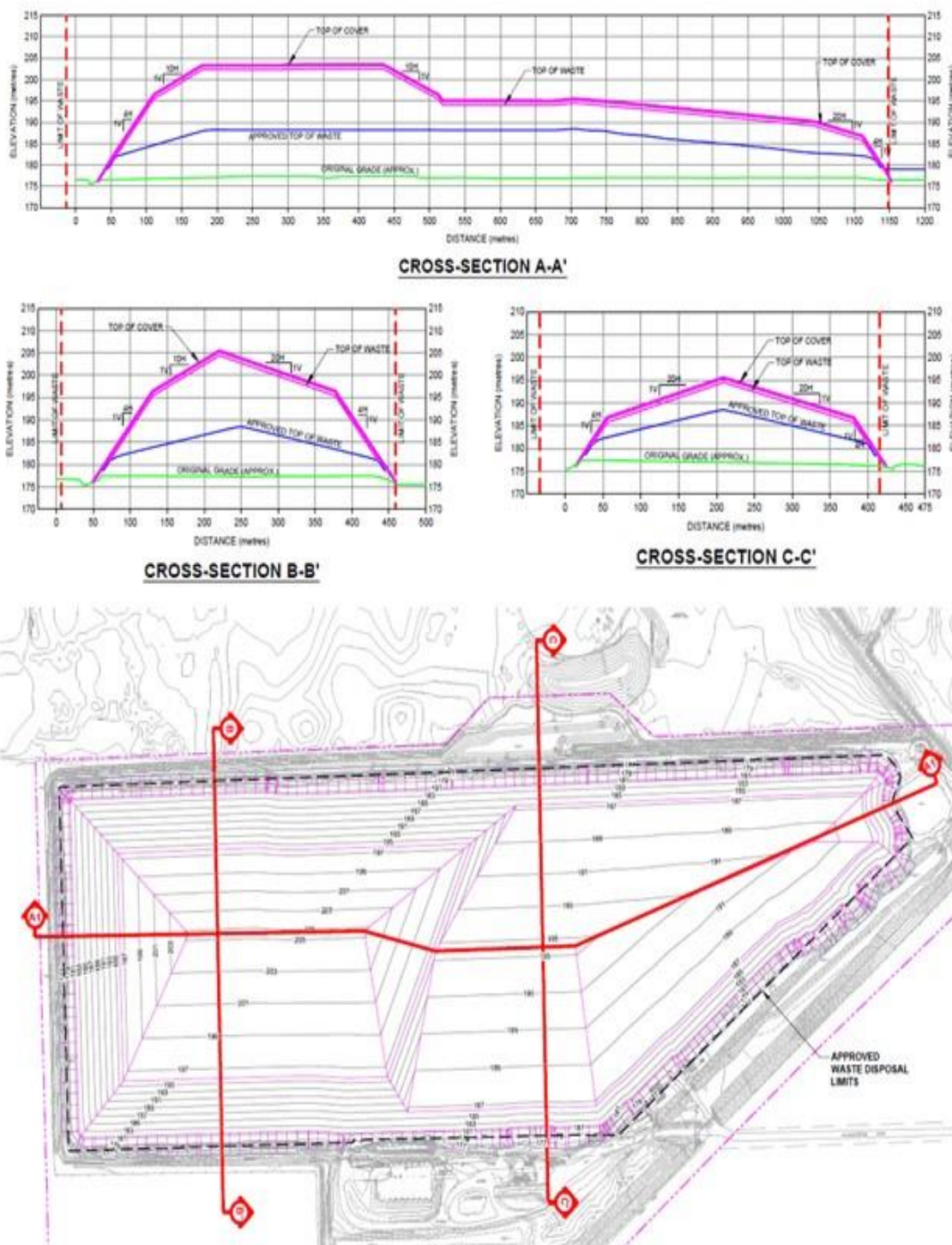


Figura 12. Las figuras muestran las secciones transversales del vertedero y las mediciones de elevación cuando se observan desde varias direcciones.

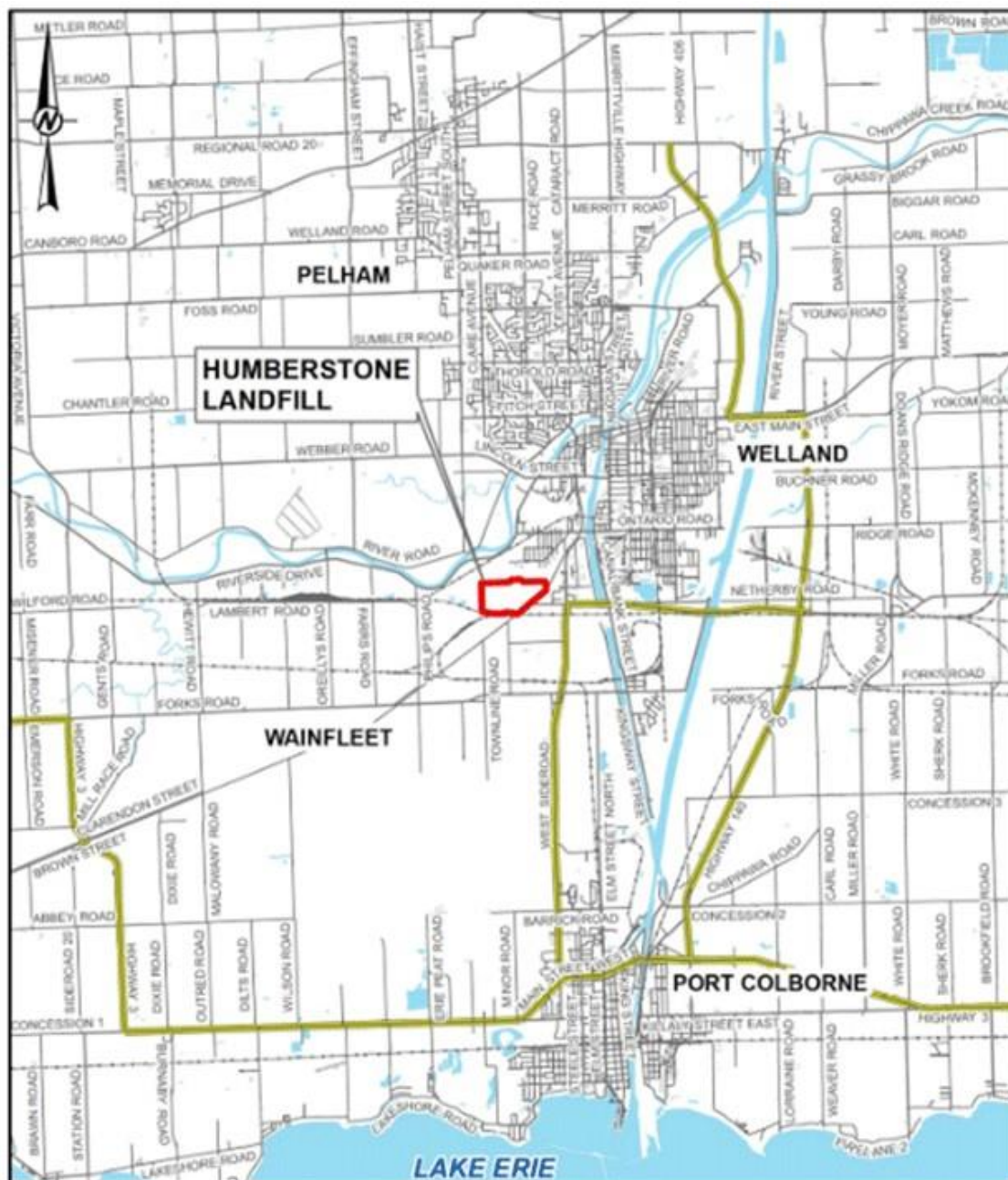


Figura 13. Mapa del área que rodea el sitio del relleno sanitario, incluidas las comunidades de Welland y Port Colborne.

3.5. Suelos.

3.5.1. Tipo de suelos.

Estratigrafía y características físicas

En base a los resultados de las investigaciones geognósticas se ha elaborado el siguiente perfil estratigráfico del área:

Superficialmente hasta 0.40 m. de profundidad, se localiza un suelo limo-arenoso a arcilloso color marrón oscuro, plástico, ligeramente húmedo, que engloba algunas raíces, luego se localiza la roca volcánica andesítica de tipo brechoide color gris azulino superficialmente muy meteorizadas y fragmentables en lajas, para luego volverse más resistentes y compactas. (MDO, 2015).

Otros parámetros geotécnicos obtenidos de los ensayos de laboratorio según a (MDO, 2015) son:

Límite Líquido	:	33 - 41	%
Límite Plástico	:	NP - 26	%
Índice Plástico	:	NP - 17	%
Humedad Natural	:	15.3 – 25.8	%
Resistencia Compresiva	:	6.2 – 120 (roca fresca)	MPa

3.5.2. Textura de los suelos.

El siguiente cuadro muestra los resultados de los análisis de textura a los que fueron sometidas las cinco muestras tomadas en los puntos señalados anteriormente.

Tabla 02: Textura de los suelos

CARACTERIZACION				
	ARENA	LIMO	ARCILLA	CLASE TEXTURAL
CODIGO				
	%	%	%	%
S-1	46,10	37,70	15,90	Franca

S-2	74,40	19,70	5,90	Franco-Arenoso
S-3	68,40	23,70	7,90	Franco-Arenoso
S-4	54,40	23,70	17,90	Franco-Arenoso
S-5	42,40	31,70	25,90	Franca

Fuente: Estudio de Laboratorio de Suelos (MDO, 2015).

3.5.3. Perfil de los suelos identificados.

De acuerdo al análisis de las calicatas realizadas se presentan los siguientes perfiles, cada cual con los tipos de suelos que se presentan en el siguiente perfil edafológico:

a) Litosol andino dístico

Estos suelos se caracterizan por su limitada potencialidad para fines agrícolas debido a sus deficiencias topográficas y por su situación climática (altitudinal).

b) Litosol desértico

Estos suelos se caracterizan por su baja potencialidad agrícola debido a las características topográficas y edafológicas que las contienen. Un Perfil de Suelo para un Litosol Desértico se describe de la siguiente manera:

- 0 -15 cm: Franco de color pardo a pardo oscuro en húmedo, granular muy fino de grado débil, de consistencia suave. El PH 6.5 y 0.83% de materia orgánica.
- 15 - 40 cm: Franco de color pardo a pardo oscuro en húmedo, granular muy fino, de grado débil, de consistencia ligeramente dura. El PH 6.1 y 0.34% de materia orgánica.
- 40 - 45 cm: Roca en descomposición y franco arcilloso de color pardo rojizo en húmedo, masivo y ligeramente duro.
- 45 - 100cm: Cenizas volcánicas compactadas (tufos riolíticos)

3.6. Hidrología.

3.6.1. Aspectos hidrográficos.

Hidrográficamente el distrito de Ocuvi, se ubica en los inicios de la cuenca del río de Ramis, la cual pertenece a la cuenca hidrográfica del Titicaca. El proyecto ocupa parcialmente el micro cuenca del río Ocuvi.

3.6.2. Aspectos hidrológicos.

Hidrológica superficial.

El río de Ocuvi, es el eje principal de drenaje de la quebrada donde se ubicará el relleno sanitario de Ocuvi, es de aguas no permanentes pero, por lo que presenta bajos caudales en la época de verano que se incrementan significativamente en época de lluvias.

Hidrológica subterránea.

En el área del relleno, no se ha identificado ninguna fuente de agua subterránea ni alguna huella indicadora de la presencia de un nivel freático, por lo que dada la poca potencia de los suelos y la presencia casi superficial de la roca volcánica, la posible presencia de un acuífero no es posible

Eventos extremos.

Tormentas se considera a las tormentas de origen y suceso regional Mediante el desarrollo de la serie de excedentes anuales y los métodos que sugiere la Organización Meteorológica Mundial (OMM) se han calculado las tormentas periódicas o eventos extremos de la zona del proyecto, para períodos de retorno de 10, 25, 50, 100 y 500 años.

Los datos definen las curvas de intensidad, duración y frecuencia (IDF) mostrados en el cuadro 16 se han definido tiempos de concentración de las precipitaciones de 5, 10, 20 y 30 minutos por la relativa poca extensión de las áreas de influencia.

Tabla 03: Tormentas periódicas

Periodo de Retorno (años)	Precipitación Máxima 24hr. (mm)	Intensidad (mm/h)			
		5'	10'	20'	30'
10	69,4	111,1	83,1	58,0	46,0
25	88,5	133,8	100,2	69,9	55,4
50	102,9	151,1	113,1	78,8	62,5
100	117,4	168,3	125,9	87,8	69,7
500	151,0	208,2	155,8	108,7	86,2

Fuente: Datos de tormentas Periódicas (MDO, 2015).

3.6.3. Calidad de agua.

En este punto se describen las características físico-químicas del agua. El objetivo de la presente sección es el siguiente:

- Caracterizar la variación espacial de la calidad del agua dentro de las zonas de descarga que drenan a las quebradas principales y en ubicaciones aguas arriba y aguas abajo del área del pueblo de Ocuwiri.
- Identificar las fuentes existentes de contaminación que podrían afectar la calidad de agua del área del Proyecto y desarrollar una relación cualitativa entre la variación espacial de la calidad del agua y las fuentes de contaminaciones existentes e identificadas.

Legislación sobre la calidad del agua

022-2017-PCM, concordante con lo establecido en el Decreto Legislativo N° 1246 y el Decreto Legislativo N° 1310. Decreto Supremo que modifica el Reglamento de la Ley N° 29338, Ley de Recursos Hídricos, aprobado por Decreto Supremo N° 001-2010AG. En tal efecto se modifica para agricultura y riego con Decreto Supremo N° 006-2017-AG.

Tabla 04: Riego de vegetales y bebida de animales

Parámetros	Unidad de medida	D1. Riego de vegetales		D2. Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales
FISICOS - QUIMICOS				
Aceite y Grasas	mg/L	5		10
Bicarbonatos	mg/L	518		**
Cianuro Wad	mg/L	0.1		0.1
Cloruros	mg/L	500		**
Color (b)	Color verdadero escala Pt/Co	100 (a)		100 (a)
Conductividad	uS/cm	2500		5000
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	mg/L	15		15
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	40		40
Detergentes (SAAM)	mg/L	0.2		0.5
Fenoles	mg/L	0.002		0.01
Fluoruros	mg/L	1		**
Nitratos (NO ₃ -N) + Nitritos (NO ₂ - N)	mg/L	100		100
Nitritos (NO ₂ - N)	mg/L	10		10
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 4		≥ 5
Potencial de Hidrogeno (pH)	Unidad de Ph	6.5 - 8.5		6.5 - 6.4
Sulfatos	mg/L	1000		1000
Temperatura	°c	Δ 3		Δ 3
INORGANICOS				
Aluminio	mg/L	5		5

(a): Para aguas claras. Sin cambio anormal (para aguas que presentan coloración natural).

(b): Después de filtración simple.

(c): Para el riego de parques públicos, campos deportivos, áreas verdes y plantas ornamentales, sólo aplican los parámetros microbiológicos y parasitológicos del tipo de

riego no restringido.

Δ 3: significa variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.

Nota 4:

- El símbolo ** dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para esta Subcategoría.

- Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales, salvo que se indique lo contrario.

Parámetros	Unidad de medida	D1. Riego de vegetales		D2. Bebida de animales
		Agua para riego no restringido	Agua para riego restringido	Bebida de animales
Arsénico	mg/L	0.1		0.2
Bario	mg/L	0.7		**
Berilio	mg/L	0.1		0.1
Boro	mg/L	1		5
Cadmio	mg/L	0.01		0.05
Cobre	mg/L	0.2		0.5
Cobalto	mg/L	0.05		1
Cromo Total	mg/L	0.1		1
Hierro	mg/L	5		**
Litio	mg/L	2.5		2.5
Magnesio	mg/L	**		250
Manganeso	mg/L	0.2		0.2
Mercurio	mg/L	0.001		0.01
Níquel	mg/L	0.2		1
Plomo	mg/L	0.05		0.05
Selenio	mg/L	0.02		0.05
Zinc	mg/L	2		24
ORGANICOS				
<u>Bifenilos Policlorados</u>				
Bifenilos Policlorados (PCB)	ug/L	0.04		0.045
PLAGUICIDAS				
Paration	ug/L	35		35
Organoclorados				

Aldrin	ug/L	0.004	0.07
Clordano	ug/L	0.006	7
Dicloro difenil tricloroetano (DDT)	ug/L	0.001	30
Dieldrin	ug/L	0.5	0.5
Endosulfan	ug/L	0.01	0.01
Endrin	ug/L	0.004	0.02
Heptacloro y Hectacloro Epóxido	ug/L	0.01	0.03
Lindano	ug/L	4	4
Carbamato			
Aldicarb	ug/L	1	11
MICROBIOLOGICOS Y PARASITOLOGICO			
Coliformes Termotolerantes	NMP/100ml	1000	2000
Escherichia coli	NMP/100ml	1000	**
Huevos de Helmintos	Huevos/L	1	1
			**

FUENTE: (MINAM, 2017).

3.7. Tipo de investigación.

Se ha realizado una investigación descriptiva, correlacional, analítica y explicativa, porque involucra un análisis situacional y se describe los resultados del análisis. Adaptativa, porque involucra la aplicación de metodologías y procedimientos usando alternativas de solución para la realización de cálculo de un diseño basado con proyección hacia el futuro

3.8. Métodos, materiales y técnicas para cada objetivo específico

Se realizará una descripción del planteamiento del análisis. A partir de ello se desarrollará los cálculos para este diseño, describiendo los tres Objetivos. Los criterios para obtener los resultados y datos locales, información climatológica, geológicos, meteorológicos, etc. Se obtuvo del “Evaluación de impacto ambiental del relleno sanitario de la Localidad de Ocuvi, Distrito de Ocuvi, Provincia de Lampa, Departamento de Puno”.

Para obtener la siguiente investigación nos basaremos según a las siguientes objetivos utilizando las metodologías, procedimientos para el criterio de la evaluación del diseño de la infraestructura de relleno sanitario para la localidad de Ocuvi, así como la comparación ya existente con los datos obtenidos en la actualidad.

3.8.1. Metodología.

Objetivo N^o 1. Determinar la generación per cápita, producción de residuos domésticos, porcentaje de residuos domésticos, cobertura y porcentaje de aprovechamiento de residuos orgánicos e inorgánicos.

- Proceso de Estudio de Caracterización, haciendo uso de la guía del ministerio del ambiente (MINAM, 2011).
- Para determinar el tamaño de la población urbana del distrito de Ocuvi se toma la información de los Censos Nacionales de Población y Vivienda realizados en el país en los años 2007 y 2017. Se consigna realizar la proyección por el método geométrico.

Objetivo N^o 2. Realizaremos el dimensionamiento para una infraestructura de disposición final mecanizado. Se elaborada a partir de la Guía Técnica de Diseño, Construcción, Operación, Mantenimiento y Cierre de Rellenos Sanitarios Mecanizado del Ministerio del Ambiente. Además se usan los mismos parámetros de diseño de rellenos sanitarios del "Programa de Desarrollo de Sistemas de Gestión de Residuos Sólidos en Zonas Prioritarias" (MINAM, 2011).

- Con base en la generación per-cápita de residuos sólidos y considerando la proyección de la población, se estima la generación diaria de residuos sólidos domiciliarios generados en el distrito en cuestión.
- El material de cobertura es el 20% del volumen de residuos sólidos compactados.
- El volumen que tendrá el relleno sanitario por año se determinara con el volumen de residuos compactados y el material de cobertura.
- Para el dimensionamiento de la celda diaria se considera el promedio de la generación total de residuos sólidos municipales a disponer por día durante la vida útil calculada previamente, además se asume la conformación y el cálculo de la celda similar a la propuesta en la guía técnica de diseño, construcción,

operación, mantenimiento y cierre de rellenos sanitarios mecanizado del Ministerio del Ambiente.

- El volumen de lixiviado se calcula con el método Suizo, la poza de lixiviado está diseñada para almacenar el lixiviado de 1 a 3 días durante el pico de producción máxima.

Objetivo N° 3. Plantear las recomendaciones de mejora para evitar el pronto colapso de la infraestructura de relleno sanitario.

Porcentaje de cobertura de recolección de residuos sólidos real para los años 2014 y 2015 para el distrito de Ocuvi.

- Cantidad de residuos sólidos orgánicos aprovechables. Se obtiene la cantidad del año 2015 para el distrito de Ocuvi, y luego aumenta progresivamente hasta llegar al año 10 donde la cantidad de residuos orgánicos aprovechables será de 10% de la cantidad de residuos orgánicos.
- Proyección de la cantidad de residuos sólidos orgánicos e inorgánicos aprovechables. En el distrito de Ocuvi se considera un incremento anual del 15% para los residuos sólidos inorgánicos aprovechables.

3.8.2. Procedimiento.

3.8.2.1. Para generación per cápita, producción de residuos domésticos, porcentaje de residuos domésticos, cobertura y porcentaje de aprovechamiento de residuos orgánicos e inorgánicos.

Dentro de este objetivo nos basamos con los datos obtenidos en el proyecto de “Ampliación del servicio de limpieza pública en la localidad de Ocuvi, distrito de Ocuvi – Lampa – Puno”. Que tienen datos genéricos como el crecimiento de población y los estudios realizados en los días de agosto 2015 para la caracterización de los residuos, puesto con esta información genérica obtendremos datos para el verdadero dimensionamiento del relleno sanitario. Y a la guía técnica de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de rellenos sanitarios mecanizado del ministerio del ambiente.

3.8.2.1.1. Proceso de caracterización.

- Primer paso: Capacitación y organización del equipo consultor y preparación de materiales para estudio.
- Segundo paso: Taller informativo a la población sobre la realización del estudio.
- Tercer paso: Identificación y empadronamiento de viviendas.
- Cuarto paso: Recolección de muestras de estudio.
- Quinto Paso: Traslado de muestras de estudio.
- Sexto paso: Estudio de la muestra (determinación de GPC, composición física y densidad).

3.8.2.1.2. Población.

La población considerada de diseño es la considerada para el distrito de Ocuvi, provincia de Lampa región Puno.

El siguiente cuadro muestra la cantidad de habitantes de la población.

Tabla 05 Población actual Ocuvi/tasa de crecimiento

DISTRITO	POBLACIÓN DISTRITAL		TASA DE CRECIMIENTO ANUAL
	Año 1993	Año 2007	
Ocuvi	591	823	2.393%

Fuente: Elaboración propia a partir de (INEI, 1993 – 2007)

Tabla 06 Población actual Ocuvi/tasa de crecimiento

DISTRITO	POBLACIÓN DISTRITAL		TASA DE CRECIMIENTO ANUAL
	Año 2007	Año 2017	
Ocuvi	823	1045	2.393%

Fuente: Elaboración propia a partir de (INEI, 2007 – 2017)

Tomando como referencia estos datos con la tasa de crecimiento poblacional y tomado en cuenta el método aritmético para el cálculo del número de muestras del estudio se tiene la siguiente determinación de población actual.

Tabla 07 Proyección de población

N°	AÑO	Población
		(hab.)
0	2007	823
1	2008	843
2	2009	863
3	2010	884
4	2011	905
5	2012	926
6	2013	948
7	2014	971
8	2015	994

Fuente: Elaboración propia a partir de (INEI, 1993 – 2007)

Generación per cápita.

En el estudio “ampliación del servicio de limpieza pública en la localidad de Ocuwiri, distrito de Ocuwiri - Lampa - Puno”, la producción per cápita de residuos sólidos domiciliarios en la localidad de Ocuwiri es de **0.38 Kg./hab./día** y ha sido determinado considerando el promedio ponderado de los resultados validados de generación per cápita de los 7 días considerados durante el estudio (tiempo de estudio). Y de igual manera se realizara una comparación de cálculo del expediente con los cálculos de la investigación en esta tesis.

Densidad de los residuos sólidos

A través del estudio de caracterización de residuos sólidos se pudo obtener la siguiente densidad de los residuos sólidos.

Tabla 08: Tipos y promedio de residuos generados en la localidad de Ocuwiri

TIPOS DE RESIDUOS CARACTERIZADOS	PROMEDIO
Densidad de residuos sólidos domiciliarios	226kg/m ³
Densidad de residuos sólidos en vías públicas	220kg/m ³

Densidad de residuos sólidos en colegios	150Kg/m ³
------------------------------------------	----------------------

Fuente: Estudio de caracterización de residuos sólidos (MDO, 2015).

Por lo tanto la generación de residuos sólidos es de la siguiente manera:

Composición física de los residuos sólidos

Según el estudio de caracterización realizado en el mes de agosto del 2015 en el distrito de Ocuvi se tiene los siguientes resultados:

Tabla 09: Composición física de los residuos

TIPO DE RESIDUOS SOLIDOS		%
1	MATERIA ORGANICA	12.64
3	MADERA, FOLLAJE	1.61
4	PAPEL	7.52
5	CARTON	8.49
6	VIDRIO	2.03
7	PLASTICO PET	5.17
8	PLASTICO DURO	6.41
9	BOLSAS PLASTICAS	6.83
10	TETRAPAK	1.15
11	TECNOPOR Y SIMILARES	1.06
12	METAL	1.94
13	TELA, TEXTILES	3.92
14	CAUCHO, CUERO, JEBE	5.81
15	PILAS Y BATERIAS	3.51
16	RESTOS DE MEDICINA	0.51
17	RESIDUOS SANITARIOS	5.91
18	RESIDUOS INERTES (TIERRA)	14.16
19	OTROS	5.21
20	LATAS	3.28
21	ENVOLTURAS	2.84

Fuente: Estudio de caracterización de residuos sólidos de (MDO, 2015).

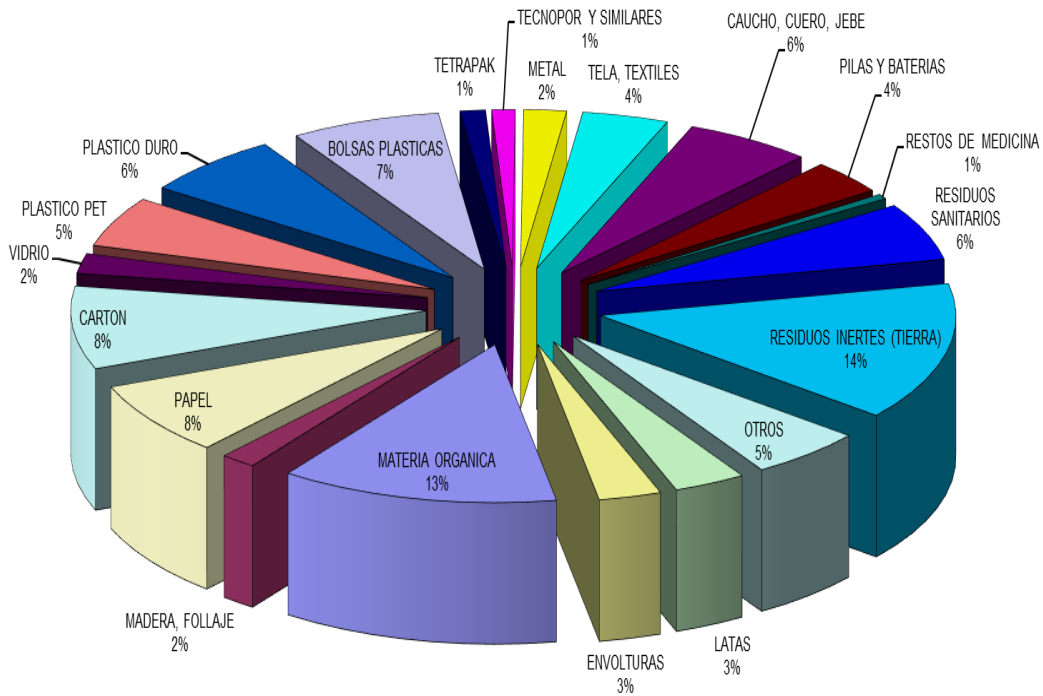


Figura 14 Composición física de residuos sólidos de la localidad de Ocuvi
Fuente: Estudio de caracterización de residuos sólidos (MDO, 2015).

Generación de residuos sólidos municipales.

Para el cálculo de la generación de residuos municipales sólo se tomó la generación de residuos sólidos para el distrito de Ocuvi.

Tabla 10: Generación de residuos sólidos municipales del distrito de Ocuvi

distrito	Generación de residuos sólidos domésticos (Ton/día)	Generación de residuos sólidos municipales (Ton/día)			Total (Ton/día)
		calles	plaza	Ins. publicas	
Ocuvi	0.37	0.08	0.02	0.03	0.50

Fuente: Estudio de caracterización de residuos sólidos (MDO, 2015).

Por lo tanto:

$$G.R.S.M. = 0.50 \text{ Ton/día}$$

Generación de total de residuos sólidos municipales

Es la cantidad total de residuos sólidos municipales, está conformada por la generación de residuos sólidos domésticos municipales y otros residuos municipal del distrito.

Generación de residuos sólidos municipales a disponer

Se estima que desde el inicio de las operaciones se pueda reciclar residuos inorgánicos y utilizar residuos orgánicos equivalentes en conjunto al 30 % del total de residuos generados.

$$G.R.S.M.D. = G.R.S.M. \times \frac{(100-P)}{100}$$

G.R.S.M.D. = Generación de residuos sólidos municipales a disponer (ton/día).

G.R.S.M. = Generación de residuos sólidos municipales (ton/día).

P = Porcentaje de reciclaje de residuos inorgánicos y utilización de residuos orgánicos (Se estima que al inicio de las operaciones se pueda reciclar residuos inorgánicos y utilizar residuos orgánicos equivalentes en conjunto al 30 % del total de residuos generados en la jurisdicción distrital de Ocuviri).

Entonces la generación diaria de residuos sólidos municipales a ser dispuestos (G.D.R.S.M.D.):

$$G.D.R.S.M.D. = 0.50 \text{tn/día} \times \frac{(100-30)}{100} = 0.35 \text{ Ton/día}$$

Entonces la G.T.R.S.M.D. = $0.35 \times 365 = 127.75 \text{ Ton/año}$

Material de segregación = 54 Ton/año

Volumen de residuos compactados

Tenemos que el volumen de residuos sólidos compactados (V.R.S.C.) se calcula de la siguiente manera:

$$V.R.S.C. = G.T.R.S.M.D * DC$$

Dónde:

V.R.S.C. = Volumen de residuos compactados por tonelada $\{m^3/\text{año}\}$

G.T.R.S.M.D. = Generación total de residuos sólidos municipales a disponer (ton/año)

DC = Densidad de residuos sólidos compactados (ton/m^3)

En esta alternativa se usará $0.8 \text{ ton}/\text{m}^3$ para la densidad de residuos sólidos compactados en el relleno, valor que usa el Ministerio del Ambiente para rellenos mecanizados en los diseños del "programa de desarrollo de sistemas de gestión de residuos sólidos en zonas prioritarias"

El volumen de residuos compactados por tonelada (V.R.S.C.T.) es:

$$\text{V.R.S.C.T.} = 182 / 0.8 = 227.50 \text{ m}^3/\text{año}$$

$$\text{V.R.S.C.D.} = 127.75 / 0.8 = 159.61 \text{ m}^3/\text{año}$$

$$\text{V.R.S. REC.} = 67.89 \text{ m}^3/\text{año}$$

Material de cobertura

El material que se extrae, proveniente de la excavación para la infraestructura de disposición final, se coloca a un lado de la zanja para utilizarla como material de cobertura. Los desechos sólidos se depositan, acomodan y compactan dentro de la trinchera para luego cubrirlos con la tierra.

El material de cubierta tiene las siguientes funciones: evitar la proliferación de fauna nociva (como lo son las ratas e insectos), reducir la generación de olores desagradables, evitar la dispersión de los residuos causada por los vientos y conformar una estructura estable y segura de las celdas.

En esta alternativa el material de cobertura será el 20% del volumen de residuos sólidos compactados en el relleno, valor que usa el Ministerio del Ambiente para rellenos mecanizados en los diseños del "Programa de desarrollo de sistemas de gestión de residuos sólidos en zonas prioritarias".

El material de cobertura se calcula de la siguiente manera:

$$\text{M.C.} = 20\% \times \text{V.R.S.C.T.}$$

Dónde:

M.C. = Material de cobertura (m^3)

V.R.S.C. = Volumen de residuos sólidos compactados. (m^3)

$$M.C. = 20\% \times 227.50 = 45.50 \text{ m}^3$$

Volumen de residuos sólidos compactados + material de cobertura

Como resultado nos muestra el volumen necesario anualmente para el relleno sanitario.

$$V = V.R.S.C. + M.C.$$

Dónde:

V = Volumen necesario anualmente del relleno sanitario (m^3)

V.R.S.C.:= Volumen de residuos sólidos compactados (m^3)

M.C. =Material de cobertura (m^3)

$$V = 227.50 + 45.50 = 273.00m^3$$

3.8.2.1.3. Generación de residuos sólidos municipales del distrito de Ocuvi

usando medidas reales.

Para obtener los datos reales de la generación de residuos sólidos municipales del Distrito de Ocuvi, se usó las medidas reales en el campo con el apoyo del personal de limpieza pública, conductor del camión recolector y personal de segregación y de parte muy cordial al personal de la oficina de medio ambiente quienes ellos más colaboraron para la autorización de dicha medida en el campo de la planta de relleno sanitario y de igual manera se realizaron las clasificación de material orgánicos e inorgánicos ya que nos servirá para la composición física de los residuos sólidos. En tal efecto se realizó este estudio durante los dos meses de este año septiembre y octubre.

3.8.2.2. Para el dimensionamiento de una infraestructura de disposición final

mecanizado, en función a los resultado de campo para así comparar con los datos del perfil del proyecto

En este Objetivo es elaborada a partir de la guía técnica de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de rellenos sanitarios mecanizado del ministerio del ambiente. Además se usan los mismos parámetros de diseño de rellenos sanitarios del "programa de desarrollo de sistemas de gestión de residuos sólidos en zonas prioritarias". Considerando el criterio de impacto, el horizonte de evaluación con el que se trabajará el proyecto será de 10 años,

3.8.2.2.1. Población.

La población considerada de diseño es la considerada para el distrito de Ocuvi, provincia de Lampa región Puno.

Tomando como referencia a las tablas 5, 6 y 7. Que indica el crecimiento de la población según a los censos dados por INEI, nos servirá para el dimensionamiento de la infraestructura del relleno sanitario.

3.8.2.2.2. Capacidad de la infraestructura de disposición final

Diseño de taludes

Considerando la poca profundidad de las excavaciones en el área de la infraestructura, los taludes de corte se han definido en 1:1. Para los taludes que formaran los residuos dispuestos en los terraplenes por encima de la superficie original del terreno, se ha definido una inclinación de 1:2 (V: H).

Barrera geológica

La barrera geológica es una capa de suelo natural de baja permeabilidad que se encuentra arriba de la primera capa freática. Lo ideal para la construcción de un relleno sanitario es si el terreno ya dispone de una barrera geológica. Son ideales suelos de:

- Arcilla
- limo, loess
- roca desgredada (morrena)
- terreno margoso 8.

Si el suelo natural tiene una permeabilidad más baja de $k_f = 10^{-6}$ y una espesor de 3 m o más, constituye una buena barrera geológica para un relleno sanitario. El objetivo de preferir un terreno con barrera geológica es:

- Minimizar la cantidad de aguas lixiviadas que se infiltran al suelo, al fin de proteger las capas freáticas
- Ralentizar la difusión de contaminantes en el suelo

- Garantizar que la mayoría de los contaminantes se queden en la proximidad del relleno, incluso si se daña la capa mineral

Capa mineral de base

Para una mejor protección de las aguas subterráneas, es muy importante que se construya una capa mineral impermeable al fondo del relleno sanitario, a fin de impedir la filtración de las aguas lixiviadas hacia las capas freáticas. La mejor solución es una capa impermeable natural, es decir, la construcción del relleno sanitario en un terreno arcilloso. Se recomienda hacer un análisis del suelo durante el procedimiento de selección del terreno y aquí medir el factor de permeabilidad del suelo. Generalmente se considera como impermeable un suelo con un factor $k_f < 10^{-8}$ m/s. Lo ideal sería un factor $k_f < 10^{-9}$ m/s. El análisis de permeabilidad se puede hacer en cualquier laboratorio de suelos de una universidad. En caso de que no exista un laboratorio cercano que pueda realizar el análisis de impermeabilidad, se recomienda una inspección visual aproximada sobre parámetros como: Espesor, contenido de arena, tamaño máxima de partículas y contenido de agua.

Colocación de geomembrana

Se recomienda preparar un plano de colocación, considerando el ancho y el largo de las laminillas. Ese plano debe tener el objetivo de bajar el número de soldaduras al mínimo posible. No se debe juntar más de tres laminillas en un punto, y no se debe hacer soldaduras diagonales. En la figura 03 muestra cómo se deben juntar las laminillas.

Capacidad de la trinchera y las plataformas

El área planteada para habilitar la infraestructura de disposición final de los residuos sólidos, está conformada por un cuadrilátero irregular, que abarca una superficie de 5000 m^2 (0.5000 has.)

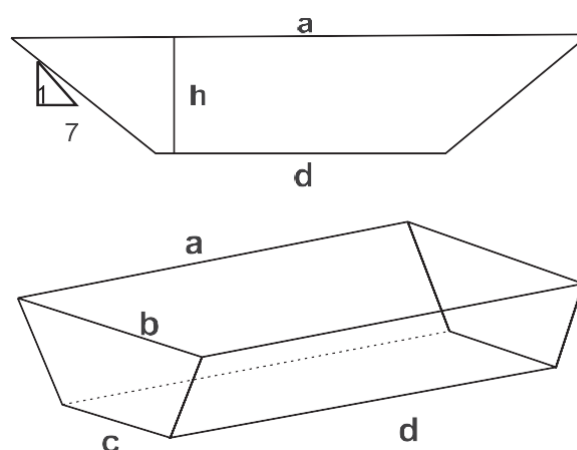
El volumen neto total proyectado de la infraestructura de disposición final será calculado en base a las secciones transversales (base o fondo, taludes de corte y taludes de relleno) definidas para el área de la Infraestructura, se encuentra sustentada con la

información de las áreas de las secciones transversales y volúmenes calculados de corte y relleno.

Vida útil

El cálculo de la vida útil se define comparando el volumen total disponible del terreno con los años correspondiente al valor del acumulado de la suma de los volúmenes de residuos sólidos compactados más el material de cobertura hasta encontrar un valor similar o ligeramente mayor. Este cálculo se afina mediante una regla de tres simple. El volumen acumulado de residuos sólidos y material de cobertura en el relleno sanitario se obtiene de la tabla 11. La forma de la infraestructura está definida con un área de forma trapezoidal de bases 9.70 m y 14.00 m y de largo 22.32 m y 19.34 m, presenta una profundidad promedio de 2.0m y un talud de corte de 1:2, y una altura de 2.0 m, es decir el volumen de la infraestructura es 494.83 m^3 .

Calculo de área y volumen de las celdas.



$$V = \frac{1}{3} h (a*b+c*d+\sqrt{(a * b) * (c * d)})$$

Figura 15 Modelo para cálculo del volumen del relleno sanitario

Dónde:

a = 22.32 m.

b = 14.00 m.

c = 9.70 m.

d = 19.34 m.

h = 2.00 m.

3.8.2.2.3. Diseño de la celda diaria.

Se llama celda a la conformación geométrica que se le da a los residuos sólidos y al material de cubierta (tierra), debidamente compactada mediante equipo mecánico.

Los elementos de una celda son: altura, largo, ancho del frente de trabajo, pendiente de los taludes laterales y espesores del material de cubierta diario y del último nivel de celdas.

El ancho mínimo de las celdas o mínimo frente de trabajo, dependerá de la longitud de la cuchilla y del equipo que se emplee en la construcción de las celdas.

Se definen los siguientes parámetros para el cálculo:

- Nro. Máximo de vehículos que llegan al mismo tiempo (n) = 1
- Distancia entre vehículos (D.V.) = 2m
- Ancho del vehículo (A.V.) = 2.5m
- Ancho de maquinaria de compactación (A.M. C.) = 3m
- Talud de avance de celda (z) = 1/3
- Altura de celda (h) = 2.0 m
- Densidad de residuos sólidos compactado (D) = 0.5 ton/m³

Tabla 11: Generación total de residuos sólidos municipales por año.

N ^a	Año	Año generación total de residuos sólidos municipales (ton/día)
0	2015	0.50
1	2016	0.51
2	2017	0.52

Entonces de la tabla anterior tenemos que el promedio de la generación total de residuos sólidos municipales a disponer durante los dos primeros años será:

Promedio de la generación total de residuos sólidos municipales = 0.505ton/día

Y el volumen a depositar según el promedio de generación total de residuos sólidos municipales y la densidad de compactación es de:

$$V = 0.505 / 0.8 = 0.63 \text{ m}^3/\text{día.}$$

Cálculo de la longitud del frente de trabajo

Definido los parámetros anteriores calculamos la longitud del frente de trabajo, entonces tenemos.

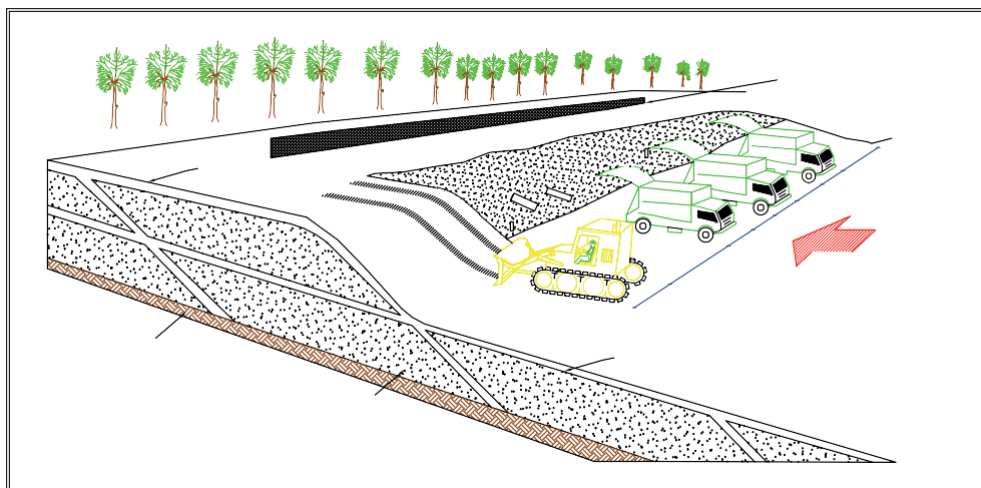


Figura 16 Cálculo frente de trabajo

$$L.F.T. = A.M.C. + AV. \times n + D.V. \times (n-1) + 10$$

Dónde:

L.F.T. : Longitud del frente de trabajo

A-M.C. : Ancho de maquinaria de compactación

AV. : Ancho del vehículo

D.V. : Distancia entre vehículos

n : Nro. Máximo de vehículos que llegan al mismo tiempo

Reemplazando tenemos:

$$L.F.T. = 3 + 2.5 \times 1 + 2 \times (1-1) + 10 = 5.5 + 10 = 15.5 \text{ m.}$$

Cálculo del avance diario

Con la, altura de celda ($h=2.0 \text{ m}$) y el talud de avance de celda ($z=1/3$), se calcula la longitud del talud (L')

$$L' = \frac{h}{Z} \quad \text{Entonces } L' = 6 \text{ m.}$$

Z

El volumen de la celda diaria será calculado con la siguiente fórmula:

$$V = h \times L \times L \times L \times F \times T + \frac{h \times L' \times L \times L \times F \times T}{2} \quad V = 31L + 93$$

$$\text{ENTONCES} \quad L = (V - 93)/31 \quad L = 2.9\text{m}$$

3.8.2.2.4. Generación de lixiviados

Los lixiviados de rellenos sanitarios se producen por la disolución de uno o más compuestos de los residuos sólidos urbanos, en contacto con un disolvente líquido (agua) o por la propia dinámica de descomposición de los residuos. Este lixiviado contiene una gran cantidad de sólidos en suspensión y materia orgánica altamente contaminante.

La guía técnica de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de rellenos sanitarios mecanizado del ministerio del ambiente, sugieren cuatro métodos para calcular la generación de lixiviados:

1. Método racional.
2. Método de balance hídrico.
3. Método de HELP (Hydrologic Evaluation of Landfill Performance).
4. Método Suizo.

Esta generación de lixiviado se calculara con el método Suizo. Este método permite estimar de manera rápida y sencilla el caudal de lixiviado mediante la siguiente ecuación:

$$Q = \frac{P \times A \times K}{T}$$

Dónde:

Q: Caudal medio de lixiviados (l/s).

P: Precipitación media anual (mm/año).

A: Área superficial del relleno (m^2).

t : Cantidad de segundos en un año.

k: Coeficiente respecto al grado de compactación de los residuos sólidos.

k: 0.25- 0.50 :Si: $D_{comp} = 0.4- 0.7 \text{ ton/m}^3$

k: 0.15-0.25 :Si: $D_{comp} > 0.7 \text{ ton/m}^3$

Datos:

P = 688.8 mm/año (SENAMHI) Porque está más cerca de Ocuvi.

Asup = 5000 m² (Del Estudio Topográfico)

K = 0.2

T = 31536000 seg/año

Tabla 12: Precipitación mensual durante los años 2013, 2014 y 2015.

ESTACION	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
Cabanillas	151.8	135.8	110.8	43.8	6.1	2.4	1.7	7.5	17.6	35.1	55.4	102.0	670.0
Ayaviri	141.7	120.1	104.6	45.7	8.3	3.7	2.1	6.9	15.0	56.2	79.5	105.0	688.8

Elaborado: Dirección regional de Puno –SENAMHI

Reemplazando:
$$Q = \frac{688.8 \times 5000 \times 0.2}{31536000}$$

$$Q = 0.022 \text{ l/seg.}$$

Tubería de drenaje

Si es económicamente factible, el sistema ideal de drenaje consiste en tubos perforados que se colocan dentro de la capa de piedra bola o grava. Estos tubos deben ser colocados al fondo de la capa, como lo muestra la figura 7, para de permitir que todas las aguas se percolen al interior del tubo. Es importante que exista una capa de filtro (geotextil, helecho, saquillo extendido u otro material equivalente) para evitar que se colmaten los tubos.

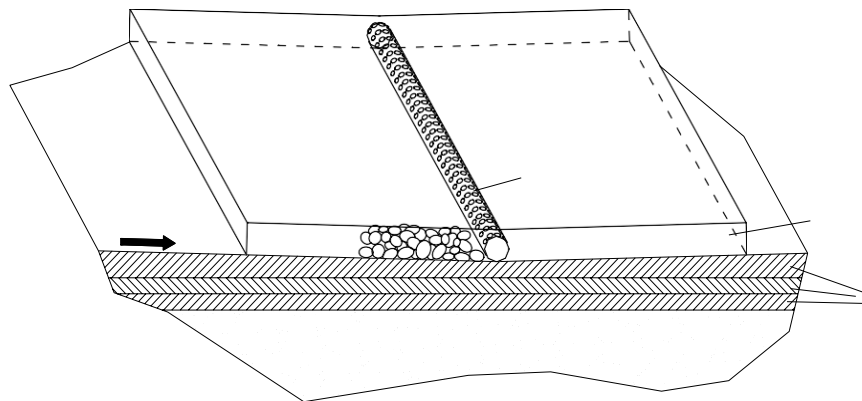


Figura 17 Tubería de sub drenaje

3.8.2.2.5. Volumen de poza de lixiviados

El volumen de lixiviado se estima con la siguiente ecuación:

$$V=Qxt$$

Dónde:

V : Volumen de lixiviado por almacenar (m^3)

Q : Caudal medio de lixiviado (m^3/mes)

t : N° máximo de meses con lluvias consecutivas (meses)

Los tanques de retención están diseñados para almacenar el lixiviado de 1 a 3 días durante el pico de producción máxima. Considerando el caudal anterior y asumiendo que se necesitara una poza para tres días, reemplazando en la ecuación anterior obtenemos:

$$V=0.022 \times 259200$$

$$V = 5702.4 = 5.702 m^3$$

Se usan tanto tanques de metal como de plástico para este fin, aunque los tanque de plástico son más resistentes a la corrosión que los de metal no tratado (guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario mecanizado)

Dónde:

Profundidad : h

Borde libre : b

Profundidad Total : H

Talud : z

Ancho inferior : a

Largo inferior : I

Ancho superior : $A=a+2xhxz$

Largo superior : $L = 1+2hz$

Ancho superior total : $At = a+2hz+2bz$

Largo superior total : $Lt = 1+2hz+2bz$

Área inferior de lixiviado : $Aj= axl$

Área superior de lixiviado : $As=AxL$

Numero de pozas de lixiviado : N

$$\text{Volumen Total de lixiviado} \quad : \quad V1 = \frac{N \cdot h \cdot (A_i + A_s + \sqrt{A_i + A_s})}{3}$$

El cálculo de las dimensiones se realiza colocando valores diferentes a: la cantidad de pozas de lixiviado, la profundidad, el borde libre, el talud, el ancho inferior y el largo inferior. Por lo tanto para calcular las dimensiones se considera lo siguiente:

Numero de pozas de lixiviado	= 1
Profundidad (h)	= 2.0m
Borde libre (b)	= 0.5 m
Talud (z)	= ½ y 1
Ancho inferior (a)	= 2.0 m
Largo inferior (l)	= 4.0 m

El cálculo culmina cuando el volumen total de lixiviado sea mayor o igual al volumen de lixiviado que será almacenado. Entonces tenemos:

Profundidad total (H = b+h)	= 2.5 m
Ancho superior (A = a+2hz)	= 4.0 m
Largo superior (L = l+2hz)	= 6.0 m
Ancho superior total (At = a+2hz+2bz)	= 6.0 m
Largo superior total (Lt = l+2hz+2bz)	= 6.0 m
Área inferior de lixiviado	= 6.0 m ²
Área superior de lixiviado	= 36.0 m ²
Volumen total de lixiviado	= 32.3 m ³

El cálculo culmina cuando el volumen total de lixiviado (32.3 m³)

3.8.2.2.6. Área de zanja para el lixiviado

Para el dimensionamiento de los drenes se utiliza el método de Wilkins, comúnmente utilizado para diseño de canales con medio granular en su interior:

$$V = 52.45 \times P \times R h^{0.5} \times J^{0.25}$$

Dónde:

V: Velocidad media de flujo (cm/s)

P: Porosidad del medio granular

Rh: Radio hidráulico del medio granular (cm).

J: Pendiente del dren 0.02 m/m.

Tabla 13: Rangos de valores estimados de la porosidad del medio granular

ROCA	POROSIDAD (%)
Arcillas	40 a 60
Limos	35 a 50
Arenas finas, arenas limosas	20 a 50
Arena gruesa o bien clasificada	21 a 50
Grava	25 a 40
Arenisca	5 a 35
Calizas, dolomías no clasificadas	1 a 25
Calizas, dolomías clasificadas	5 a 50
Rocas ígneas y metamórficas sin fracturar	0.01 a 1
Rocas ígneas y metamórficas fracturadas	1 a 10

FUENTE: (Sanders, 1998)

De la tabla anterior se elige para el dimensionamiento, la porosidad de roca tipo grava de porosidad 40%.

El radio hidráulico del medio granular se lo calcula con la siguiente expresión:

$$Rh = (P \times Ds) \frac{1}{6(1 - P)}$$

Dónde:

Ds: Diámetro promedio del material granular (cm)

P: Porosidad del medio granular.

El diámetro promedio de material granular (Ds), es de 10 cm, entonces:

$$Rh = (0.40 \times 10) \frac{1}{6(1 - 0.40)}$$

$$Rh = 1.11 \text{ cm}$$

Tenemos:

$$V = 52.45 \times P \times Rh^{0.5} \times J^{0.25}$$

$$V = 52.45 \times 0.4 \times 1.11^{0.5} \times 0.02^{0.25}$$

La velocidad media de flujo será de V= 8.32 cm/s, ó 0.083 m/s.

Ahora, tenemos:

$$Q = A \times V$$

Q : Caudal (m³/s)

A : Área (m^2)

V : Velocidad media de flujo (cm/s)

Entonces:

$$0.000022 = A \times 0.083$$

$$A = 0.00027 \text{ m}^2$$

Este dren resultante es muy pequeño, y constructivamente imposible de realizarlo, por lo que en la práctica es conveniente instalar un dren de mayor sección.

3.8.2.2.7. Drenaje vertical para gases

De los residuos sólidos a disponerse en el relleno sanitario, el 56.18% corresponde a materia orgánica, la cual por efecto de la descomposición anaerobia producen emisiones gaseosas, las cuales están compuestas por diferentes tipos de gases.

Los gases tienden a acumularse en los espacios vacíos dentro del relleno; aprovechan cualquier fisura del terreno y permeabilidad de la cubierta para salir. Por lo tanto, es necesario llevar a cabo un adecuado control de generación y migración de estos gases.

El gas del relleno se dispersa en el suelo, donde el metano puede dañar a las raíces de las plantas, impidiendo el suministro de oxígeno y aire a las plantas.

Por lo mencionado anteriormente para facilitar la salida de los gases del interior del relleno sanitario, se ha dimensionado la ubicación y geometría de chimeneas conforme las recomendaciones de la bibliografía especializada, como se resume a continuación:

- Se ubicarán en forma de cuadrícula con un espaciamiento de aproximadamente 30 m entre ellas, sobre los drenajes de lixiviados en la base del relleno.
- La sección del dren de gas será cilíndrica de 0.60 m de diámetro. A su interior se colocará piedra bola de 0.05 a 0.30 m de diámetro. Los cilindros se van superponiendo verticalmente de acuerdo al crecimiento vertical en la disposición final de los residuos y distribuidos en forma equidistante cada 30 m como máximo.
- En el extremo superior del dren vertical, se instala el quemador para posibilitar la combustión controlada de los gases que pudieran emanar.

En los planos, se muestra la ubicación- de las chimeneas y detalles constructivos de su instalación.

OBSERVACIONES: Puesto que en esta evaluación se ha visto que debería de contar esta construcción pero en la realidad y en la actualidad no cuenta con este partida ya que en los planos y expediente técnico consta la construcción. Estas observaciones detallan en los planos y fotos actuales después de la construcción.

3.8.2.2.8. Sistema de drenaje pluvial

El sistema de drenaje estará formado por cunetas construidas en la parte superior del relleno es necesario para evitar que llegue a la masa de los residuos más agua que la proveniente por la precipitación fluvial, y también al mejoramiento de las condiciones para la operación del relleno. Para que de esta forma darle salida lo más rápido posible para que escurra fuera de las áreas de trabajo.

El procedimiento del diseño del sistema de drenaje pluvial o zanja de interceptación es el siguiente:

1. Realizar una investigación en el campo, analizando la topografía, característica del suelo y vegetación.
2. Analizar el plano topográfico, seleccionando la curva de nivel que sea adecuada para colocar la zanja. La zanja siempre debe ser trasladada en la curva de nivel para garantizar una velocidad máxima que no provoque erosión excesiva.
3. Determinar la velocidad de diseño en la zanja. Dentro de las limitaciones impuestas por la topografía, la ruta exacta de una zanja queda definida por las pendientes que pueden tolerarse o admitirse. La pendiente excesiva puede producir una velocidad suficiente para causar erosión en la plantilla de la zanja. La velocidad con la cual se iniciará la erosión depende del material del lecho. En el cuadro siguiente se presenta a las velocidades máximas permisibles en zanjas:

Tabla 14: Velocidad máxima y mínima permisible según material de canal.

Material	Velocidad máxima agua limpia /m/s)	Velocidad máxima agua que transporta limos coloidales	Velocidad máxima (m/s)

		(m/s)	
Arena fina coloidal	0.45	0.75	0.30
Marga arenosa no coloidal	0.50	0.75	0.30
Marga limosa no coloidal	0.60	0.90	0.30
Limos aluviales no coloidales	0.60	1.05	0.30
Marga firme ordinaria	0.75	1.05	0.30
Ceniza volcánica	0.75	1.05	0.30
Arcilla rígida	1.15	1.50	0.30
Limos aluviales coloidales	1.15	1.50	0.30
Esquistos y subsuelos de arcilla dura	1.80	1.80	0.30
Grava fina	0.75	1.50	0.30
Marga graduada a cantos rodados, no coloidales	1.15	1.50	0.30
Limos graduados a cantos rodados coloidales	1.20	1.65	0.30
Grava gruesa no coloidal	1.20	1.80	0.30
Cantos rodados y ripio de cantera	1.50	1.65	0.30
Mampostería junteada	2.50	3.00	0.30
Concreto	3.00	3.50	0.30

Fuente: Normas y lineamientos técnicos para las instalaciones de agua potable, agua tratada, drenaje sanitario y drenaje pluvial de los fraccionamientos y condominios de las zonas urbanas del Estado de Querétaro. México 2013.

De la tabla nro. 14. elegimos el material arcilla rígida, las velocidades en la zanja para los 2 drenes serán de:

Velocidad máxima agua limpia = 1.15 m/s

Velocidad máxima agua que transporta limos coloidales = 1.50 m/s

Velocidad mínima = 0.30 m/s.

4. Generalmente para calcular la intensidad de lluvia se realiza un análisis de correlación lineal múltiple, mediante la siguiente ecuación

$$i = j * T^h$$

$$d^r$$

Dónde:

i : Intensidad de lluvia (mm/h)

T : Periodo de retorno (años)

d : Duración (minutos)

j,h,r : Características regionales

Esta ecuación es la que genera las conocidas curva intensidad duración - Periodo de retorno. Estas curvas sirven para obtener intensidades de lluvia para diferentes periodos de retorno y diferentes duraciones.

Analizando los datos meteorológicos del sitio tenemos que la estación meteorológica del SENAMHI más cercana a la ubicación del Relleno Sanitario, es la Estación Convencional Meteorológica Cabanillas y Ayaviri, como se muestra en la siguiente fotografía:

Tabla 15. Precipitación máxima en 24 horas por mes (1965 - 2012)

ESTACION	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Cabanillas	15.2	15.9	16.2	14.1	11.1	2.4	1.7	1.5	3.1	8.5	12.3	14.1
Ayaviri	16.8	16.5	16.4	14.6	12.1	3.7	2.1	1.9	3.6	8.9	13.1	14.6

Fuente: Dirección Regional de Puno -SENAMHI

Del cuadro anterior se obtuvo la precipitación máxima en 24 horas durante el mes de febrero (16.5 mm).

Tabla 16: Precipitación diaria durante el mes de febrero (1965 - 2012)

Día	Precipitación mm		Precipitación Diaria mm
	7 Horas	19 Horas	
1	0	0	0
2	0	0	0
3	0	0	0
4	0	1.9	13.4
5	11.5	3	13.1
6	10.1	30.5	16.5
7	30.3	2.6	2.6
8	0	0	0
9	0	0	1.6
10	1.6	0	0.2
11	0.2	0	0
12	0	8.6	8.7
13	0.1	2	2
14	0	0	1.2
15	1.2	0	2.1

16	2.1	0.9	0.9
17	0	0.3	0.3
18	0	0	0
19	0	0	0
20	0	0	0
21	0	0	0
22	0	0	0
23	0	3.5	3.5
24	0	0	0
25	0	0	0
26	0	0	0
27	0	0	0
28	0	0	0

Fuente: Dirección regional de Puno -SENAMHI

Del cuadro anterior verifica que el 6 de febrero se obtuvo la precipitación máxima durante 24 horas, también se muestra que durante la medición de las 19 horas, se tiene 30.5 mm de precipitación.

Se va a tomar la intensidad de lluvia del 6 de febrero del 2012, que es de 30,5 mm.

$i = 30.5 \text{ mm/hora}$

5. Determinar el coeficiente de escurrimiento "k", usando el siguiente cuadro:

Tabla 17: Valores empíricos para obtener el coeficiente de escurrimiento (k).

Topografía y vegetación	Tipo de suelo		
	Tierra Arenosa	Limo arcilloso	Arcilla pesada
Bosques			
Plano	0.10	0.30	0.40
Ondulado	0.25	0.35	0.50
Pronunciado	0.30	0.50	0.60
Pradera			
Plano	0.10	0.30	0.40
Ondulado	0.16	0.36	0.55
Pronunciado	0.22	0.42	0.60
Terrenos de cultivo			
Plano	0.30	0.50	0.60
Ondulado	0.40	0.60	0.70
Pronunciado	0.52	0.72	0.82

Fuente: Reglamento nacional de edificaciones. Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento, Lima. Junio 2006.

Nota:

- Plano : (0-5%) pendiente.
- Ondulado : (5-10%) pendiente.
- Pronunciado : (>10%) pendiente.

Entonces el coeficiente de escurrimiento para un tipo de suelo limo arcilloso y un terreno de cultivo pronunciado es de:

$$k = 0.72$$

6. Luego se debe calcular el máximo escurrimiento en la zanja (Q), en metros cúbicos por segundo, según la fórmula racional:

$$Q = \frac{k \cdot i \cdot Ad}{3.6 \cdot 10^6}$$

Dónde:

- K : Coeficiente de escurrimiento
- I : Intensidad de la lluvia para una duración igual a te (mm/hora)
- Ad : Área de la cuenca (m²)

7. Seleccionar la sección transversal de la zanja. Las zanjas de tierra son generalmente trapezoidales. El siguiente cuadro muestra los taludes típicos para zanjas no revestidas, según el material de excavación.

Tabla 18: Taludes típicos para zanjas no revestidas según material de excavación.

Material de excavación	Talud (horizontal : vertical)
Roca firme	1/4: 1
Roca fracturada	1/2 :1
Suelo firme	1 : 1
Migajón gravoso	1 1/2: 1
Suelo arenoso	2 1/2 : 1

8. Se empleará la siguiente sección típica de forma transversal para el drenaje pluvial:

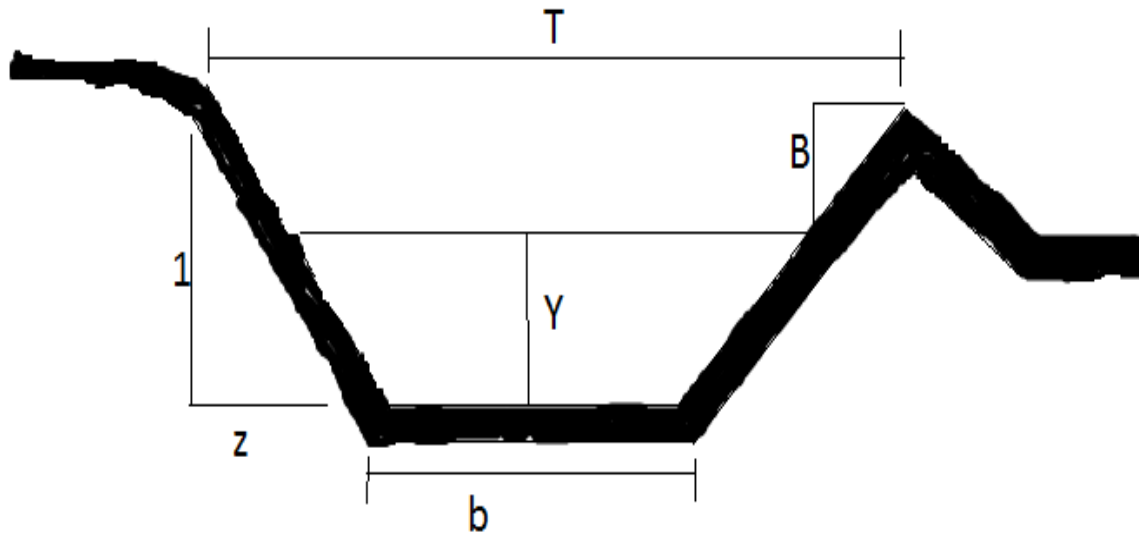


Figura 18. : Sección transversal de la zanja.

Dónde:

T : ancho superficial (m)

Y : tirante

B : base del trapecio

Z : talud

B : borde libre

Además tenemos que:

- Área superficial: $A = (b + z * y) * y$

- Perímetro mojado: $P = b + 2 * y * \sqrt{1 + z^2}$

- Radio Hidráulico: $R = \frac{(b + z * y) * y}{b + 2 * y * \sqrt{1 + z^2}}$

- Ancho superficial: $T = b + 2 * z * y$

Para calcular las dimensiones tenemos que calcular la profundidad y que la velocidad se encuentre dentro del rango (0.30 m/s - 1.50 m/s).

Conociendo la ecuación de Manning:

$$\frac{Q_{xn}}{s^{1/2}} = A * R^{2/3}$$

Q : Caudal (m^3/s)

n : Coeficiente de rugosidad

s : Pendiente en la base del canal (m/m)

A : Área superficial (m)

R : Radio Hidráulico

El coeficiente de rugosidad (n) se obtiene a partir del cuadro siguiente:

Tabla 19: Valores del coeficiente de rugosidad (n).

TIPO DE CANAL	MINIMO	NORMAL	MAXIMO
A. CONDUCTO CERRADO CON ESCURRIMIENTO PARCIALMENTE LLENO			
A.1. METALJCOS			
a. Bronce pulido	0.009	0.010	0.013
b. Acero			
soldado	0.010	0.012	0.014
con remaches	0.013	0.016	0.017
c. Metal corrugado			
sub- dren	0.017	0.019	0.021
dren para aguas lluvias	0.021	0.024	0.030
A.2 NO METALJCOS			
a. Concreto			
Tubo recto y libre de residuos	0.010	0.011	0.013
Tubo con curvas, conexiones	0.011	0.013	0.014
Bien terminado	0.011	0.012	0.014
Tubo de alcantarillado con cámaras, entradas	0.013	0.015	0.017
Tubo con moldaje de acero.	0.012	0.013	0.014
Tubo de moldaje madera cepillada	0.012	0.014	0.016
Tubo con moldaje madera en bruto	0.015	0.017	0.020
b. Madera			
Duelas	0.010	0.012	0.014
Laminada y tratada	0.015	0.017	0.020
c. Albañilería de piedra	0.018	0.025	0.030
8. CANALES REVESTIDOS			
8.1 METAL			
a. Acero liso			
sin pintar	0.011	0.012	0.014
pintado	0.012	0.013	0.017
b. Corrugado	0.021	0.025	0.030
8.2 NO METALICO			
a. Madera			
Sin tratamiento	0.010	0.012	0.014
Tratada	0.011	0.012	0.015

Planchas	0.012	0.015	0.018
b. Concreto			
afinado con plana	0.011	0.013	0.015
afinado con fondo de grava	0.015	0.017	0.020
sin afinar	0.014	0.017	0.020
excavado en roca de buena calidad	0.017	0.020	
excavado en roca descompuesta	0.022	0.027	
c. Albañilería			
piedra con mortero	0.017	0.025	0.030
piedra sola	0.023	0.032	0.035
C. EXCAVADO			
a. Tierra, recto y uniforme			
nuevo	0.016	0.018	0.020
grava	0.022	0.025	0.030
con algo de vegetación	0.022	0.027	0.033
b. Tierra, sinuoso			
sin vegetación	0.023	0.025	0.030
con malezas y pasto	0.025	0.030	0.033
maleza tupida, plantas	0.030	0.035	0.040
Fondo pedregoso - malezas.	0.025	0.035	0.040
c. Roca			
suave y uniforme	0.025	0.035	0.040
irregula	0.035	0.040	0.050
d. Canales sin mantención			
maleza tupida	0.050	0.080	0.120
Fondo limpio, bordes con vegetación	0.040	0.050	0.080

Fuente: Hidráulica de Canales (Chow, 1994)

El coeficiente de rugosidad del canal es excavado y de tierra sin vegetación, entonces:

$$n = 0.025$$

Cálculos para el dren

Realizamos la aproximación mediante ensayo y error, estableciendo lo siguiente:

$$b = 0.6 \text{ m}$$

$$n = 0.025$$

$$Q = 0.35623 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$S = 0.0004 \text{ m/m}$$

$$z = 1.0$$

Entonces a partir de los datos establecidos y la parte de la izquierda de la ecuación de Manning tenemos:

$$\frac{Q_{xn}}{S^{1/2}} = 0.445$$

Luego se asume valores al tirante (y) y se calcula el factor de sección $A \times R^{2/3}$. Se hacen varias iteraciones hasta que el valor calculado de $A \times R^{2/3}$ sea igual a 0.445, luego el valor del tirante supuesto para la iteración más cercana es la profundidad normal. Este cálculo se muestra en el siguiente cuadro:

Tabla 20: Cálculo del tirante y velocidad del Dren.

y	A	R	$R^{2/3}$	$A \cdot R^{2/3}$	Velocidad m/s
0.40	0.40	0.23	0.38	0.152	0.30
0.45	0.47	0.25	0.40	0.188	0.32
0.50	0.55	0.27	0.42	0.231	0.34
0.55	0.63	0.29	0.44	0.277	0.35
0.60	0.72	0.31	0.46	0.331	0.37
0.65	0.81	0.33	0.48	0.389	0.38
0.66	0.83	0.34	0.48	0.398	0.39
0.69	0.89	0.35	0.50	0.445	0.40
0.70	0.91	0.35	0.50	0.455	0.40
0.71	0.93	0.36	0.50	0.465	0.40

Entonces tenemos para el dren

$$y = 0.69 \text{ m}$$

$$v = 0.40 \text{ m/s}$$

$$T = 1.98 \text{ m}$$

3.8.2.2.9. Tratamiento de aguas lixiviadas

Tratamiento por laguna de evaporación.

Esta es una de las alternativas más sencillas para el manejo de lixiviado. En esta alternativa, el lixiviado se almacena en un estanque o laguna de evaporación. (En circunstancias ideales, el estanque se revestiría adecuadamente con material o membrana impermeable). La tasa de evaporación, desde luego, depende las condiciones climáticas. En caso que hubiera una época de lluvias intensas, el estanque debe estar diseñado para retener el volumen asociado de líquido o, si la práctica lo permite, puede estar cubierto con una membrana impermeable. La tasa de evaporación

puede aumentarse al rociar el lixiviado sobre la superficie del relleno sanitario en funcionamiento y sobre las áreas terminadas. Aunque el rociado aumenta la tasa de evaporación, el proceso puede generar olores, así como aerosoles que pueden contener bacterias.

La evaporación también puede aumentarse al calentar el lixiviado a través de un intercambiador de calor. En caso que haya un sistema para la colección del gas del relleno sanitario, puede usarse el gas como fuente de energía para el proceso de evaporación. De otro modo, debe buscarse otra fuente de energía. Esta opción puede ser costosa en un país en desarrollo sin reservas de combustibles fósiles. Además, se debe tener mucho cuidado con el control de las potenciales emisiones de compuestos volátiles así como con el manejo de la corrosión y la contaminación de las superficies de transferencia de calor.

3.8.2.3. Plantear las recomendaciones de mejora para evitar el pronto colapso de la infraestructura de relleno sanitario.

Para este proceso de investigación se planteó a partir de la guía técnica de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de rellenos sanitarios mecanizado del ministerio del ambiente, usando medidas reales determinadas en campo como:

- Caracterización de residuos sólidos que indique lo siguiente: Generación per cápita, incremento de la generación per cápita, generación de otros residuos sólidos municipales, como: residuos comerciales, residuos de barrido, residuos de mercados y residuos de maleza, y su incremento.
- Porcentaje de Cobertura de recolección de residuos sólidos.
- Proyección de la cobertura de residuos sólidos.
- Cantidad de residuos sólidos orgánicos aprovechables.
- Cantidad de residuos sólidos inorgánicos aprovechables.
- Proyección de la cantidad de residuos sólidos orgánicos e inorgánicos aprovechables.
- Porcentaje de material de cobertura, calculado en el relleno sanitario de Ocuvi.

Generación de residuos sólidos municipales a disponer

Una vez ya teniendo los datos de la composición física de los residuos sólidos para el distrito de Ocuvi en donde la materia orgánica más los residuos sanitarios serán los residuos compactados. Y en el mes de septiembre tenemos materia orgánica: 70% y

residuos sanitarios 2%, para el mes de Octubre tenemos materia orgánica: 70% y residuos sanitarios 3% ósea haciendo un promedio de 72.5% de volumen de residuos a compactarse y un 27.5% de porcentaje de reciclamiento de residuos sólidos.

$$G.R.S.M.D. = \frac{G.R.S.M. \times (100-P)}{100}$$

$$G.D.R.S.M.D. = \frac{0.54\text{tn/día} \times (100-27.5)}{100} = 0.392 \text{ Ton/día}$$

Participación de las diferentes instituciones involucradas para la mejora de clasificación de residuos sólidos.

Para garantizar la óptima funcionamiento de la planta de residuos sólidos se ha considerado de vital importancia el involucramiento y la concertación de todos los actores del distrito; principalmente con los actores sociales ubicados dentro del área de influencia directa, la misma que sería coordinado mediante la municipalidad distrital de Ocuvi.

Municipalidad distrital de Ocuvi. Implementar las capacitaciones constantes para el desarrollo del distrito, brindando charlas permanentes en la gestión de residuos sólidos desde la prestación de los servicios de recolección, transporte de residuos sólidos, segregación y disposición final.

Instituciones educativas de nivel inicial, primario y secundario. Desarrollan actividades educativas relacionados a la educación ambiental – incorporan el enfoque ambiental según la normativa del MINEDU las instituciones educativas de nivel secundario tienen una asignatura de ciencia tecnología y medio ambiente a través de ello educar a la población y poner en práctica.

Puesto de salud de Ocuvi y microred Llalli. Desarrollan programas de promoción de la salud abordando tema de saneamiento ambiental dando charlas y capacitaciones en el uso correcto de clasificación de residuos sólidos.

Empresa minera ciemsa (consorcio de ingenieros ejecutores mineros S.A.). Empresa extractivista de polimetales, cuenta con su área de responsabilidad social, con

quienes se debería coordinara las acciones para la implementación en el manejo de residuos sólidos empezando desde la capacitaciones de los trabajadores en el manejo de residuos sólidos.

Empresa minera aruntani SAC. Empresa minera extractiva dedicada a la explotación del oro, cuenta con su área de responsabilidad social, con quienes se debería coordinara las acciones para la implementación capacitaciones constante en el manejo y clasificación de residuos sólidos.

Población en general. Adopción de hábitos y costumbres que permita lograr y conservar un ambiente saludable, desde la clasificación de residuos en distintas bolsas.

Control de contaminación ambiental: Aplicación de un programa permanente de monitoreo de los sistemas de control y tratamiento de los gases y lixiviados.

Contar con un equipo para incendios y disponer la acumulación de suficiente material de cobertura (tierra u otro material inerte) para controlar la generación de fuego accidental, el cual no genera impactos ya que los materiales ya estarán disponibles.

Trabajos de saneamiento: Realizar trabajos de fumigación y desratización en el área del relleno sanitario para evitar la proliferación de enfermedades, el impacto de este aspecto es debido a la eliminación de fauna y flora en proceso de sucesión ecológico.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. GENERACIÓN PER CÁPITA, PRODUCCIÓN DE RESIDUOS DOMÉSTICOS, PORCENTAJE DE RESIDUOS DOMÉSTICOS, COBERTURA Y PORCENTAJE DE APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS ORGÁNICOS E INORGÁNICOS, EN FUNCIÓN A LOS HABITANTES.

4.1.1. Generación total de residuos sólidos municipales a disponer, según al estudio del perfil del proyecto de la municipalidad de Ocuvi

Se considera que la cantidad de habitantes en la zona urbana según el estudio. "Ampliación y mejoramiento de la gestión integral de residuos sólidos en el distrito de Ocuvi Provincia de Lampa", permanece constante durante el periodo de diseño. De igual manera se comparó con el último censo 2017 donde solo varía de 2 habitantes a lo proyectado. Lo cual todo indica que se mantiene constante.

Dentro de los resultados más resaltantes se evidencia en la Tabla 21, donde se obtienen los datos de la proyección de población y la generación de residuos sólidos municipales del mismo perfil de proyecto. Porque a través de estos datos se realizó un nuevo cálculo para la obtención del volumen total residuos sólidos municipales para cada año como se muestra en la columnas.

(6) = (5)/0.8, dentro de esta columna se está demostrando el volumen total obtenidos de los residuos sólidos municipales por año.

(7) = (6)*20%, se muestra el material de cobertura a emplearse si no se realiza el proceso de clasificación.

8) = (6) + (7), es el volumen total de residuos sólidos municipales a disponerse en el relleno sanitario sin la realización de clasificación de residuos.

(9) = (6)*70%, dentro de esta columna se demuestra que el volumen a disponerse solo sería el 70% del volumen total obtenido, según al perfil de proyecto.

(10) = (6)*30%, es volumen de residuos reciclados del total de volumen obtenidos para hacer el reusó en otras cosas.

(11) = (9)*20% material de cobertura desde la clasificación del volumen de residuos al 70% de su disposición.

(12) = (9) + (11). Es el volumen total de residuos sólidos al 70% de su clasificación para su disposición final.

Tabla 21: Cálculo de la generación de residuos sólidos municipales a disponer

Nº (1)	AÑO (2)	POB LAC. HAB (3)	GTR SM (ton/día) (4)	GTR SM (ton/año) (5)	VTRS MC (m ³ /año) (6)	MAT. COBERT. RT. 20%MC (m ³ /año) (7)	VTRSM D = VTRSC + 20%MC (m ³ /año) (8)	VRS M C al 70% (m ³ /año) (9)	VRS M Segr. al 30% (m ³ /año) (10)	MAT. COBERT. RT (m ³ /año) (11)	VTRS C + 20%MC al 70% (m ³ /año) (12)
0	2015	994	0.50	182	227	45	273	159	68	32	191
1	2016	1018	0.51	186	232	46	551	162	70	32	386
2	2017	1043	0.52	190	237	47	836	166	71	33	585
3	2018	1068	0.53	193	242	48	1126	169	73	34	788
4	2019	1093	0.54	198	247	49	1423	173	74	35	996
5	2020	1119	0.55	202	252	50	1725	177	76	35	1208
6	2021	1146	0.56	206	257	51	2034	180	77	36	1424
7	2022	1174	0.58	210	263	53	2350	184	79	37	1645
8	2023	1202	0.59	215	269	54	2672	188	81	38	1870
9	2024	1230	0.60	219	274	55	3000	192	82	38	2100
10	2025	1260	0.61	224	280	56	3336	196	84	39	2335

4.1.2. Volumen de residuos sólidos y material de cobertura según a los cálculos realizados del perfil de proyecto del distrito de Ocuvi.

Se está demostrando la diferencia de volumen total residuos sólidos municipales, cabe indicar que en la columna (6) es el acumulado del volumen total de residuos sólidos sin aplicar el proceso de clasificación de residuos y en la columna (10) se muestra el acumulado del volumen de residuos sólidos al 70% si se aplicaría el proceso de clasificación de residuos, siendo esta comparación en la columna (11) nos muestra una diferencia de volumen por año que no ingresaría a la celda de infraestructura si se haría el correcto uso de clasificación de residuos sólidos.

Tabla 22: Volumen de residuos sólidos y material de cobertura según los datos del perfil de proyecto

		volumen de residuos solidos								
Nº (1)	AÑO (2)	VTR SMC (m³/año) (3)	MAT . COBERT 20% MC (m³/año) (4)	VTRS MD = VTRS C + 20%M C (m³/año) (5)	Acumulado (m³/año) (6)	VRS MC al 70% (m³/año) (7)	MAT. COBERT (m³/año) (8)	VTRS C + 20%M C al 70% (m³/año) (9)	Acumul ado (m³/año) (10)	Diferencia de Acumul ado (m³/año) (11)
0	2015	227	45	273	273	159	32	191	191	82
1	2016	232	46	278	551	162	32	195	386	165
2	2017	237	47	285	836	166	33	199	585	251
3	2018	242	48	290	1126	169	34	203	788	338
4	2019	247	49	296	1423	173	35	208	996	427
5	2020	252	50	303	1725	177	35	212	1208	518
6	2021	257	51	309	2034	180	36	216	1424	610
7	2022	263	53	315	2350	184	37	221	1645	705
8	2023	269	54	322	2672	188	38	226	1870	802
9	2024	274	55	329	3000	192	38	230	2100	900
10	2025	280	56	336	3336	196	39	235	2335	1001

DISCUSIONES. dentro de la Tesis al planteamiento de problema y los antecedentes mencionados ya con los resultados obtenidos en la Tabla 21 y 22, donde el volumen total de residuos sólidos municipales para el año 2015 es de $227m^3$ de los cuales el volumen de residuos a depositar sería solo $159m^3$ y volumen de residuo clasificado sería $68m^3$. Todo hace indicar que según al diseño para el primer año se necesitaba solo un volumen de infraestructura de $191m^3$, si se hubiera hecho un buen trabajo de clasificación de residuos puesto como ya mencionamos en el planteamiento de problema nunca se practicó este trabajo pese a que está considerado dentro del plan de estudios del proyecto. Lo que se depositó era los $273 m^3$ y un volumen innecesario de $82 m^3$ a la celda del relleno sanitario, que ha sido proyectado a 10 años sería $1001m^3$ de residuos innecesario hacia la infraestructura por no poner en práctica la clasificación de residuos sólidos.

4.1.3. Clasificación física de residuos sólidos con datos reales durante el mes de septiembre y octubre del 2018.

Es un trabajo realizado en el campo con el apoyo del equipo de la oficina de medio ambiente de Ocuwiri y personal de limpieza para la obtención de datos reales a través del proceso de medición del peso total de residuos sólidos empleando las maquinarias pesadas para realizar el debido trabajo de los materiales se realizó en dos meses septiembre y octubre dos veces a la primera semana y dos veces a la última semana. Y se muestra en las Tablas 23 y 24, y la composición porcentual en las figuras 19 y 20. Para este caso como material a reciclaje se tomó en cuenta solo a botellas de vidrio, metales, botellas de plástico, latas y plásticos duros para realizar el pesaje de residuos reciclados.

La tabla 23 muestra los trabajos realizados en el mes de septiembre la primera y la última semana del mes, ya que la generación de residuos sólidos municipales, en este distrito solo se hace el recojo de residuos dos veces a la semana martes y sábado, mayor proporción de residuos son los días martes debido a que los días domingo es su feria comercial lo cual que genera mayor cantidad de residuos en las calles donde se expende la feria dominical.

Tabla 23 Clasificación física de residuos mes de septiembre

Tipo de residuos solidos	Martes 2.07ton.	Martes 2.01ton.	Sábado 1.69ton.	Sábado 1.70ton.	GTRSM Ton/mes
Materia Orgánica	1.50	1.39	1.17	1.16	5.22
Botellas de Vidrio	0.10	0.09	0.10	0.08	0.37
Metales	0.11	0.1	0.11	0.14	0.46
Botellas de Plástico	0.12	0.11	0.08	0.09	0.40
Bolsas de Plástica	0.08	0.15	0.10	0.09	0.42
Latas	0.05	0.06	0.05	0.04	0.20
Residuos Sanitarios	0.02	0.03	0.05	0.05	0.15
Plásticos Duros	0.09	0.08	0.03	0.05	0.25
GRSM. Por Ton.	2.07	2.01	1.69	1.70	7.47

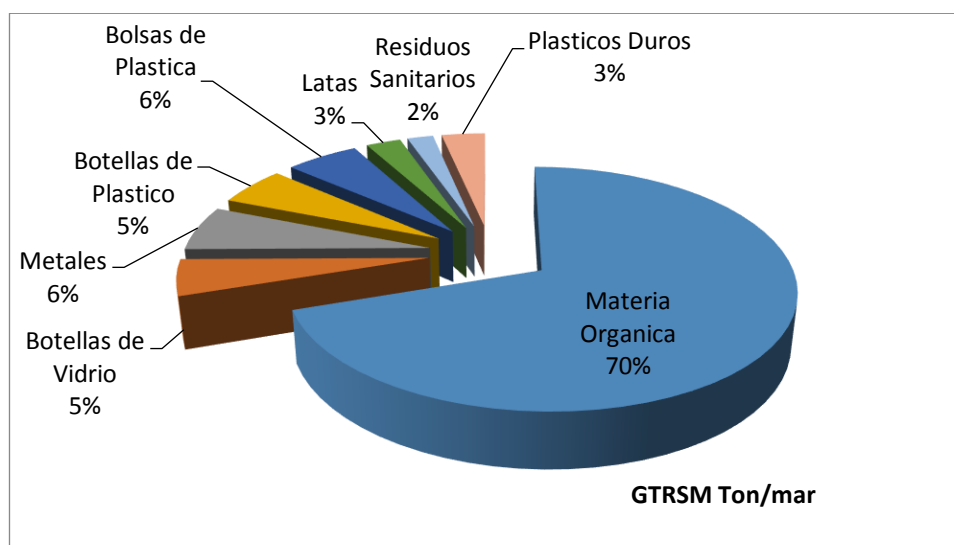


Figura 19 Composición física de residuos mes de septiembre

Fuente: Estudio Propio en campo 2018

Tabla 24 Clasificación de residuos mes de octubre

Tipo de residuos solidos	Martes 2.03ton.	Martes 2.05ton.	Sábado 1.74ton.	Sábado 1.73ton.	GTRSM Ton/mes
Materia Orgánica	1.47	1.50	1.10	1.15	5.22
Botellas de Vidrio	0.09	0.08	0.11	0.12	0.40
Metales	0.10	0.09	0.12	0.12	0.43
Botellas de Plástico	0.11	0.10	0.10	0.08	0.39
Bolsas de Plástica	0.09	0.11	0.11	0.08	0.39
Latas	0.06	0.05	0.06	0.06	0.23
Residuos Sanitarios	0.04	0.05	0.06	0.06	0.21
Plásticos Duros	0.07	0.07	0.04	0.06	0.24
GRSM. Por ton.	2.03	2.05	1.70	1.73	7.51

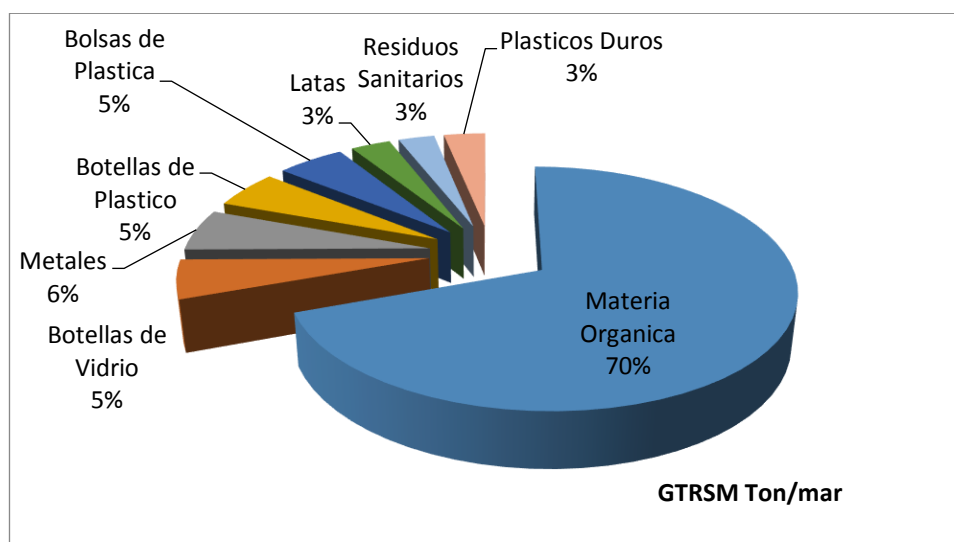


Figura 20 Composición física de residuos mes de octubre

La Tabla 25 se muestra los datos obtenidos en los meses de septiembre y octubre que tiene una generación de residuos sólidos municipales de 0.54ton/día lo cual este dato se aplicara para el presente estudio para todo el año 2018 y la proyección de la población se trabajara según a los censos de los años 2007 y 2017, que se mantiene constante y trabajar a partir del año de su funcionamiento de la infraestructura construida. En la columna (5) nos muestra el volumen total de residuos sólidos recolectados, columna (6) es volumen de residuos sólidos considerado para la disposición final según a la clasificación de residuos que viene a ser un 72.5%, columna (7) son los residuos segregados para su reusó que es un promedio de 27.5% y la columna (8) sería el volumen de residuos sólidos municipales a disponer que ingresaría hacia el relleno sanitario.

4.1.4. Generación de residuos sólidos municipales a disponer según a los datos obtenidos en campo durante los meses de estudios de cuantificación.

Tabla 25. Generación de residuos sólidos municipales a disponer

N ^a (1)	AÑO (2)	GTRSM D (ton/ día) (3)	GTRS MD (ton/ año) (4)	VTRC (m ³ / año) (5)	VRS D al 72.5% (m ³ / año) (6)	VRS Segregad os al 27.5% (m ³ / año) (7)	VTRSM D GRSD+2 0%MC (m ³ / año) (8)	Acumula do (m ³ /año) (9)
1	2016	0.51	186	232	168	64	202	202
2	2017	0.52	190	237	172	65	206	408
3	2018	0.54	197	246	179	68	214	623

4	2019	0.54	198	247	179	68	215	838
5	2020	0.55	202	252	183	69	219	1057
6	2021	0.56	206	257	187	71	224	1281
7	2022	0.58	210	263	190	72	229	1509
8	2023	0.59	215	269	195	74	234	1743
9	2024	0.60	219	274	198	75	238	1981
10	2025	0.61	224	280	203	77	243	2225

4.1.5. Volumen de residuos sólidos y material de cobertura según a los datos obtenidos durante los meses de estudio de cuantificación.

Tabla N° 27 se está demostrando que en la columna (6) es el volumen total acumulado de residuos sólidos cuando no se practica el proceso de clasificación y en la columna (10) es el volumen total acumulado realizando el proceso de clasificación de residuos sólidos, en la columna (11) se muestra la diferencia de volumen que no ingresaría a la infraestructura del relleno sanitario si se hace su correcto uso del relleno sanitario tendría una vida útil mayor.

Tabla N° 26: Volumen de residuos sólidos y material de cobertura según los datos reales

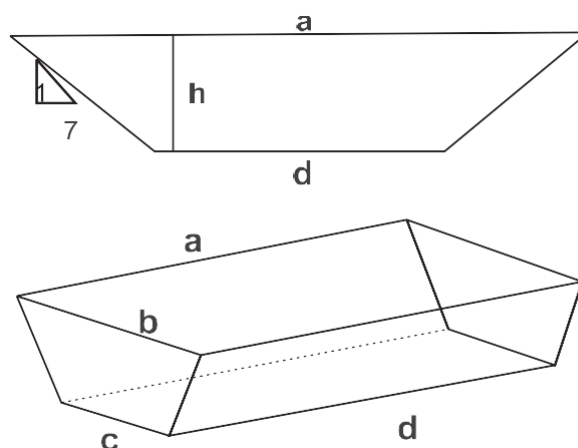
N° (1)	AÑO (2)	VT RS MC (m ³ / año) (3)	MAT. COBERT 20% MC (m ³ / año) (4)	VTRS MD = VTRS C + 20%M C (m ³ / año) (5)	Acumulado (m ³ / año) (6)	VRS MC al 72.5 % (m ³ / año) (7)	MAT. COBERT (m ³ / año) (8)	VTRS C + 20%M C al 72.5% (m ³ / año) (9)	Acumulado (m ³ / año) (10)	Diferencia de Acumulado (m ³ / año) (11)
1	2016	232	46	278	278	162	32	195	195	84
2	2017	237	47	285	563	166	33	199	394	169
3	2018	246	49	296	859	172	34	207	601	258
4	2019	247	49	296	1155	173	35	208	809	347
5	2020	252	50	303	1458	177	35	212	1021	437
6	2021	257	51	309	1767	180	36	216	1237	530
7	2022	263	53	315	2082	184	37	221	1457	625
8	2023	269	54	322	2404	188	38	226	1683	721
9	2024	274	55	329	2733	192	38	230	1913	820
10	2025	280	56	336	3068	196	39	235	2148	921

DISCUSIONES: Según a los problemas y antecedentes planteadas en este objetivo es el mal manejo de la gestión integral de residuos sólidos ya que entro en funcionamiento la

infraestructura del relleno sanitario de Ocuvi en el mes de Octubre del 2016 debería de colapsar en Marzo o Abril del 2019 no la primera semana de Diciembre del 2018. Esto nos hace ver que no se está trabajando o dando el uso correcto de su funcionamiento del relleno sanitario, tal como se mencionó no se está practicando la clasificación de residuos sólidos, por no contar cuenta con los EPPs adecuados el personal que trabaja en esta área, falsa expectativa del diseñador al manifestar que cada celda tiene una proyección de 5 años y un volumen de más de $1000m^3$ comparando con los datos reales en el campo y con los datos del estudio del proyecto del año 2015 no hay mucha diferencia.

4.2. REALIZAR EL DIMENSIONAMIENTO PARA UNA INFRAESTRUCTURA DE DISPOSICIÓN FINAL MECANIZADO, EN FUNCIÓN A LOS RESULTADO DE CAMPO PARA ASÍ COMPARAR CON LOS DATOS DEL PERFIL DEL PROYECTO.

4.2.1. Calculo de área y volumen de las celdas.



$$V = \frac{1}{3} h (a*b+c*d+\sqrt{(a * b) * (c * d)})$$

Dónde:

$$a = 22.32 \text{ m.}$$

$$b = 14.00 \text{ m.}$$

$$c = 9.70 \text{ m.}$$

$$d = 19.34 \text{ m.}$$

$$h = 2.00 \text{ m.}$$

$$V = \frac{1}{3} 2(22.32*14+9.7*19.34+\sqrt{(22.32 * 14) * (9.7 * 19.34)})$$

$$V = \frac{1}{3} 2(500.08+242.17) \text{ entonces } V = 494.83 \text{ m}^3$$

4.2.2. Volumen necesario para el relleno sanitario según a los cálculos realizados del perfil del proyecto.

A partir de los datos obtenidos en el Objetivo n°1, se planteó el dimensionamiento de la infraestructura construida, previo a esto respondiendo las inquietudes según al planteamiento de problema y antecedentes con que cuenta el actual planta de residuos sólidos en el distrito de Ocuviari, cabe indicar que según al perfil de proyecto se construyó 2 celdas para el relleno sanitario en 2015 donde manifiesta que cada celda está proyectada para un promedio de 5 años y puesto en funcionamiento en Octubre del 2016, y a inicios de Diciembre 2018 este primer celda colapso, motivo por el cual se realizó el recalculó de dimensionamiento de la infraestructura utilizando las dimensiones existente en los planos del perfil del proyecto y basándonos en la guía del diseño de relleno sanitario del ministerio de vivienda y obteniendo como resultado un volumen de infraestructura de 494.83m^3 ., que según a la Tabla 23 la vida útil lo aplicaremos para el volumen total de residuos sólidos municipales columna (6) y el volumen total del 70% de residuos sólidos municipales. Columna (10)

Volumen de la infraestructura = 494.83 m^3 .

Para este caso se aplica cuando no se realiza la respectiva clasificación de residuos sólidos, y trabajaremos con la columna (6) de la tabla 22.

AÑO	ACUM
2015	273
2016	551
2017	836

Nª Días **Volumen (m3)**
 365 $551 - 273 = 278 \text{ m}^3$
 X $495 - 273 = 222 \text{ m}^3$

Entonces; $X = 292 \text{ Días} = 0.80 \text{ Años}$. Entonces sería 1.80 años, esto se daría cuando no se hace el respectivo clasificación de residuos.

Si se aplicaría la clasificación correcta de residuos sólidos como se muestra en la tabla 22, que el material a segregarse es el 30% y el material a compactarse es el 70% entonces la vida útil de la infraestructura sería como sigue para lo cual de la misma tabla utilizaremos los resultados de la columna (10)

AÑO	ACUM
2015	191
2016	386
2017	585

Volumen de la infraestructura = 494.83 m^3 .

Nº Días	Volumen (m3)
365	$585 - 386 = 199 \text{ m}^3$
X	$495 - 386 = 109 \text{ m}^3$

Entonces; $X = 200 \text{ Días} = 0.54 \text{ Años}$. Entonces sería 2.54 Años

DISCUSIONES. En el objetivo N°2, se planteó a partir perfil de proyecto existente donde indica que la infraestructura construida tendría un promedio de 5 años de vida útil cada celda y las 2 celdas construidas eran proyectadas para los 10 años y volumen de infraestructura de más de 1000m^3 cada uno. Ya con los resultados reales obtenidos solo se encontró que la vida útil de cada infraestructura construida sería 1.8 años esto sin aplicar la clasificación de residuos sólidos y 2.54 años aplicando el proceso de clasificación de residuos, lo curioso es que recién después de 2 años y 2 meses de funcionamiento la primera celda está en proceso de cierre debido al colapso de residuos sólidos, lo que no se sustenta que tenga un volumen de más de 1000m^3 tampoco una vida útil de 5 años cada celda. De igual manera preocupa como indica en el planteamiento de problema que la geomembrana cubre encima de la mampostería de piedra que este sufre cortes al momento de la descarga en que se emplea en el relleno sanitario esto se puede evidenciar claramente en los Anexos de las fotografías puesto que el camión compactador descarga material de todo tipo que al momento de descarga provoca cortes en la geomembrana. Según a este estudio se evidencia clara filtración de los lixiviados por otra parte la poza de lixiviación se ve que ha sido construido por dentro con arcilla lo cual sufre un proceso de filtración hacia el interior del río.

4.2.3. Volumen necesario para el relleno sanitario según a los cálculos obtenidos de la cuantificación de residuos sólidos durante los meses de estudio en campo.

Se trabajó a partir de los datos obtenidos en campo de la cuantificación de residuos sólidos tal como se indica en la tabla 26 y en la columna (10) A partir del año 2016 ya que fue en ese año el funcionamiento del dicho infraestructura.

AÑO	ACUM
2016	195
2017	394
2018	601

Volumen de la infraestructura = $494.83 m^3$.

N ^a Días	Volumen (m ³)
365	$601 - 394 = 207 m^3$
X	$495 - 394 = 101 m^3$

Entonces; $X = 178 \text{ Días} = 0.48 \text{ Años}$. ENTONCES SERIA 2.48AÑOS

DISCUSIONES. se planteó a partir perfil de proyecto existente donde indica que la infraestructura construida tendría un promedio de 5 años de vida útil cada celda y las 2 celdas construidas eran proyectadas para los 10 años y volumen de infraestructura de más de 1000m³ cada uno. Ya con los resultados reales obtenidos solo se encontró que la vida útil de cada infraestructura construida sería 1.8 años esto sin aplicar la clasificación de residuos sólidos y 2.54 años aplicando el proceso de clasificación de residuos, lo curioso es que recién después de 2 años y 2 meses de funcionamiento la primera celda está en proceso de cierre debido al colapso de residuos sólidos, lo que no se sustenta que tenga un volumen de más de 1000m³ tampoco una vida útil de 5 años cada celda. De igual manera preocupa como indica en el planteamiento de problema que la geomembrana cubre encima de la mampostería de piedra que este sufre cortes al momento de la descarga en que se emplea en el relleno sanitario esto se puede evidenciar claramente en los Anexos de las fotografías puesto que el camión compactador descarga material de todo tipo que al momento de descarga provoca cortes en la geomembrana. Según a este estudio se evidencia clara filtración de los lixiviados

por otra parte la poza de lixiviación se ve que ha sido construido por dentro con arcilla lo cual sufre un proceso de filtración hacia el interior del rio.

4.3. PLANTEAR LAS RECOMENDACIONES DE MEJORA PARA EVITAR EL PRONTO COLAPSO DE LA INFRAESTRUCTURA DE RELLENO SANITARIO.

Se planteó a partir de los actores involucrados como son las diferentes instituciones públicas y privadas que se encuentran en el distrito de Ocuvi, quienes están obligados en capacitar en tema de educación ambiental con referencia al manejo adecuado de residuos sólidos.

Volumen de residuos compactados y reciclados

Tenemos que el volumen de residuos sólidos compactados (V.R.S.C.) se calcula de la siguiente manera:

Para este cálculo obtenemos de la siguiente manera $0.54\text{tn}/\text{día} * 365\text{días} = 197.10\text{Tn}$.

El volumen de residuos compactados por tonelada (V.R.S.C.T.) es:

$$V.T.R.S.C. = \frac{197.1}{0.8} = 246.37 \text{ m}^3$$

Donde VRSMC = $246.37 * 72.5\% = 178.6 \text{ m}^3$ y

VRSM Clasificado = $246.37 * 27.5\% = 67.75 \text{ m}^3$

4.3.1. Volumen de Material Compactado y la Diferencia Usando el Proceso de Reciclaje

De igual manera para este resultado se formuló en la tabla 26 donde hace la comparación si un relleno sanitario de cómo funciona si se da el debido uso correcto así como en el reciclamiento esto nos ayudaría más aun la vida útil de las celdas del relleno sanitario

V. CONCLUSIONES

Se buscó evaluar el diseño de la infraestructura de Relleno Sanitario para la localidad de Ocuvi, partiendo a partir del perfil de proyecto de ampliación de limpieza pública en la localidad de Ocuvi y realizando la pesaje de residuos sólidos y el recalcu de las celdas de la infraestructura tomando la norma de la guía del diseño de relleno sanitario del ministerio del ambiente, planteando 3 objetivos.

Conclusiones por objetivos.

Objetivo N° 1. De la composición física promedio de residuos sólidos en el distrito de Ocuvi el valor porcentual de la materia orgánica es de 47.26%. Los residuos como papel, cartón, plástico, vidrio, metales y textiles suman 53.17%, de residuos potencialmente reciclables. Con los datos obtenidos en el perfil de proyecto realizado en el año 2015 el estudio de caracterización de los residuos orgánicos e inorgánicos, la generación de residuos municipales es de 0.50Ton/Día, para la proyección de la población se tomó en consideración los censo del año de INEI 1993 Y 2007.

En este objetivo sea visto que el volumen total de residuos sólidos municipales a disponer es en su totalidad, esto se debe a que no se emplea el proceso de clasificación o segregación de los residuos sólidos según el año 2015 el volumen de la infraestructura estaría siendo compactado un total de $227m^3$ a esto se agrega el 20%MC entonces sería $V_{TRSM} = 273m^3$, y también se demostró según a la guía de diseño de relleno sanitario del ministerio de vivienda que el volumen total de residuos sólidos a disponer solo sería el 70% y el 30% sería los residuos reciclados, aplicando este cálculo para el 2015 el volumen que estaría recibiendo la infraestructura al 70% sería de $159m^3 + 20\%MC = 191m^3$ lo que indica aplicando bien el proceso de clasificación de residuos sólidos tendríamos un volumen innecesario depositado en la infraestructura de $82m^3$.

Objetivo N° 2. Se planteó con los datos del perfil de proyecto y con los datos obtenidos en el objetivo n°1, ya que el proyecto indica que los 2 celdas a construidas tiene una vida útil de 5 años cada uno y con volumen de almacenaje de más de $1000m^3$. y a pasar los 2 años y 2 meses colapso, motivo por el cual se recalcu aplicando la guía técnica de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de rellenos sanitarios mecanizado del ministerio del ambiente. Además se usan los mismos parámetros de

diseño de rellenos sanitarios del "Programa de desarrollo de sistemas de gestión de residuos sólidos en zonas prioritarias". Encontrando como el volumen de la Infraestructura construida de $494.83 m^3$. Lo indignante es como se calculó en el estudio del proyecto si la cantidad de población y generación de residuos sólidos se mantiene constante.

Una vez encontrado el volumen real de cada celda del relleno sanitario se demostrados en los resultados si no se practica el proceso de clasificación de residuos superara $551 m^3$ al fin del periodo del año 2016. Si se realiza el proceso de clasificación el volumen total de residuos sólidos municipales a disponer más el material de cobertura ascendería $585m^3$. al fin del periodo del año 2017. Lo que indica que no cumple por ningún lado a la proyección de 5 años cada uno de las celdas ya construidas.

Objetivo N° 3.

Según la presente investigación se ha estimado que la otra celda del relleno sanitario existente excederá su capacidad aprobada actual para Diciembre 2020 a Mayo 2021 esto dependerá el tiempo del uso correcto de segregación de residuos sólidos. Se estima que la población de Ocuvi necesita una infraestructura construida de un volumen $2200m^3$ a $3100m^3$ dependiendo del uso correcto para continuar prestando servicios hasta el año 2025. Lo que indicaría hasta el 2025 se debe construir 4 celdas más si se mantiene la misma dimensión de la infraestructura.

VI. RECOMENDACIONES

Realizar la sensibilización a la población por parte de la oficina de medio ambiente de la municipalidad para que puedan hacer la clasificación de residuos desde los hogares para que en el campo se pueda hacer el proceso de clasificación más sencilla y rápida, de esta manera obtener parámetros actualizados e importantes como: producción per cápita, porcentaje de incremento o disminución de la producción per cápita, composición física promedio de residuos sólidos, cantidad de residuos orgánicos y cantidad de residuos inorgánicos.

Sin el seguimiento, monitoreo y fortalecimiento del Programa de Recolección Selectiva de residuos sólidos aprovechables, existe una gran posibilidad de perder lo avanzado. Esto trae consigo un impacto directo en el relleno sanitario, ya que si en la Localidad de Ocuvi se deja de reciclar disminuirá la vida útil de esta infraestructura. En tal sentido se debe impulsar la organización de recicladores informales a formales, para que aumente la cantidad de residuos sólidos aprovechables. Así mismo hacer uso de las instalaciones para compostaje en el relleno sanitario, para el aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos.

Para determinar el volumen de lixiviados que se genera en el relleno sanitario considerar para otros estudios lo siguiente:

- Agua proveniente de la precipitación.
- Humedad en los residuos sólidos que ingresan al relleno sanitario.
- Agua en el material de cobertura que se coloca sobre los residuos sólidos.
- Capacidad del campo de un relleno sanitario.
- Agua utilizada en la formación del gas del relleno sanitario.
- Agua perdida como vapor saturado con el gas del relleno sanitario.
- Humedad perdida debido a la evapotranspiración.

Se recomienda continuar los planes de monitoreo existentes para aguas subterráneas, aguas superficiales, lixiviados, manejo de gaviotas y monitoreo de vegetación posterior al cierre. La Región implementará un plan de monitoreo luego de la instalación de las plantaciones vegetativas propuestas para evaluar las vistas de las operaciones de relleno de St. George Park. La Región también se compromete a continuar sus planes de contingencia para aguas subterráneas y superficiales.

Realizar en los distritos en cuestión campañas de sensibilización de gran impacto positivo sobre reducción y reuso de residuos sólidos en la fuente.

VII. REFERENCIAS

- Asante-Annor, A., Konadu, S. A., & Ansah, E. (2018). Determination of Potential Landfill Site in Tarkwa Area Using Multi-Criteria GIS, Geophysical and Geotechnical Evaluation. *Journal of Geoscience and Environment Protection*, Vol.06No.10, 27. doi:10.4236/gep.2018.610001
- MINAM. (2018). *Guia para caracterizacion de residuos solidos municipales (R.M. N° 457-2018-MINAM*. Lima: Ministerio del Ambiente.
- Palma, E. (2017). *Diagnostico para el Dimensionamiento de un Relleno Sanitario de los Residuos Sólidos Municipales en el Distrito de Qolquemarca Provincia de Chumbivilcas* (Bs), Universidad Nacional San Agustín, Arequipa. Retrieved from <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/2786>
- MINAM. (2017a). *Decreto Supremo N° 04-2017-MINAM, Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias*. Lima: Ministerio del Ambiente, Peru.
- MINAM. (2017b). *Decreto Supremo N° 014-2017-MINAM, Aprueban Reglamento del Decreto Legislativo N° 1278, Decreto Legislativo que aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos*. Lima: Ministerio del Ambiente, Peru.
- Meegoda, J. N., Hettiarachchi, H., & Hettiaratchi, P. (2016). Landfill Design and Operation. In J. W. C. Wong (Ed.), *Sustainable Solid Waste Management*: ASCE.
- Townsend, T. G. (2015). Sustainable Practices for Landfill Design and Operation. In T. G. Townsend (Ed.), *Waste Management Principles and Practice*. New York: Springer Science+Business Media.
- DNPBM. (2015). *Estrategia Nacional de Infraestructura, Sector Residuos Sólidos*. Bogotá - Colombia: Departamento Nacional de Planeación y Banco Mundial.
- MDO. (2015). *Estudio Mejoramiento de Servicio Público del Distrito de Ocuvi*. Ocuvi, Puno: Municipalidad Distrital de Ocuvi.
- MDY. (2015). *Proyecto Mejoramiento del Servicio de Gestión Integral de Residuos Sólidos Municipales en la Zona Urbana del Distrito de Yanahuara Proyecto Mejoramiento del Servicio de Gestión Integral de Residuos Sólidos Municipales en la Zona Urbana del Distrito de Yanahuara*. Arequipa: Municipalidad Distrital de Yanahuara.
- Avendaño Acosta, E. F. (2015). *Panorama Actual de la Situación Mundial, Nacional y Distrital de los Residuos Sólidos: Analisis del caso Bogota D.C. Programa Basura Cero*. (Bs), Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Bogotá - Colombia. Retrieved from <http://hdl.handle.net/10596/3417>

- Khandve, P. V., & Harle, S. N. (2014). Solid waste management in Amravati city and it's impact on community health. *IJPRET*, 2(9), 75-82.
- Collazos, H. (2013). *Diseño y Operación de Relleno Sanitario*. Bogotá. Bogotá - Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería.
- USACE. (2013). *Landfill Gas Collection and Treatment System, EM 200-1-22*. USA: U.S. Army Corps of Engineers.
- Yazdani, M., Monavari, M., Omrani, G. A., Shariat, M., & Hosseini, M. (2013). The Evaluation of Municipal Landfill Sites in North of Iran through Comparing BC Guideline and Iran Legislation. *Journal of Environmental Protection*, Vol.04No.08, 7. doi:10.4236/jep.2013.48095
- Smahi, D., Fekri, A., & Hammoumi, O. E. (2013). Environmental Impact of Casablanca Landfill on Groundwater Quality, Morocco. *International Journal of Geosciences*, Vol.04No.01, 10. doi:10.4236/ijg.2013.41017
- CEAMSE, e. u. (2012). *Conservación y Protección de los Espacios Públicos de parte de la Generación de Residuos Domiciliarias*.
- Koerner, R. (2012). *Design with geosynthetics* (6th ed. Vol. 2). Upper Saddle River: Pearson Prentice Hall.
- MINAM-, G. (2011). aspectos demograficos. In. lima. peru: Universidad de los Andes. Facultad de Economía Segunda Edición.
- MINAM. (2011). *Guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario manual*. Lima: Ministerio del Ambiente Peru Retrieved from <http://www.minam.gob.pe/calidadambiental/residuos>.
- Roman, G. A. (2011). *Evaluación del diseño de la infraestructura de disposición final de residuos sólidos del ámbito Municipal de Cajamarca*. (Bs), Universidad Nacional de Ingeniería, Lima. Retrieved from <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/3626>
- Armas, Y., & Yaselga, G. (2005). *Estudio de la Evaluación de Impactos Ambientales que Generará la Construcción del Relleno Sanitario de San Miguel de Ibarra, en el Sector las Tolas de Socapamba*. (Bs), UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE, QUITO ECUADOR Retrieved from <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/830>
- ISWA. (2005). *Field Procedures Handbook for the Operation of Landfill Biogas Systems* Denmark: International Solid Waste Association - Working Group for Sanitary Landfills.
- Williams, P. T. (2005). *Waste Treatment and Disposal* (2nd ed.): John Wiley & Sons.

ANEXOS

Anexo A: Informe sobre selección de terrenos para la implementación de una planta de tratamiento de residuos sólidos.

Anexo B: Generación de gastos mensuales por recojo de residuos solidos

Anexo C: Fotografías de la infraestructura.

- Fotografía C1 : Fotografías antes de la construcción de la planta RR.SS.

- Fotografía C2 : Fotografías después de la construcción de la planta RR.SS.

Anexo D: Presupuesto y valorización del proyecto

Anexo E: Relación de planos.