



ADENDA NO. 001

**A LA CONVOCATORIA ABIERTA PROYECTOS DE INCENTIVO AL
APROVECHAMIENTO Y TRATAMIENTO DE RESIDUOS SOLIDOS – IAT**

VIGENCIA 2024

La Alcaldía de Cartagena de Indias Distrito Turístico y Cultural:

CONSIDERANDO

1. Que con fundamento en los Decretos: 1077 de 2015, 802 de 2022 y la Resolución 0547 de 2022, el Distrito de Cartagena de Indias dio apertura a la Convocatoria Pública para la "Asignación de Recursos del Incentivo y Tratamiento (IAT) para financiar Proyectos de Aprovechamiento y de Tratamiento de Residuos Sólidos en la Vigencia 2024".
2. Que a efectos de garantizar la mayor participación de interesados, desde la Oficina de Servicios Públicos de la Secretaría General de Alcaldía de Cartagena, se realizaron el 21 de mayo y el 3 de julio pasados, dos Jornadas de Socialización sobre los fundamentos legales y el alcance los proyectos.
3. Que se ha considerado necesario realizar una serie de precisiones en relación con los temas tratados en dichas jornadas de socialización y sobre las inquietudes formuladas y conversadas con los asistentes a dichas jornadas de socialización.
4. Que la Alcaldía de Cartagena de Indias se encuentre en término para emitir la presente adenda, toda vez el cierre para la recepción de los proyectos es el 30 de julio de 2024.

En virtud de lo anterior, se realizan las siguientes precisiones las cuales se entienden en lo sucesivo incorporadas en la Convocatoria Pública para la "Asignación de Recursos del Incentivo y Tratamiento (IAT) para financiar Proyectos de Aprovechamiento y de Tratamiento de Residuos Sólidos en la Vigencia 2024".

- 1) En relación con el numeral V. **LUGAR Y PLAZO PARA LA PRESENTACION DE LOS PROYECTOS, DE LA CONVOCATORIA PUBLICA,** el mismo quedará así:

"El Distrito ha dispuesto que las personas prestadoras de las actividades principales o complementarias del servicio público de aseo, interesadas en acceder a los recursos del incentivo al aprovechamiento y tratamiento de residuos sólidos (IAT)

interesadas en participar, deberán radicar sus proyectos en cualquiera de las siguientes direcciones dispuestas para ello así:

PRESENTACION DEL PROYECTO EN FISICO

- Ventanilla única ubicada en el centro plaza de la Aduana, Palacio Municipal. Primer piso.
- Se recomienda que una vez presentada la documentación en la ventanilla única, podrá enviarse la constancia de presentación con el código de registro y la copia del proyecto a la dirección de correo electrónico: iatproyectos@caragena.gov.co

PRESENTACION DEL PROYECTO POR MEDIO DE CANALES DIGITALES

- El proyecto podrá radicarse en la dirección de correo electrónico: iatproyectos@caragena.gov.co.
- Registro PQRSDF Alcaldía Distrital de Cartagena de Indias: [http://cartagena.gov.co/Atencion-y-Servicio a la Ciudadanía/PQRSDF](http://cartagena.gov.co/Atencion-y-Servicio-a-la-Ciudadanía/PQRSDF)

El Plazo establecido para la presentación de los proyectos es hasta el treinta (30) de julio de dos mil veinticuatro (2024) a las 4 pm (horario de cierre para la recepción de los proyectos)

Los proyectos radicados con posterioridad a este plazo, ya sea o por medio físico o en medio digital no podrán ser evaluados.

2) DEL CONCEPTO EMITIDO POR EL MINISTERIO DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO

El Distrito de Cartagena de Indias, ante inquietudes recibidas realizó una solicitud de consulta al Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, sobre los siguientes puntos.

PREGUNTADO: “¿Cuáles son las calidades que deben ostentar las personas que presenten proyectos para acceder a los recursos para el Incentivo al Aprovechamiento y Tratamiento de Residuos Sólidos – IAT?”

CONTESTADO: “El Incentivo al Aprovechamiento y Tratamiento de Residuos Sólidos fue creado por el artículo 88 de la Ley 1753 de 2015, y se encuentra reglamentado mediante el Decreto 802 del 16 de mayo de 2022 “Por el cual se sustituye el capítulo 7, al título 2, de la parte 3, del libro 2, del Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda,

Ciudad y Territorio, Decreto 1077 del 26 de mayo de 2015, que reglamenta parcialmente el artículo 88 de la Ley 1753 de 2015, en lo referente al incentivo al aprovechamiento de residuos sólidos y se dictan otras disposiciones”.

En relación con la presentación de proyectos para acceder a los recursos de dicho incentivo, el Decreto 1077 de 2015 establece lo siguiente:

“ARTICULO 2.3.2.7.9. Presentación de los proyectos. las personas prestadoras de las actividades principales y complementarias del servicio público de aseo, interesadas en acceder a los recursos del Incentivo al Aprovechamiento y Tratamiento de Residuos Sólidos (IAT), deberán radicar sus proyectos en la secretaría general o la dependencia que haga sus veces del respectivo ente territorial, cumpliendo con los requisitos exigidos por el 1° Por el cual se establecen los objetivos, estructura, funciones del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio y se integra el Sector Administrativo de Vivienda, Ciudad y Territorio.” con fecha de presentación máxima hasta el 30 de julio de cada año”.

En ese sentido, y respondiendo de manera concreta a su pregunta, la reglamentación vigente establece que los proyectos deben presentarse por personas que ostenten la calidad de prestadoras del servicio público de aseo, lo cual excluye a los terceros que no tengan esta naturaleza. Al respecto vale anotar que, el numeral 31 del artículo 2.3.2.1.1. del Decreto 1077 de de 20152, define a las personas prestadoras del servicio público de aseo3 de la siguiente manera: “ARTÍCULO 2.3.2.1.1. Definiciones: Adóptense las siguientes definiciones (..) 31. Persona prestadora del servicio público de aseo. Es aquella encargada de una o varias actividades de la prestación del servicio público de aseo, en los términos del artículo 15 de la Ley 142 de 1994 y demás que la modifiquen o complementen. (..)” (El subrayado es nuestro)

PREGUNTADO “¿Es viable asignar recursos por el Incentivo del Aprovechamiento y Tratamiento de Residuos Sólidos – IAT, a aquellas empresas cuyos proyectos cumplan con la totalidad de especificaciones técnicas establecidas en el Resolución 547 de 2022 y que se encuentren domiciliadas en un municipio diferente a Cartagena de Indias?”

CONTESTADO: “Tal como se manifestó en la respuesta anterior, la normatividad que reglamenta lo relativo al incentivo de aprovechamiento y tratamiento, solo limita la presentación de proyectos, a que sean presentados por personas que ostenten la calidad de prestadores del servicio público de aseo; independientemente del lugar en el cual tengan su domicilio principal. En ese sentido, es viable asignar recursos del Incentivo de aprovechamiento y tratamiento a personas prestadoras del servicio público de aseo, que no se encuentren domiciliadas en un municipio al que presentan el proyecto.

No obstante, es pertinente aclarar que el artículo 2.3.2.7.13. del Decreto 1077 de 2015 establece la obligación a las personas prestadoras beneficiarias de los recursos del Incentivo al Aprovechamiento y Tratamiento de Residuos Sólidos (IAT) de reportarse en el Sistema Único de Información (SUI) (...) administrado por la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD), de acuerdo con las normas legales y



reglamentarias aplicables a la materia. De esta forma, el prestador beneficiario de los recursos se inscribe como prestador en el municipio.”

Así las cosas y ante lo manifestado por parte del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio si bien los interesados podrán estar domiciliados en municipios diferentes a Cartagena de Indias, deberán acreditar su Registro Único de Prestadores de Servicio – RUPS emitido por la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios; en el cual conste en el ítem Área de Prestación de Servicio, Cartagena de Indias. De no contarse con dicho señalamiento el proyecto no será viable para la asignación de los recursos

- 3) Se consultó por parte de los participantes a las Jornadas de Socialización y los diferentes ciudadanos que manifestaron interés en los proyectos, su voluntad en conocer la caracterización de los residuos que actualmente se disponen en el Relleno Loma de Los Cocos.

Si bien se conversó sobre dicha información en las Jornadas de Socialización y se compartió la misma a quien lo solicitó, se reitera en adjuntos los datos que sustentan la caracterización de residuos.

- 4) En relación el uso del suelo, se reitera que el Distrito revisará cada caso en particular y obtención del Certificado del uso del Suelo deberá ser emitida por la entidad correspondiente y para el caso del Distrito de Cartagena de Indias podrá acudir a la página: www.midas.cartagena.gov.co para su verificación.

Se firma en Cartagena de Indias, a los 25 días del mes de julio de 2024.

MARIA PATRICIA PORRAS MENDOZA
SECRETARIA GENERAL
ALCALDIA MAYOR DE CARTAGENA DE INDIAS DISTRITO TURISTICO Y
CULTURAL



NATALIA RODRIGUEZ M
Ingeniería

RELLENO SANITARIO PARQUE AMBIENTAL LOMA DE LOS COCOS

Vigencia 2023

CONTENIDO

1	INTRODUCCION.....	4
2	OBJETIVOS	5
2.1	OBJETIVO GENERAL:	5
2.2	OBJETIVOS ESPECIFICOS:	5
3	METODOLOGIA	6
4	RESULTADOS GENERALES	8
4.1	CARACTERISTICAS FISICAS.....	8
4.1.1	Pesos específicos	8
4.1.2	Contenido de humedad.....	12
4.1.3	Capacidad de campo	13
4.1.4	Permeabilidad.....	14
5	resultados de caracterizacion por rutas	15
5.1	20 de julio.....	¡Error! Marcador no definido.
5.2	PIE DE LA POPA	17
5.3	NUEVO BOSQUE	19
5.4	PIEDRA BOLIVAR.....	21
5.5	CONTENEDORES	23
5.6	ARROYO GRANDE	25
5.7	CENTRO	27
5.8	bAYUNCA.....	29
5.9	SAN FERNANDO.....	31
5.10	CIUDADELA 2000	33
5.11	SAN FRANCISCO.....	35
5.12	LOS ALPES.....	37
5.13	CHIVAS	39
5.14	POZON.....	41
5.15	CRESPO.....	43
5.16	OLAYA	45
5.17	MARIA LABAJA.....	47
5.18	BOCAGRANDE.....	49
5.19	MANGA	51

RELLENO SANITARIO PARQUE AMBIENTAL LOMA DE LOS COCOS

Vigencia 2023

5.20	SAN CRISTOBAL	53
5.21	AVENIDA.....	55
5.22	JARDIN.....	57
5.23	CEREZOS.....	59
5.24	BOQUILLA.....	61
5.25	ISLAS.....	63
5.26	INDUSTRIA.....	65
5.27	INDUSTRIA 2	67
5.28	INDUSTRIA 3	69
5.29	PASACABALLOS.....	70
5.30	TERNERA	72
5.31	RECREO	74
5.32	CASTILLO GRANDE.....	76
5.33	TIERRA BAJA	78
5.34	LA ESPAÑOLA.....	80
5.35	CANAPOTE.....	82


Caribe Verde

1 INTRODUCCION

La caracterización de residuos es un proceso fundamental en la gestión de residuos sólidos, y desempeña un papel crucial en la operación y planificación de rellenos sanitarios. Esta práctica se refiere al análisis detallado de los residuos generados por una comunidad, industria o cualquier entidad, con el fin de comprender su composición, cantidad, propiedades físicas y químicas, y otros aspectos relevantes. La importancia de la caracterización de residuos en el contexto de los rellenos sanitarios radica en varios aspectos clave.

En primer lugar, la caracterización de residuos proporciona información valiosa sobre la naturaleza de los desechos que se están gestionando. Esto permite a las autoridades locales y operadores de rellenos sanitarios tomar decisiones informadas sobre cómo diseñar, operar y mantener estas instalaciones de manera más eficiente. Conocer la composición de los residuos es esencial para planificar la disposición adecuada y el tratamiento necesario, lo que a su vez ayuda a minimizar los impactos ambientales y los riesgos para la salud pública.

Además, la caracterización de residuos es esencial para cumplir con regulaciones ambientales y sanitarias. Los rellenos sanitarios están sujetos a estrictas normativas que limitan qué tipos de residuos pueden ser depositados y cómo deben ser manejados. La información precisa sobre la composición de los residuos es esencial para garantizar el cumplimiento de estas regulaciones y evitar sanciones legales.

Otro aspecto importante es que la caracterización de residuos contribuye a fomentar la sostenibilidad en la gestión de residuos. Al comprender mejor qué materiales conforman los residuos, se pueden identificar oportunidades para la reducción, reutilización y reciclaje, lo que disminuye la cantidad de residuos que finalmente se envían a los rellenos sanitarios. Esto no solo reduce la presión sobre estos sitios, sino que también contribuye a la conservación de recursos naturales y la mitigación del cambio climático.

Es por ello que; teniendo en cuenta el Decreto 838 del 2005 (Artículo 11), el cual estipula el cumplimiento de las especificaciones técnicas establecidas en el numeral F1.4.1.3 del Título F de la norma RAS 2000. Así como lo estipulado en la Resolución 754 del 2014, por la cual se adopta la metodología para la formulación, implementación, evaluación, seguimiento, control y actualización de los PGIRS's, en su anexo: "Metodología para la formulación, implementación, evaluación, seguimiento, control y actualización de los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos", se hace necesario realizar la caracterización de los residuos sólidos en los términos dispuestos por la norma, y de esta manera contribuir con la formulación de un PGIRS municipal basado en las especificaciones y condiciones particulares de la ciudad de Cartagena por parte de Caribe Verde S.A.S. operador del relleno sanitario Parque Ambiental Loma de los Cocos.

RELLENO SANITARIO PARQUE AMBIENTAL LOMA DE LOS COCOS

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL:

- Caracterizar los residuos sólidos Provenientes de la ciudad de Cartagena y otros municipios por medio de parámetros físicos tomando como referente la normatividad vigente.

2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS:

- **Determinar la composición por fracciones:** Dividir los residuos en diferentes categorías, como papel, cartón, plástico, vidrio, metal, materia orgánica, etc., para entender cómo se distribuyen estos materiales en la corriente de residuos.
- **Calcular la densidad aparente:** Medir la densidad de los residuos para comprender cuánto espacio ocupan y, por lo tanto, estimar la capacidad de almacenamiento necesaria en un relleno sanitario.
- **Evaluar la humedad:** Determinar el contenido de humedad de los residuos, ya que esto puede afectar su compactación y el diseño de sistemas de cobertura.
- **Determinar capacidad de sobrecarga o de campo:** para determinar cuánta humedad pueden retener los desechos antes de que comiencen a liberar líquidos

3 METODOLOGIA

Para llevar a cabo el proceso de caracterización se empleó la metodología del cuarteo, esta metodología es una técnica utilizada en la caracterización de residuos sólidos ordinarios para obtener una muestra representativa de un gran volumen de residuos. es especialmente útil cuando se desea analizar la composición de los residuos de manera más detallada, pero no es factible analizar todos los residuos debido a limitaciones de tiempo, recursos o espacio.

Este proceso de cuarteo se lleva a cabo de la siguiente manera:

- **Selección de la muestra inicial:** Se elige un lugar en el que se encuentre una cantidad considerable de residuos a caracterizar. Esto puede ser una parte de un vertedero, un contenedor de basura, una cinta transportadora en una planta de clasificación de residuos, o cualquier otro lugar donde se concentren los residuos.
- **Obtención de una muestra inicial:** Se recoge una muestra inicial del montón de residuos. Esta muestra debe ser lo más homogénea posible, por lo que se pueden mezclar los residuos para obtener una muestra representativa.
- **División en cuartos:** La muestra inicial se divide en cuatro partes aproximadamente iguales. Esto se hace dividiendo la muestra en dos mitades, luego tomando una de las mitades y dividiéndola nuevamente en dos partes. Estas partes se conocen como "cuartos".
- **Descarte de dos cuartos:** Dos de los cuartos se descartan. Estos cuartos no se utilizarán para el análisis.
- **Mezcla y repetición:** Los dos cuartos restantes se mezclan y homogeneizan cuidadosamente. Luego, se repite el proceso de cuarteo: la muestra se divide nuevamente en cuatro partes, y se descartan dos de ellas.
- **Análisis de los cuartos seleccionados:** Los cuartos seleccionados se utilizan para llevar a cabo el análisis de los residuos. Esto puede implicar la separación de diferentes tipos de residuos (plásticos, papel, vidrio, materia orgánica, etc.) y la medición de su peso o volumen relativo para determinar la composición de la muestra.

El proceso de cuarteo se repite varias veces hasta obtener una muestra lo suficientemente pequeña pero representativa que pueda ser analizada con detalle. Esta técnica se basa en el principio de que, al repetir el proceso de selección y descarte, se elimina gradualmente la variabilidad y se obtiene una muestra que

refleje de manera precisa la composición general de los residuos en el área de interés.

La metodología del cuarteo es útil en la caracterización de residuos sólidos ordinarios, ya que permite obtener información representativa sin tener que analizar cada pieza de residuo individualmente, lo que sería impracticable en la mayoría de los casos debido a la gran cantidad de residuos generados.

La unidad muestral para llevar a cabo la caracterización son las rutas recolectoras de los consorcios VEOLIA S.A. E.S.P, PACARIBE S.A. E.S.P. y varios municipios que disponen en el relleno; cabe aclarar que se escogen las mismas rutas que se analizaron en la caracterización del año 2020, con el fin de hacer un comparativo que nos ayude a realizar un análisis sobre los avances en materia de gestión de residuos del distrito de Cartagena.

Grafica 1: método de cuarteo

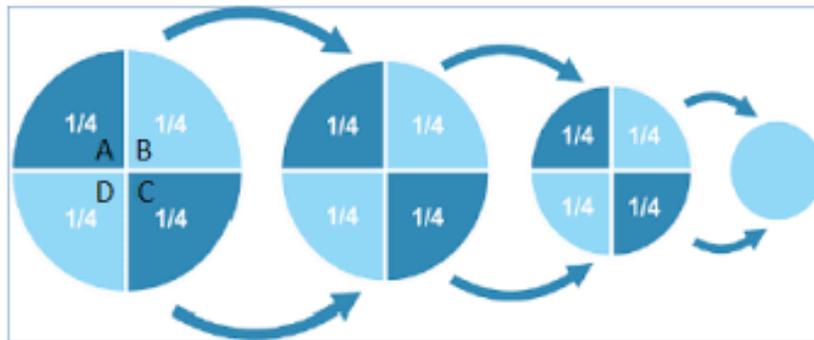


Ilustración 1: método de cuarteo en campo



4 RESULTADOS GENERALES

4.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

A continuación, son presentados los resultados de los parámetros o características físicas para las muestras de las rutas analizadas, de acuerdo con las orientaciones del título F del RAS para los ejercicios de caracterización para sistemas de complejidad alta. Estos resultados tienen un impacto directo en la gestión de residuos y en la toma de decisiones relacionadas con la planificación de infraestructuras como rellenos sanitarios, estaciones de transferencia y plantas de reciclaje. Además, nos permiten evaluar la eficiencia de las prácticas de manejo de residuos y trazar estrategias más efectivas para la reducción, reutilización y reciclaje.

4.1.1 Pesos específicos

El peso específico proporciona información sobre la densidad de los residuos sólidos. Conocer esta propiedad es esencial para estimar la capacidad de carga de los vertederos y diseñar sistemas de almacenamiento adecuados. Los residuos con un alto peso específico pueden ocupar más espacio y aumentar los costos de disposición.

En la siguiente grafica podemos evidenciar que aún se dispone una cantidad muy elevada de residuos orgánicos en el relleno sanitario parque ambiental loma de los cocos, lo que nos hace inferir que aún se han implementado pocas estrategias municipales para el aprovechamiento estos tipos de residuos en el distrito de Cartagena, pero si se puede notar una reducción considerable en residuos como cobre, aluminio y hierro.

De la misma manera, se evidencia un alto porcentaje de residuos de plásticos de baja densidad.

En los anexos se presenta la tabla general de manera detallada referente a los pesos específicos de las muestras analizadas para las rutas seleccionadas; Así como las planillas de cada ruta, cabe resaltar que; aunque el formato para el diligenciamiento (ver anexo 1), tiene en cuenta los diferentes tipos de metales como lo estipula la norma RAS 2000, Título F. Los siguientes resultados solo toman en cuenta aquellos que fueron clasificados en las respectivas muestras.

Grafica 2: Distribución general de residuos sólidos - Distrito de Cartagena

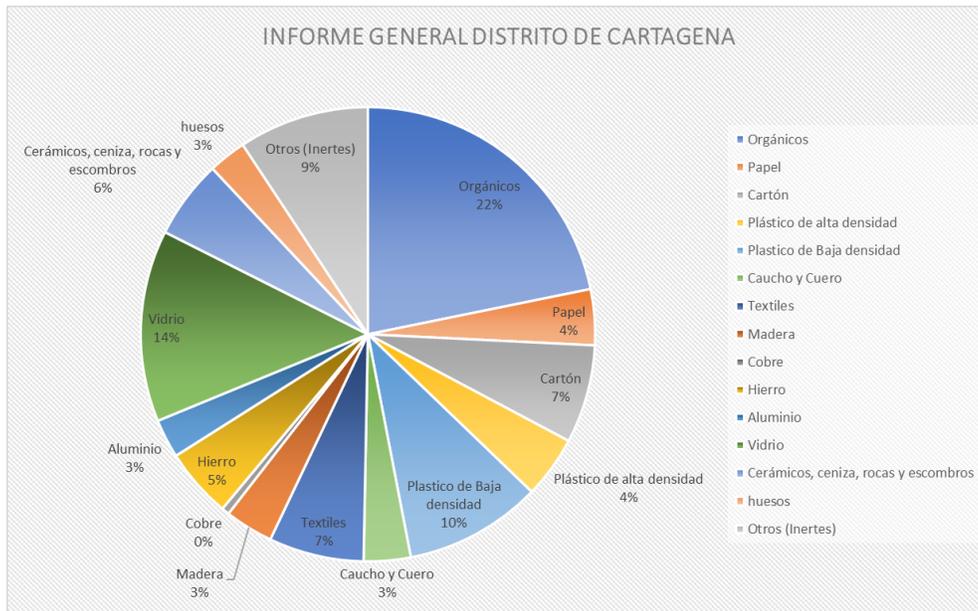


Tabla 1: Distribución general de residuos sólidos - Distrito de Cartagena

DISTRITO CARTAGENA	
Orgánicos	22%
Papel	4%
Cartón	7%
Plástico de alta densidad	4%
Plástico de Baja densidad	10%
Caucho y Cuero	3%
Textiles	7%
Madera	3%
Cobre	1%
Hierro	5%
Aluminio	3%
Vidrio	14%
Cerámicos, ceniza, rocas y escombros	6%
huesos	3%
Otros (Inertes)	9%

Por otro lado, se caracterizaron los residuos de los municipios de marialabaja y san cristobal; basado en los resultados obtenidos podemos observar que, así como en el distrito de Cartagena, los residuos que más predominan son los orgánicos, pudiéndose concluir que también hay deficiencias en la implementación de programas encaminados en la gestión y aprovechamiento de estos tipos de residuos.

Por otra parte a diferencia de Cartagena, se puede evidenciar un porcentaje considerable de metales como hierro, cobre y aluminio, lo que puede significar que también existe hace falta programas para el aprovechamiento de los mismos.

Grafica 3: Distribución general de residuos sólidos otros municipios

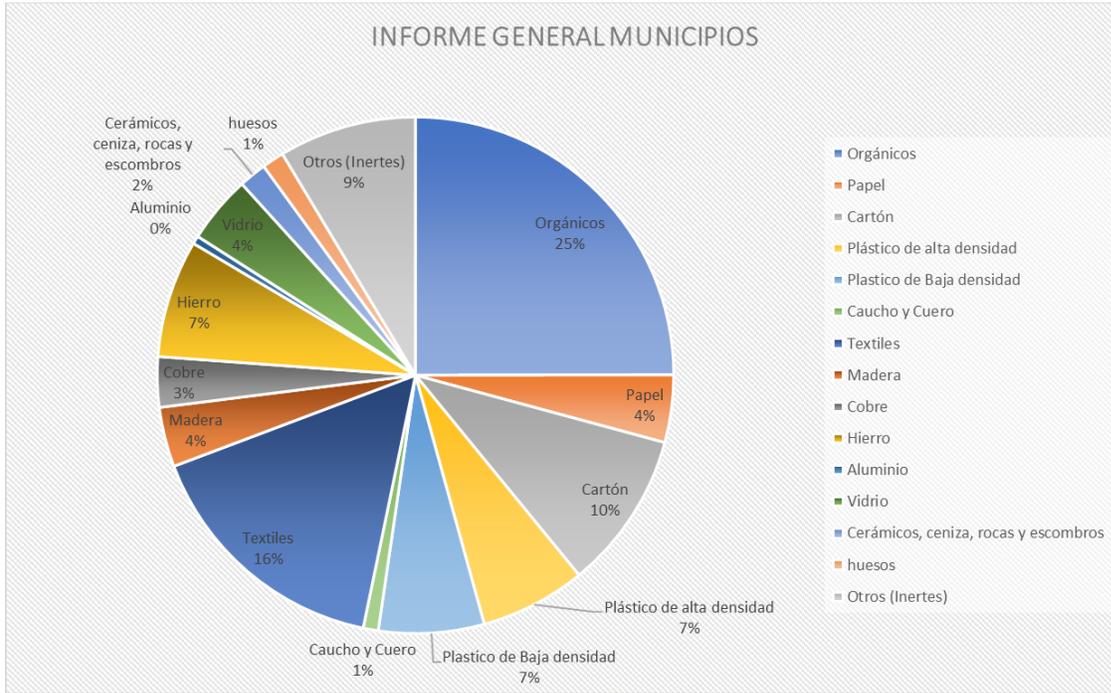


Tabla 2: Distribución general de residuos sólidos otros municipios

OTROS MUNICIPIOS	
Orgánicos	25%
Papel	4%
Cartón	10%
Plástico de alta densidad	7%
Plástico de Baja densidad	7%
Caucho y Cuero	1%
Textiles	16%
Madera	4%
Cobre	3%
Hierro	7%
Aluminio	1%
Vidrio	4%
Cerámicos, ceniza, rocas y escombros	2%
huesos	1%
Otros (Inertes)	9%

CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE RESIDUOS SÓLIDOS ORDINARIOS 2023

Tabla 3: Clasificación de las 35 rutas analizadas (pesos específicos de residuos)

ITEM	PROCEDENCIA	DISTRITO DE CARTAGENA - PESO ESPECÍFICO (Kg/m ³)															
		Orgánicos	Papel	Cartón	Plásticos Alta densidad	Plásticos Baja densidad	Caucho y Cuero	Textiles	Madera	Cobre	Hierro	Aluminio	Vidrio	Cerámicos, ceniza, rocas y escombros	huesos	Otros (Inertes)	
1	20 DE JULIO	154,76	0,80	155,49	28,12	42,39	10,15	66,90	20,90	0,00	33,95	19,10	71,94			39,93	
2	PIE DE LA POPA	131,89	6,37	113,16	31,35	120,18	147,22	195,05			42,28	6,63	96,69	34,22	95,50	37,33	
3	NUÉVO BOSQUE	183,26	6,37	30,24	42,20	71,05	64,28	109,42	86,21		35,37	35,37	238,74			90,54	
4	PIEDRA BOLIVAR	166,85	18,67	20,62	24,25	77,97	38,46	43,64	32,33		48,15	12,41	192,45	98,18	84,35	112,91	
5	CONTENEDORES	114,06	7,15	26,86	14,32	102,01	5,57	70,94	46,00		77,99	43,77	80,88	56,50		73,65	
6	ARRIOY GRANDE	150,80	18,70	9,33	24,33	82,19	39,79	25,94	41,27	38,99	32,10	41,88	109,29	172,42		56,84	
7	CENTRO	126,72	22,15	15,56	18,70	60,29			19,89		0,00	0,00	122,35	183,03		42,11	
8	BAYUNCA	107,97	71,78	37,96	20,95	95,66		21,73	88,33		28,38	18,94	175,74	86,86	35,89	46,41	
9	SAN FERNANDO	176,92	16,09	35,67	14,51	74,40	13,70	36,17	37,40		99,87	12,41	37,40	48,15	35,81	87,26	
10	CIUDAELA 2000	191,32	33,69	43,34	31,35	76,95	19,89	45,36			70,67	23,77	79,58			89,16	
11	SAN FRANCISCO	126,66	17,24	17,47	33,62	64,53	17,15	33,55			29,84	13,26	56,66	49,90	48,15	19,14	
12	LOS ALPES	57,55	22,41	20,63	21,63	67,56	19,58	9,12	37,40		139,90	45,36	124,78	101,96		34,36	
13	CHIVAS	145,71	45,18	76,49	21,08	92,58		84,71	24,65		63,93	9,23	89,24			85,37	
14	POZON	122,10	75,60	287,74	24,94	51,64		128,46			10,61	7,96	55,71	13,26	63,66	85,37	
15	CRESPO	347,42	15,92	18,26	34,11	39,22	64,33	48,54				10,61	195,97			85,50	
16	OLAVA	157,57		79,01	25,43	145,23	6,37	13,37	116,19		52,52	19,89		42,44		135,29	
17	BOCAGRANDE	512,95	23,74	45,88	25,88	47,04	2,00	33,84		13,53		109,29	136,24	47,75	21,22	81,76	
18	MANGA	236,26	14,06	33,10	47,41	59,11		27,85	22,44				27,36	57,41	47,75	156,20	
19	AVENIDA	168,87	11,94	36,80	23,06	41,73	4,24	47,15	37,59			5,31	166,23		13,26	35,49	
20	JARDINES	98,74	11,83	29,76	33,76	70,77	75,60	37,80			20,89	6,82	50,40			41,44	
21	CEREZOS	202,93		38,07	24,27	63,13		52,26			75,60	27,85	3,32	109,42		147,72	
22	BOQUILLA	139,78	250,68	99,99	38,14	30,13	45,36	94,41				33,16	9,66	59,11		103,66	
23	ISLAS	106,50	17,24	0,19	29,77	10,87	11,94	27,06					5,57	66,05		97,91	
24	INDUSTRIA 1	97,98	0,20	21,22	22,45	54,31	35,81	4,77				63,66	11,94	165,07		40,85	
25	INDUSTRIA 2	12,47	23,34	18,03	35,27	56,77	46,16	32,91	25,86			67,96	24,19	55,76		22,02	
26	INDUSTRIA 3		28,76	66,36		98,83			47,25							37,14	
27	PASACABALLOS	224,66	39,09	35,31	21,00	188,50		56,50	65,65		49,74		39,79		37,80	108,60	
28	TERNERA	238,37	7,16	43,26	17,17	26,57	41,38	36,38	47,75		16,91	5,97	145,63	69,63		21,49	
29	RECHÉ	180,70	9,00	55,45	26,61	34,42		20,90				18,83	18,91	4,79	16,84	16,84	
30	CASTILLO GRANDE	99,98	18,47	32,83	44,61	67,00		25,15				20,78	91,26	95,81		69,65	
31	TIERRA BAJA	116,12	38,99	47,64	17,87	42,32	18,94					37,24	32,89	67,96	19,89	13,85	
32	LA ESPAÑOLA	114,72	47,22	33,13	114,72	77,51	32,89	53,38	11,41			57,03	26,10	115,92	39,79	39,86	
33	CANAPOTE	103,08	11,41	19,51	103,08	59,68	19,61	103,08				21,49	19,89	226,80	21,73	35,41	
TOTAL		5111,68	931,29	1640,33	1035,96	2292,58	780,41	1586,31	808,53	128,12	1161,50	648,52	3197,47	1310,19	633,72	2176,26	
		22%	4%	7%	4%	10%	3%	7%	3%	1%	5%	3%	14%	6%	3%	9%	

ITEM	PROCEDENCIA	MUNICIPIOS - PESO ESPECÍFICO (Kg/m ³)														
		Orgánicos	Papel	Cartón	PLÁSTICOS		Caucho y Cuero	Textiles	Madera	METALES		Vidrio	Cerámicos, ceniza, rocas y escombros	huesos	Otros (Inertes)	
34	MARIALABAJA	157,39	12,73	47,23	53,26	39,22		146,62	23,87		45,36		0,11			51,06
35	SAN CRISTÓBAL	158,19	40,59	77,61	30,41	44,20	11,94	55,71	23,39	39,79	47,75	6,37	53,43	21,88	17,51	57,76
TOTAL		315,58	53,32	124,85	83,67	83,42	11,94	202,38	47,27	39,79	93,11	6,37	53,55	21,88	17,51	108,82
		24,98%	4,22%	9,88%	6,62%	6,60%	0,94%	16,01%	3,74%	3,15%	7,37%	0,50%	4,24%	1,73%	1,39%	8,61%

Tabla 4: Calificación general de parámetros de caracterización de residuos sólidos en Cartagena

PARÁMETROS DE CARACTERIZACIÓN	
CONTENIDO DE HUMEDA (%)	33
CAPACIDAD DE CAMPO (%)	0.60
PERMEABILIDAD (m)	18.70

Tabla 5: Calificación general de parámetros de caracterización de residuos otros municipios (Marial abaja y san Cristóbal)

PARÁMETROS DE CARACTERIZACIÓN	
CONTENIDO DE HUMEDA (%)	27.17
CAPACIDAD DE CAMPO (%)	0.60
PERMEABILIDAD (m)	1.80

4.1.2 Contenido de humedad

El contenido de humedad se refiere a la cantidad de agua presente en los residuos. Controlar y medir el contenido de humedad es vital para prevenir la proliferación de microorganismos en descomposición y reducir la producción de gases de efecto invernadero en vertederos. Además, la humedad influye en la estabilidad de los residuos y su capacidad para ser compactados adecuadamente.

Este parámetro fue obtenido tomando una porción de residuos del cuarteo final, en aquellos cuartos eliminados, los cuales fueron pesados, para determinar el peso inicial antes de ingresarlo a un horno a 105 °C de temperatura; pasadas 12 horas, se retiraron las muestras y se pesaron nuevamente, con el fin de determinar su peso final

A continuación, se muestran los resultados obtenidos para este parámetro, por cada ruta analizada

Tabla 6: Contenido de humedad distrito de Cartagena

ITEM	PROCEDENCIA	CONTENIDO DE HUMEDAD %	ITEM	PROCEDENCIA	CONTENIDO DE HUMEDAD %
1	20 DE JULIO	30,14	18	MANGA	32,46
2	PIE DE LA POPA	39,89	19	AVENIDA	15,76
3	NUEVO BOSQUE	23,61	20	JARDINES	12,63
4	PIEDRA BOLIVAR	49,61	21	CEREZOS	21,42
5	CONTENEDORES	10,88	22	BOQUILLA	17,58
6	ARROYO GRANDE	39,39	23	ISLAS	22,91
7	CENTRO	43,54	24	INDUSTRIA 1	31,98
8	BAYUNCA	60,29	25	INDUSTRIA 2	25,66
9	SAN FERNANDO	40,63	26	INDUSTRIA 3	31,61
10	CIUDAELA 2000	56,96	27	PASACABALLOS	21,32
11	SAN FRANCISCO	43,10	28	TERNERA	20,92
12	LOS ALPES	56,96	29	RECREO	24,57
13	CHIVAS	28,92	30	CASTILLO GRANDE	38,70
14	POZON	49,73	31	TIERRA BAJA	40,23
15	CRESPO	39,52	32	LA ESPAÑOLA	18,53
16	OLAYA	32,82	33	CANAPOTE	18,53
17	BOCAGRANDE	36,81			

Tabla 7: Contenido de humedad otros municipios

MUNICIPIOS		
ITEM	PROCEDENCIA	CONTENIDO DE HUMEDAD %
34	MARIALABAJA	39,34
35	SAN CRISTOBAL	19,00

4.1.3 Capacidad de campo

La capacidad de campo se refiere al contenido de humedad del suelo una vez que ha drenado libremente bajo la influencia de la gravedad. En el caso de los residuos sólidos, entender la capacidad de campo es esencial para determinar cuánta humedad pueden retener los desechos antes de que comiencen a liberar líquidos. Esto tiene implicaciones directas en la generación de lixiviados y en la gestión de vertederos.

Este parámetro fue obtenido tomando una porción de residuos del cuarteo final, en aquellos cuartos eliminados, los cuales fueron pesados inicialmente antes de sumergirlos en agua; pasados 1 minuto de inmersión, se sacaron y se dejaron colgando por 5 minutos más, para permitir su escurrimiento. una vez pasado este tiempo se volvieron a pesar para determinar la capacidad de los residuos para retener agua.

A continuación, se muestran los resultados obtenidos para este parámetro, por cada ruta analizada.

Tabla 8: Capacidad de campo distrito de Cartagena.

ITEM	PROCEDENCIA	CAPACIDAD DE CAMPO %	ITEM	PROCEDENCIA	CAPACIDAD DE CAMPO %
1	20 DE JULIO	0,60	18	MANGA	0,60
2	PIE DE LA POPA	0,60	19	AVENIDA	0,60
3	NUEVO BOSQUE	0,60	20	JARDINES	0,60
4	PIEDRA BOLIVAR	0,60	21	CEREZOS	0,60
5	CONTENEDORES	0,60	22	BOQUILLA	0,60
6	ARROYO GRANDE	0,60	23	ISLAS	0,60
7	CENTRO	0,60	24	INDUSTRIA 1	0,60
8	BAYUNCA	0,60	25	INDUSTRIA 2	0,60
9	SAN FERNANDO	0,60	26	INDUSTRIA 3	0,60
10	CIUDAELA 2000	0,60	27	PASACABALLOS	0,60
11	SAN FRANCISCO	0,60	28	TERNERA	0,60
12	LOS ALPES	0,60	29	RECRO	0,60
13	CHIVAS	0,60	30	CASTILLO GRANDE	0,60
14	POZON	0,59	31	TIERRA BAJA	0,59
15	CRESPO	0,60	32	LA ESPAÑOLA	0,60
16	OLAYA	0,60	33	CANAPOTE	0,60
17	BOCAGRANDE	0,60			

Tabla 9: Capacidad de campo – otros municipios

MUNICIPIOS		
ITEM	PROCEDENCIA	CAPACIDAD DE CAMPO %
34	MARIALABAJA	0,60
35	SAN CRISTOBAL	0,60

4.1.4 Permeabilidad

La permeabilidad se refiere a la capacidad de un material para permitir el paso de líquidos a través de él. En el contexto de los residuos sólidos, conocer la permeabilidad es fundamental para evaluar la posibilidad de lixiviados, que son líquidos que se generan al interactuar con los desechos y pueden contener sustancias peligrosas. Una alta permeabilidad podría aumentar el riesgo de contaminación del suelo y el agua subterránea

Se obtuvo tomando una porción de residuos del cuarteo final, en aquellos cuartos eliminados, los cuales fueron agregados y compactados en un recipiente de 59 centímetros de altura con una malla en el fondo, luego se midió la altura de los residuos después de compactar y se agregó agua. El paso a seguir fue determinar el tiempo que demoraba el agua en salir al fondo.

A continuación, se muestran los resultados obtenidos para este parámetro, por cada ruta analizada.

Tabla 6: Permeabilidad de los residuos analizados – Distrito de Cartagena

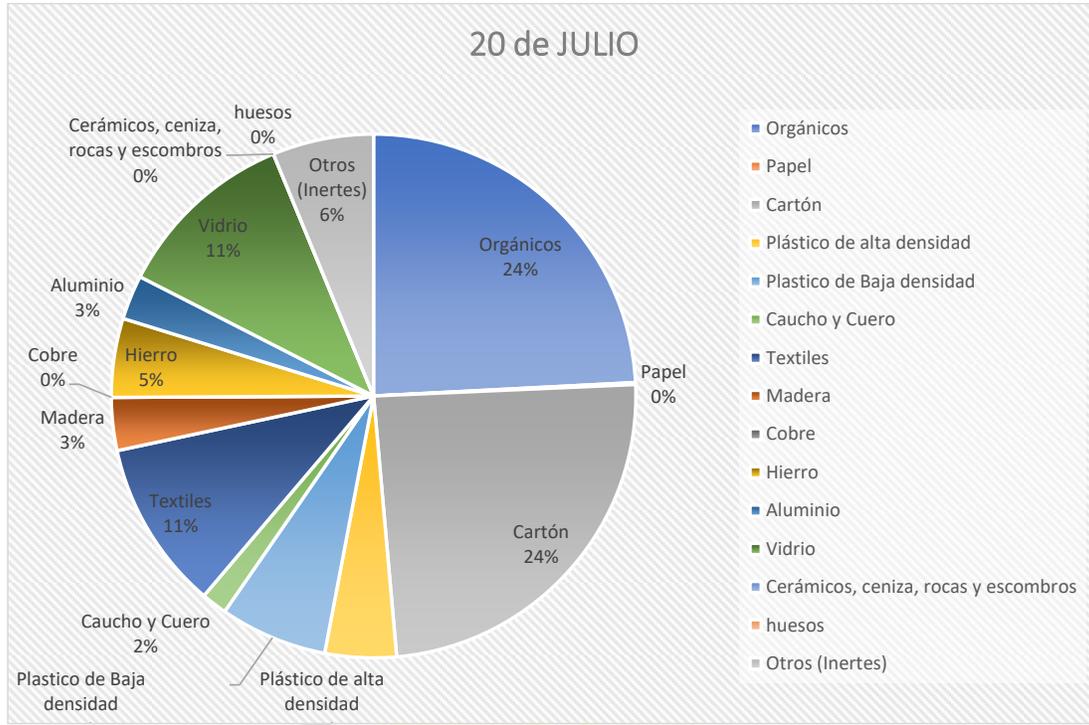
ITEM	PROCEDENCIA	PERMEABILIDAD (m)	ITEM	PROCEDENCIA	PERMEABILIDAD (m)
1	20 DE JULIO	48,04	18	MANGA	3,14
2	PIE DE LA POPA	43,08	19	AVENIDA	11,29
3	NUEVO BOSQUE	20,10	20	JARDINES	9,91
4	PIEDRA BOLIVAR	33,34	21	CEREZOS	2,84
5	CONTENEDORES	52,79	22	BOQUILLA	2,91
6	ARROYO GRANDE	6,41	23	ISLAS	11,29
7	CENTRO	45,19	24	INDUSTRIA 1	13,40
8	BAYUNCA	77,11	25	INDUSTRIA 2	12,42
9	SAN FERNANDO	21,99	26	INDUSTRIA 3	16,25
10	CIUDAELA 2000	5,81	27	PASACABALLOS	18,45
11	SAN FRANCISCO	55,22	28	TERNERA	14,93
12	LOS ALPES	15,39	29	RECREO	11,85
13	CHIVAS	1,28	30	CASTILLO GRAN	20,12
14	POZON	0,78	31	TIERRA BAJA	8,21
15	CRESPO	3,82	32	LA ESPAÑOLA	12,73
16	OLAYA	1,73	33	CANAPOTE	12,73
17	BOCAGRANDE	2,39			

Tabla 7: Permeabilidad de los residuos analizados – Otros municipios

MUNICIPIOS		
ITEM	PROCEDENCIA	PERMEABILIDAD (m)
34	MARIALABAJA	1,20
35	SAN CRISTOBAL	2,39

5 RESULTADO DE CARACTERIZACIÓN POR RUTAS PLANILLAS DE CAMPO

5.1 20 DE JULIO



PESO HUMEDO (g):	3450
PESO SECO (g):	2410
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	30

PESO HUMEDO (g):	4781
PESO SECO (g):	2547
PESO DE SOBRECARGA (Kg/m ²):	31,61
CAPACIDAD DE CAMPO (%)	0,5968

TIEMPO TRANSCURRIDO DE PERCOLACIÓN (s):	4,23
ALTURA DEL TANQUE CONTENEDOR (cm):	59
ALTURA DEL RESIDUO DESPUES DE COMPACTAR (cm):	25
PORCENTAJE DE COMPACTACION (%):	57,6
PESO UNITARIO DEL FLUIDO (Kg/m ³):	1000
VISCOCIDAD DINAMICA DEL AGUA (Kg/m-s):	0,001003
PERMEABILIDAD INTRINSECA (m/s):	0,00005
PERMEABILIDAD (m)	48,04

RELLENO SANITARIO PARQUE AMBIENTAL LOMA DE LOS COCOS

Vigencia 2023

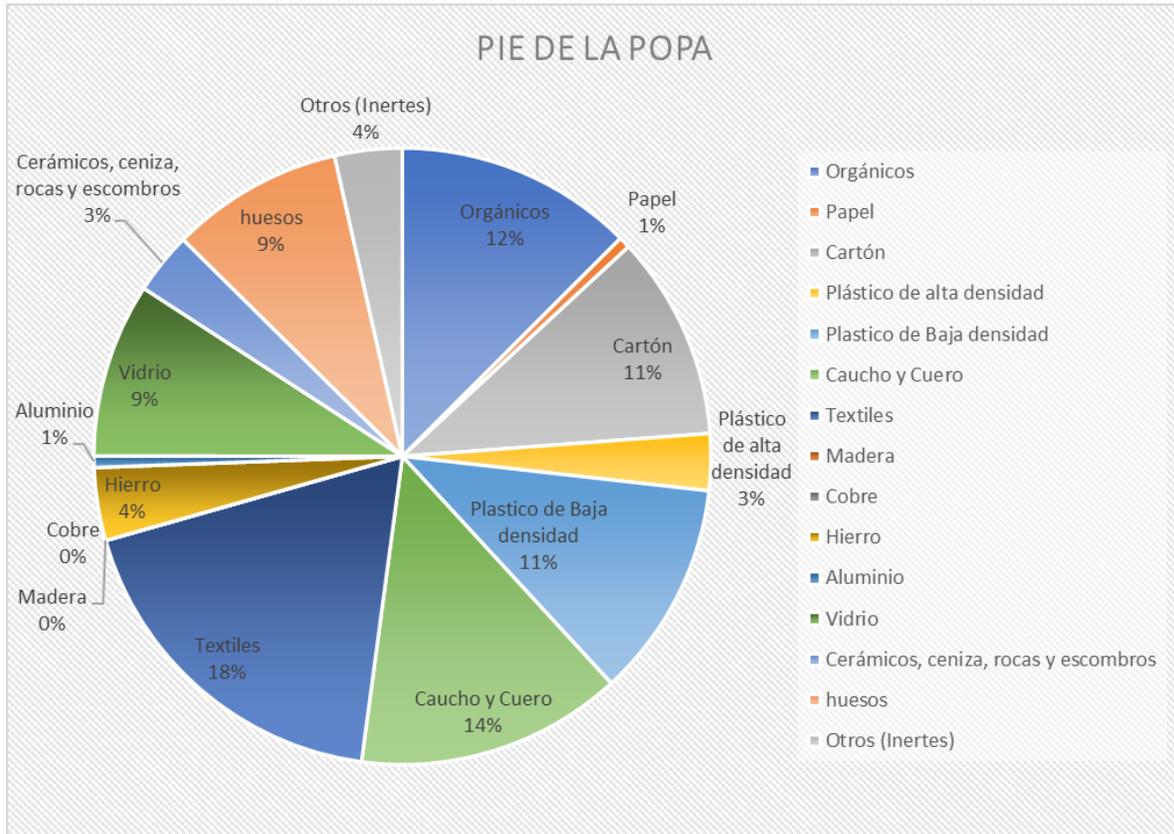
**CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE RESIDUOS SÓLIDOS ORDINARIOS
2023**

FECHA:	6/09/2023		HORA:	1:16 p. m.	
RUTA:		N° MUESTRA:	1	PLACA:	WOV994
PROCEDENCIA:	20 DE JULIO		RECOLECTOR:	VEOLIA	
PESO NETO EN COMPACTADOR (Kg):	4530	No CUARTEOS:		2	
COMPONENTE	PESO (g)	ALTURA QUE OCUPA EN CONTENEDOR CILINDRICO	DIAMETRO DEL CILINDRO CONTENEDOR (cm)	PESO ESPECIFICO (Kg/m³)	PORCENTAJE (%)
Orgánicos	8751	45	40	154,76	26,2
Papel	5	5	40	0,80	0,1
Cartón	2540	13	40	155,49	26,3
Plástico de alta densidad	1325	37,5	40	28,12	4,8
Plastico de Baja densidad	1758	33	40	42,39	7,2
Caucho y Cuero	102	8	40	10,15	1,7
Textiles	2354	28	40	66,90	11,3
Madera	985	37,5	40	20,90	3,5
Cobre					
Hierro	128	3	40	33,95	5,3
Aluminio	120	5	40	19,10	3,0
Bronce					
Níquel					
Plomo					
Mercurio					
Cadmio					
Vidrio	452	5	40	71,94	12,2
Cerámicos, ceniza, rocas y escombros					
huesos					
Otros (Inertes)	1756	35	40	39,93	6,8
TOTAL	20028				100

RELLENO SANITARIO PARQUE AMBIENTAL LOMA DE LOS COCOS

Vigencia 2023

5.2 PIE DE LA POPA



PESO HUMEDO (g):	5741
PESO SECO (g):	3451
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	40
PESO HUMEDO (g):	5122
PESO SECO (g):	3.854
PESO DE SOBRECARGA (Kg/m ²):	17,94
CAPACIDAD DE CAMPO (%)	0,5982
TIEMPO TRANSCURRIDO DE PERCOLACIÓN (s):	5,36
ALTURA DEL TANQUE CONTENEDOR (cm):	59
ALTURA DEL RESIDUO DESPUES DE COMPACTAR (cm):	22
PORCENTAJE DE COMPACTACION (%):	62,7
PESO UNITARIO DEL FLUIDO (Kg/m ³):	1000
VISCOCIDAD DINAMICA DEL AGUA (Kg/m-s):	0,001003
PERMEABILIDAD INTRINSECA (m/s):	0,00004
PERMEABILIDAD (m)	43,08

RELLENO SANITARIO PARQUE AMBIENTAL LOMA DE LOS COCOS

Vigencia 2023

**CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE RESIDUOS SÓLIDOS ORDINARIOS
2023**

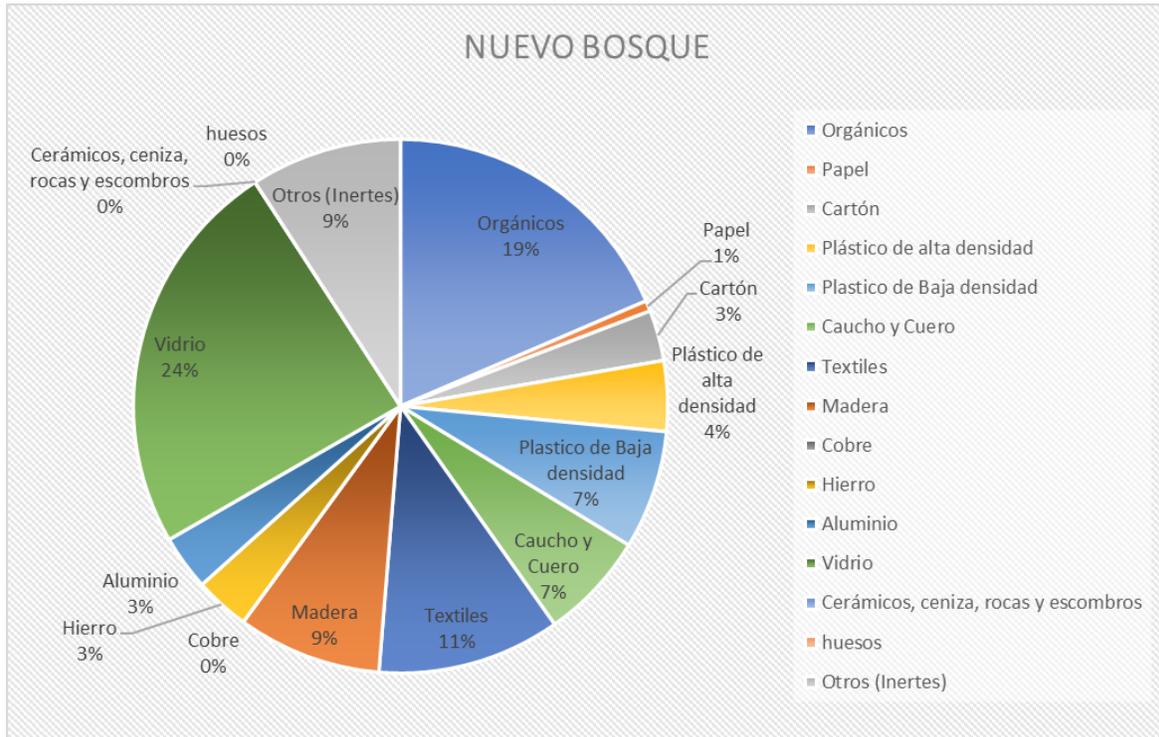
FECHA:	6/09/2023		HORA:	11:55 p. m.	
RUTA:		N° MUESTRA:	2	PLACA:	FXU241
PROCEDENCIA:	PIE DE LA POPA		RECOLECTOR:	PACARIBE	
PESO NETO EN COMPACTADOR (Kg):	10500	No CUARTEOS:		2	

COMPONENTE	PESO (g)	ALTURA QUE OCUPA EN CONTENEDOR CILINDRICO	DIAMETRO DEL CILINDRO CONTENEDOR (cm)	PESO ESPECIFICO (Kg/m ³)	PORCENTAJE (%)
Orgánicos	7458	45	40	131,89	13,1
Papel	8	1	40	6,37	0,6
Cartón	5688	40	40	113,16	11,2
Plástico de alta densidad	985	25	40	31,35	3,1
Plastico de Baja densidad	8457	56	40	120,18	11,9
Caucho y Cuero	1850	10	40	147,22	14,6
Textiles	2451	10	40	195,05	19,3
Madera					
Cobre					
Hierro	425	8	40	42,28	4,0
Aluminio	25	3	40	6,63	0,6
Bronce					
Níquel					
Plomo					
Mercurio					
Cadmio					
Vidrio	1458	12	40	96,69	9,6
Cerámicos, ceniza, rocas y escombros	215	5	40	34,22	3,4
huesos	120	1	40	95,50	9,5
Otros (Inertes)	1548	33	40	37,33	3,7
TOTAL	30238				100

RELLENO SANITARIO PARQUE AMBIENTAL LOMA DE LOS COCOS

Vigencia 2023

5.3 NUEVO BOSQUE



PESO HUMEDO (g):	2457
PESO SECO (g):	1877
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	24

PESO HUMEDO (g):	6521
PESO SECO (g):	4511
PESO DE SOBRECARGA (Kg/m ²):	28,44
CAPACIDAD DE CAMPO (%)	0,5971

TIEMPO TRANSCURRIDO DE PERCOLACIÓN (s):	7,22
ALTURA DEL TANQUE CONTENEDOR (cm):	59
ALTURA DEL RESIDUO DESPUES DE COMPACTAR (cm):	35
PORCENTAJE DE COMPACTACION (%):	40,7
PESO UNITARIO DEL FLUIDO (Kg/m ³):	1000
VISCOSIDAD DINAMICA DEL AGUA (Kg/m-s):	0,001003
PERMEABILIDAD INTRINSECA (m/s):	0,00002
PERMEABILIDAD (m)	20,10

RELLENO SANITARIO PARQUE AMBIENTAL LOMA DE LOS COCOS

Vigencia 2023

**CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE RESIDUOS SÓLIDOS ORDINARIOS
2023**

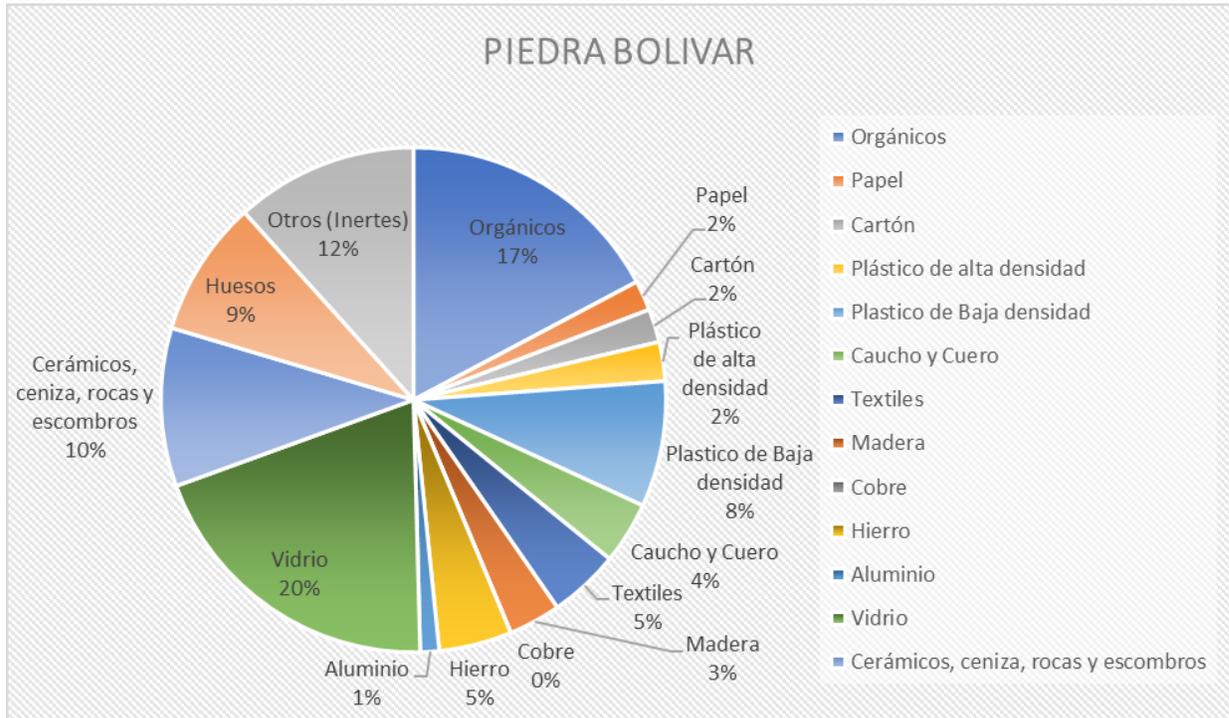
FECHA:	5/09/2023		HORA:	4:38 a. m.	
RUTA:		N° MUESTRA:	3	PLACA:	EQX790
PROCEDENCIA:	NUEVO BOSQUE		RECOLECTOR:	VEOLIA	
PESO NETO EN COMPACTADOR (Kg):	7890	No CUARTEOS:		2	

COMPONENTE	PESO (g)	ALTURA QUE OCUPA EN CONTENEDOR CILINDRICO (cm)	DIAMETRO DEL CILINDRO CONTENEDOR (cm)	PESO ESPECIFICO (Kg/m ³)	PORCENTAJE (%)
Orgánicos	8751	38	40	183,26	19,9
Papel	24	3	40	6,37	0,7
Cartón	950	25	40	30,24	3,3
Plástico de alta densidad	1750	33	40	42,20	4,6
Plastico de Baja densidad	5000	56	40	71,05	7,7
Caucho y Cuero	1050	13	40	64,28	7,0
Textiles	1100	8	40	109,42	11,9
Madera	2600	24	40	86,21	9,3
Cobre					
Hierro	350	14	30	35,37	3,6
Aluminio	150	6	30	35,37	3,6
Bronce					
Níquel					
Plomo					
Mercurio					
Cadmio					
Vidrio	1350	8	30	238,74	25,9
Cerámicos, ceniza, rocas y escombros					
huesos					
Otros (Inertes)	1600	25	30	90,54	9,8
TOTAL	24175				100

RELLENO SANITARIO PARQUE AMBIENTAL LOMA DE LOS COCOS

Vigencia 2023

5.4 PIEDRA BOLIVAR



PESO HUMEDO (g):	2030
PESO SECO (g):	1023
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	50

PESO HUMEDO (g):	5412
PESO SECO (g):	3415
PESO DE SOBRECARGA (Kg/m ²):	28,25
CAPACIDAD DE CAMPO (%)	0,5971

TIEMPO TRANSCURRIDO DE PERCOLACIÓN (s):	4,01
ALTURA DEL TANQUE CONTENEDOR (cm):	59
ALTURA DEL RESIDUO DESPUES DE COMPACTAR (cm):	38
PORCENTAJE DE COMPACTACION (%):	35,6
PESO UNITARIO DEL FLUIDO (Kg/m ³):	1000
VISCOCIDAD DINAMICA DEL AGUA (Kg/m-s):	0,001003
PERMEABILIDAD INTRINSECA (m/s):	0,00003
PERMEABILIDAD (m)	33,34

RELLENO SANITARIO PARQUE AMBIENTAL LOMA DE LOS COCOS

Vigencia 2023

**CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE RESIDUOS SÓLIDOS ORDINARIOS
2023**

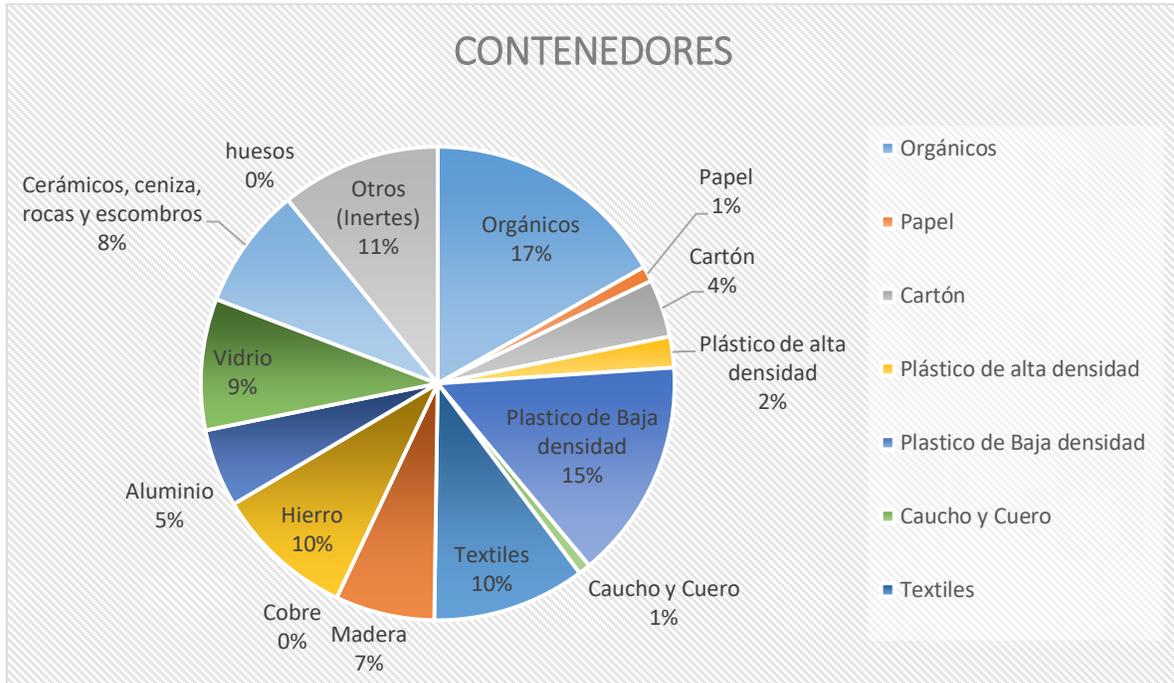
FECHA:	5/09/2023		HORA:	7:30 a. m.	
RUTA:		N° MUESTRA:	4	PLACA:	WOW-026
PROCEDENCIA:	PIEDRA BOLIVAR		RECOLECTOR:	VEOLIA	
PESO NETO EN COMPACTADOR (Kg):	9700,000	No CUARTEOS:		2	

COMPONENTE	PESO (g)	ALTURA QUE OCUPA EN CONTENEDOR CILINDRICO	DIAMETRO DEL CILINDRO CONTENEDOR (cm)	PESO ESPECIFICO (Kg/m ³)	PORCENTAJE (%)
Orgánicos	9854	47	40	166,85	18,3
Papel	352	15	40	18,67	2,1
Cartón	1425	55	40	20,62	2,3
Plástico de alta densidad	457	15	40	24,25	2,7
Plastico de Baja densidad	5487	56	40	77,97	8,6
Caucho y Cuero	145	3	40	38,46	4,2
Textiles	658	12	40	43,64	4,8
Madera	325	8	40	32,33	3,6
Cobre					
Hierro	121	2	40	48,15	5,0
Aluminio	78	5	40	12,41	1,3
Bronce					
Níquel					
Plomo					
Mercurio					
Cadmio					
Vidrio	1451	6	40	192,45	21,1
Cerámicos, ceniza, rocas y escombros	987	8	40	98,18	10,8
Huesos	212	2	40	84,35	9,3
Otros (Inertes)	3547	25	40	112,91	12,4
TOTAL	24900				100

RELLENO SANITARIO PARQUE AMBIENTAL LOMA DE LOS COCOS

Vigencia 2023

5.5 CONTENEDORES



PESO HUMEDO (g):	4025
PESO SECO (g):	3587
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	11

PESO HUMEDO (g):	5478
PESO SECO (g):	3658
PESO DE SOBRECARGA (Kg/m ³):	25,75
CAPACIDAD DE CAMPO (%)	0,5974

TIEMPO TRANSCURRIDO DE PERCOLACIÓN (s):	4,01
ALTURA DEL TANQUE CONTENEDOR (cm):	59
ALTURA DEL RESIDUO DESPUES DE COMPACTAR (cm):	24
PORCENTAJE DE COMPACTACION (%):	59,3
PESO UNITARIO DEL FLUIDO (Kg/m ³):	1000
VISCOCIDAD DINAMICA DEL AGUA (Kg/m-s):	0,001003
PERMEABILIDAD INTRINSECA (m/s):	0,00005
PERMEABILIDAD (m)	52,79

RELLENO SANITARIO PARQUE AMBIENTAL LOMA DE LOS COCOS

Vigencia 2023

**CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE RESIDUOS SÓLIDOS ORDINARIOS
2023**

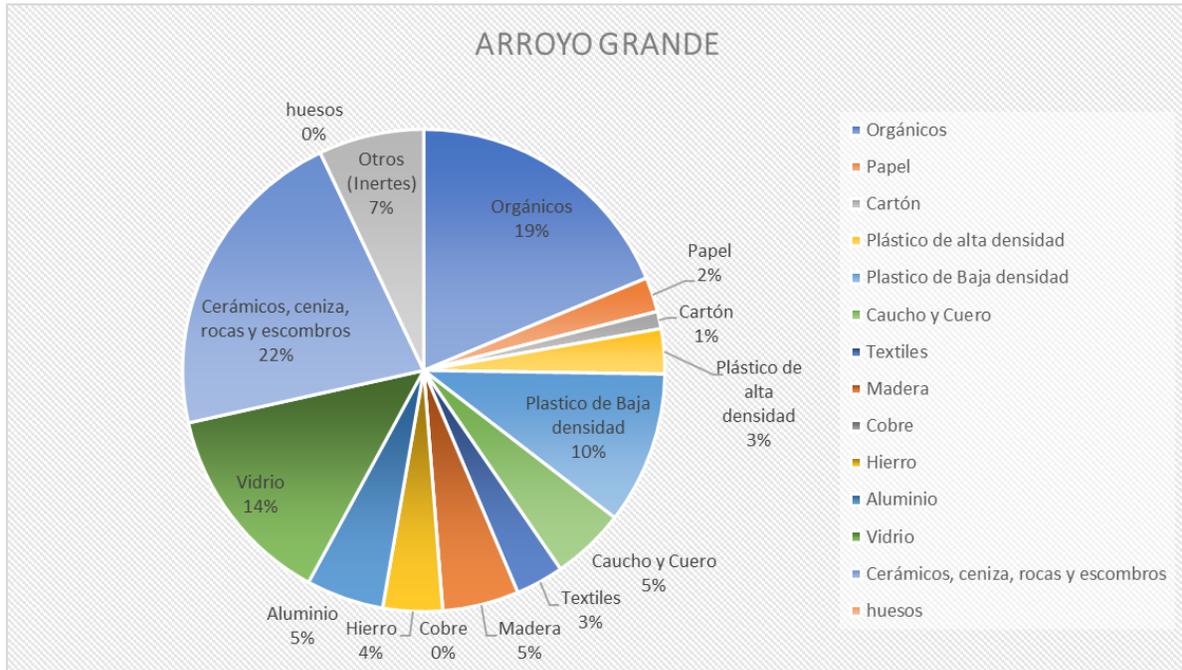
FECHA:	4/09/2023		HORA:	4:14 p. m.	
RUTA:		N° MUESTRA:	5	PLACA:	LJQ981
PROCEDENCIA:	CONTENEDORES		RECOLECTOR:	VEOLIA	
PESO NETO EN COMPACTADOR (Kg):	16990	No CUARTEOS:		2	

COMPONENTE	PESO (g)	ALTURA QUE OCUPA EN CONTENEDOR CILINDRICO	DIAMETRO DEL CILINDRO CONTENEDOR (cm)	PESO ESPECIFICO (Kg/m ³)	PORCENTAJE (%)
Orgánicos	6450	45	40	114,06	19,7
Papel	45	5	40	7,16	1,2
Cartón	1890	56	40	26,86	4,6
Plástico de alta densidad	180	10	40	14,32	2,5
Plastico de Baja densidad	4230	33	40	102,01	17,6
Caucho y Cuero	35	5	40	5,57	1,0
Textiles	3655	41	40	70,94	12,3
Madera	289	5	40	46,00	8,0
Cobre					
Hierro	98	1	40	77,99	11,1
Aluminio	55	1	40	43,77	6,3
Bronce					
Níquel					
Plomo					
Mercurio					
Cadmio					
Vidrio	153	2	40	60,88	10,5
Cerámicos, ceniza, rocas y escombros	355	5	40	56,50	9,8
huesos					
Otros (Inertes)	2784	30	40	73,85	12,8
TOTAL	20066				100

RELLENO SANITARIO PARQUE AMBIENTAL LOMA DE LOS COCOS

Vigencia 2023

5.6 ARROYO GRANDE



PESO HUMEDO (g):	4780
PESO SECO (g):	2897
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	39

PESO HUMEDO (g):	6548
PESO SECO (g):	4568
PESO DE SOBRECARGA (Kg/m ²):	28,01
CAPACIDAD DE CAMPO (%)	0,5972

TIEMPO TRANSCURRIDO DE PERCOLACIÓN (s):	33
ALTURA DEL TANQUE CONTENEDOR (cm):	59
ALTURA DEL RESIDUO DESPUES DE COMPACTAR (cm):	24
PORCENTAJE DE COMPACTACION (%):	59,3
PESO UNITARIO DEL FLUIDO (Kg/m ³):	1000
VISCOCIDAD DINAMICA DEL AGUA (Kg/m-s):	0,001003
PERMEABILIDAD INTRINSECA (m/s):	0,00001
PERMEABILIDAD (m)	6,41

RELLENO SANITARIO PARQUE AMBIENTAL LOMA DE LOS COCOS

**CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE RESIDUOS SÓLIDOS ORDINARIOS
2023**

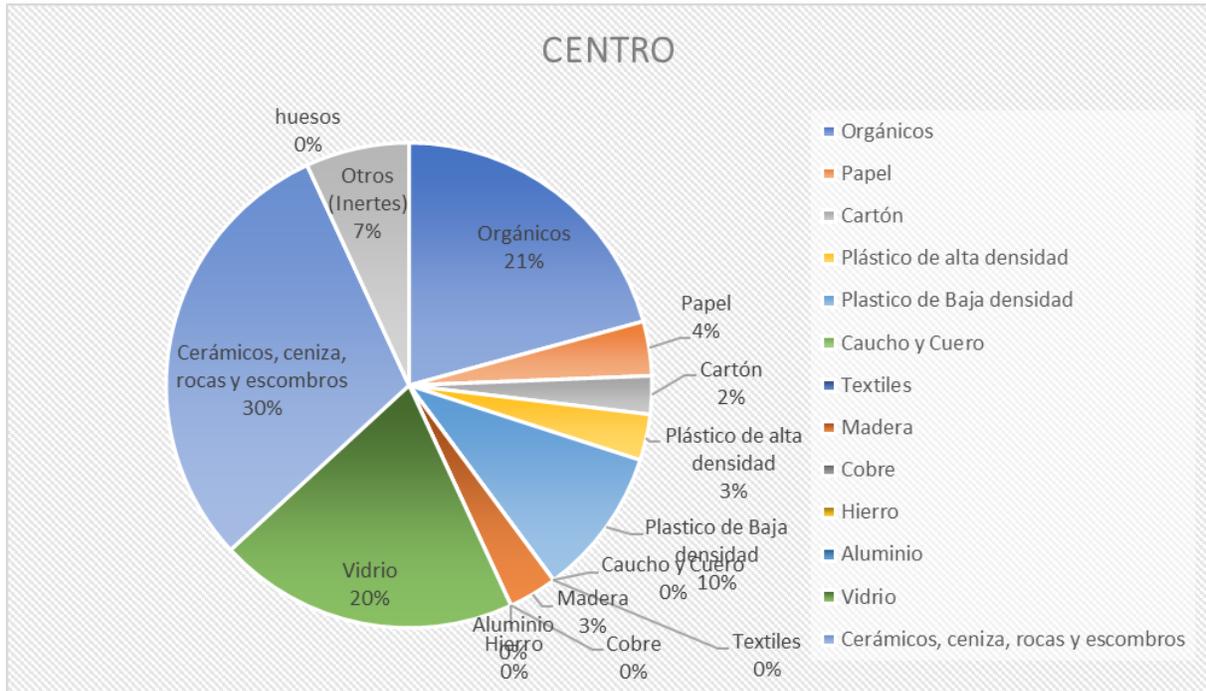
FECHA:	7/09/2023		HORA:	14:58:00 a. m.	
RUTA:		N° MUESTRA:	6	PLACA:	TER176
PROCEDENCIA:	ARROYO GRANDE		RECOLECTOR:	Pacaribe	
PESO NETO EN COMPACTADOR (Kg):	14340	No CUARTEOS:		2	

COMPONENTE	PESO (g)	ALTURA QUE OCUPA EN CONTENEDOR CILINDRICO	DIAMETRO DEL CILINDRO CONTENEDOR (cm)	PESO ESPECIFICO (Kg/m ³)	PORCENTAJE (%)
Orgánicos	9854	52	40	150,80	17,9
Papel	141	6	40	18,70	2,2
Cartón	457	39	40	9,33	1,1
Plástico de alta densidad	856	28	40	24,33	2,9
Plastico de Baja densidad	5784	56	40	82,19	9,7
Caucho y Cuero	25	0,5	40	39,79	4,7
Textiles	1758	54	40	25,91	3,1
Madera	1452	28	40	41,27	4,9
Cobre	245	5	40	38,99	4,6
Hierro	121	3	40	32,10	3,8
Aluminio	421	8	40	41,88	5,0
Bronce					
Níquel					
Plomo					
Mercurio					
Cadmio					
Vidrio	412	3	40	109,29	13,0
Cerámicos, ceniza, rocas y escombros	650	3	40	172,42	20,4
huesos					
Otros (Inertes)	2500	35	40	56,84	6,7
TOTAL	23889				100

RELLENO SANITARIO PARQUE AMBIENTAL LOMA DE LOS COCOS

Vigencia 2023

5.7 CENTRO



PESO HUMEDO (g):	1789
PESO SECO (g):	1010
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	44

PESO HUMEDO (g):	4123
PESO SECO (g):	3214
PESO DE SOBRECARGA (Kg/m ²):	12,86
CAPACIDAD DE CAMPO (%)	0,5987

TIEMPO TRANSCURRIDO DE PERCOLACIÓN (s):	5,11
ALTURA DEL TANQUE CONTENEDOR (cm):	59
ALTURA DEL RESIDUO DESPUES DE COMPACTAR (cm):	22
PORCENTAJE DE COMPACTACION (%):	62,7
PESO UNITARIO DEL FLUIDO (Kg/m ³):	1000
VISCOCIDAD DINAMICA DEL AGUA (Kg/m-s):	0,001003
PERMEABILIDAD INTRINSECA (m/s):	0,00005
PERMEABILIDAD (m)	45,19

RELLENO SANITARIO PARQUE AMBIENTAL LOMA DE LOS COCOS

Vigencia 2023

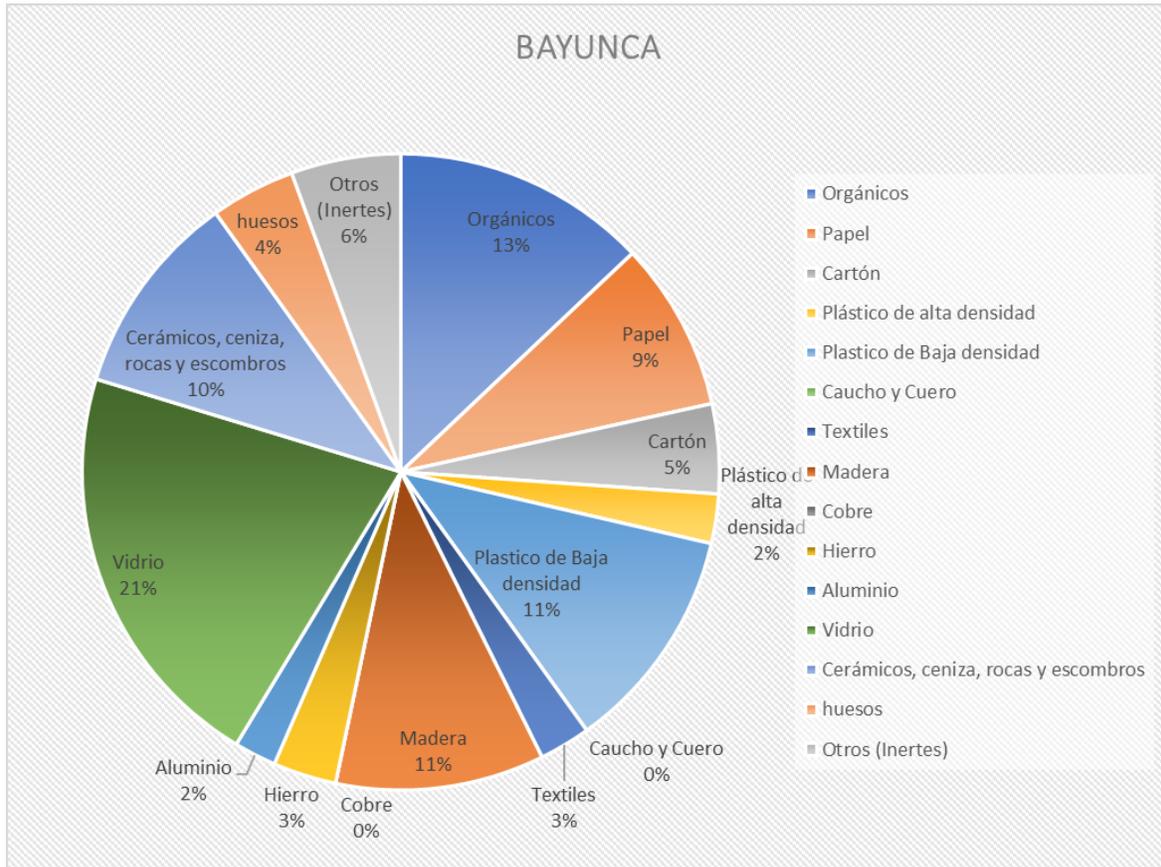
**CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE RESIDUOS SÓLIDOS ORDINARIOS
2023**

FECHA:	7/09/2023		HORA:	07:27	
RUTA:		N° MUESTRA:	7	PLACA:	TEQ657
PROCEDENCIA:	CENTRO		RECOLECTOR:	PACARIBE	
PESO NETO EN COMPACTADOR (Kg):	5,96	No CUARTEOS:		2	
COMPONENTE	PESO (g)	ALTURA QUE OCUPA EN CONTENEDOR CILINDRICO	DIAMETRO DEL CILINDRO CONTENEDOR (cm)	PESO ESPECIFICO (Kg/m ³)	PORCENTAJE (%)
Orgánicos	6051	38	40	126,72	20,7
Papel	501	18	40	22,15	3,6
Cartón	352	18	40	15,56	2,5
Plástico de alta densidad	141	6	40	18,70	3,1
Plastico de Baja densidad	2879	38	40	60,29	9,9
Caucho y Cuero					
Textiles					
Madera	25	1	40	19,89	3,3
Cobre					
Hierro					
Aluminio					
Bronce					
Níquel					
Plomo					
Mercurio					
Cadmio					
Vidrio	1230	8	40	122,35	20,0
Cerámicos, ceniza, rocas y escombros	230	1	40	183,03	30,0
huesos					
Otros (Inertes)	635	12	40	42,11	6,9
TOTAL	12044				100

RELLENO SANITARIO PARQUE AMBIENTAL LOMA DE LOS COCOS

Vigencia 2023

5.8 BAYUNCA



PESO HUMEDO (g):	3158
PESO SECO (g):	1254
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	60
PESO HUMEDO (g):	6351
PESO SECO (g):	5100
PESO DE SOBRECARGA (Kg/m ²):	17,70
CAPACIDAD DE CAMPO (%)	0,5982
TIEMPO TRANSCURRIDO DE PERCOLACIÓN (s):	3,66
ALTURA DEL TANQUE CONTENEDOR (cm):	59
ALTURA DEL RESIDUO DESPUES DE COMPACTAR (cm):	18
PORCENTAJE DE COMPACTACION (%):	69,5
PESO UNITARIO DEL FLUIDO (Kg/m ³):	1000
VISCOCIDAD DINAMICA DEL AGUA (Kg/m-s):	0,001003
PERMEABILIDAD INTRINSECA (m/s):	0,00008
PERMEABILIDAD (m)	77,11

RELLENO SANITARIO PARQUE AMBIENTAL LOMA DE LOS COCOS

Vigencia 2023

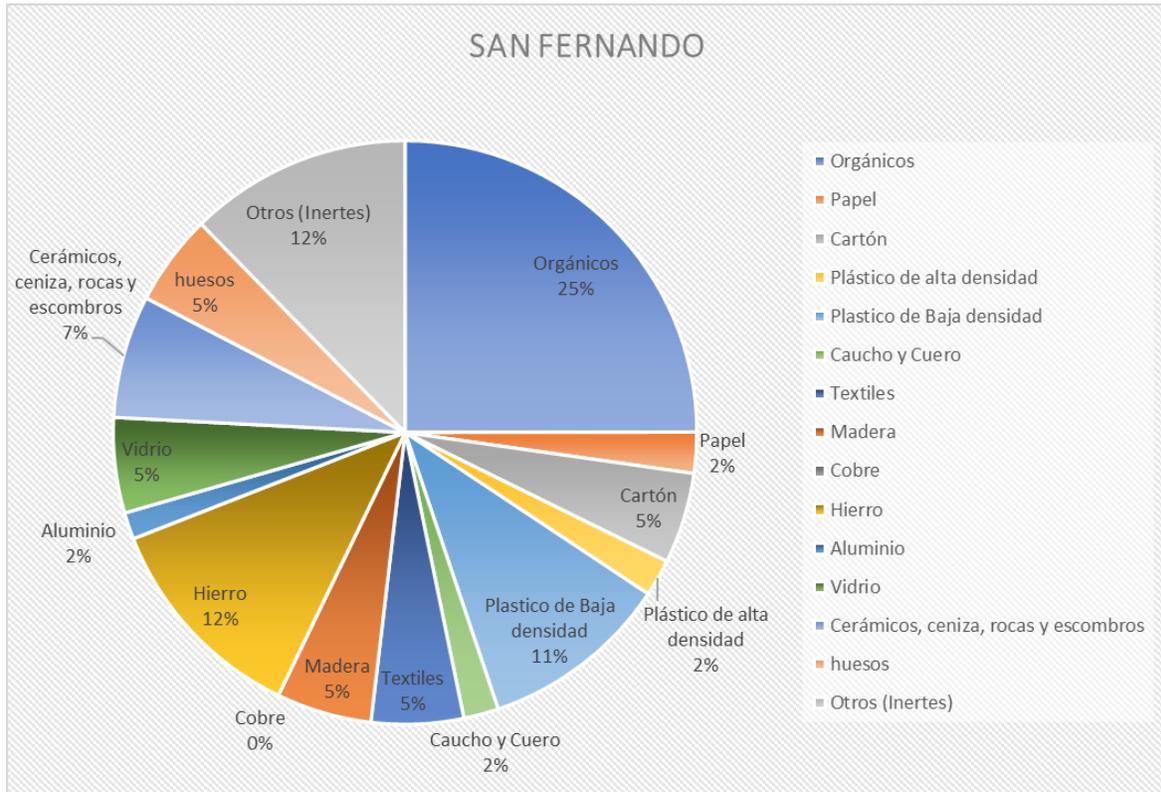
**CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE RESIDUOS SÓLIDOS ORDINARIOS
2023**

FECHA:	7/09/2023		HORA:	11:19 p. m.	
RUTA:		N° MUESTRA:	8	PLACA:	KPP645
PROCEDENCIA:	COMERCIAL		RECOLECTOR:	PACARIBE	
PESO NETO EN COMPACTADOR (Kg):	3430	No CUARTEOS:		2	
COMPONENTE	PESO (g)	ALTURA QUE OCUPA EN CONTENEDOR CILINDRICO	DIAMETRO DEL CILINDRO CONTENEDOR (cm)	PESO ESPECIFICO (Kg/m³)	PORCENTAJE (%)
Orgánicos	6784	50	40	107,97	13,7
Papel	451	5	40	71,78	9,1
Cartón	1574	33	40	37,96	4,8
Plástico de alta densidad	658	25	40	20,95	2,7
Plastico de Baja densidad	4568	38	40	95,66	12,1
Caucho y Cuero					
Textiles	546	20	40	21,73	2,8
Madera	4440	40	40	88,33	11,2
Cobre					
Hierro	321	9	40	28,38	3,4
Aluminio	125	5	41	18,94	2,3
Bronce					
Níquel					
Plomo					
Mercurio					
Cadmio					
Vidrio	1325	6	40	175,74	22,3
Cerámicos, ceniza, rocas y escombros	764	7	40	86,86	11,0
huesos	451	10	40	35,89	4,5
Otros (Inertes)	1458	25	40	46,41	5,9
TOTAL	23019				100

RELLENO SANITARIO PARQUE AMBIENTAL LOMA DE LOS COCOS

Vigencia 2023

5.9 SAN FERNANDO



PESO HUMEDO (g):	2365
PESO SECO (g):	1404
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	41

PESO HUMEDO (g):	4578
PESO SECO (g):	3568
PESO DE SOBRECARGA (Kg/m ³):	14,29
CAPACIDAD DE CAMPO (%)	0,5986

TIEMPO TRANSCURRIDO DE PERCOLACIÓN (s):	7
ALTURA DEL TANQUE CONTENEDOR (cm):	59
ALTURA DEL RESIDUO DESPUES DE COMPACTAR (cm):	33
PORCENTAJE DE COMPACTACION (%):	44,1
PESO UNITARIO DEL FLUIDO (Kg/m ³):	1000
VISCOSIDAD DINAMICA DEL AGUA (Kg/m-s):	0,001003
PERMEABILIDAD INTRINSECA (m/s):	0,00002
PERMEABILIDAD (m)	21,99

RELLENO SANITARIO PARQUE AMBIENTAL LOMA DE LOS COCOS

Vigencia 2023

**CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE RESIDUOS SÓLIDOS ORDINARIOS
2023**

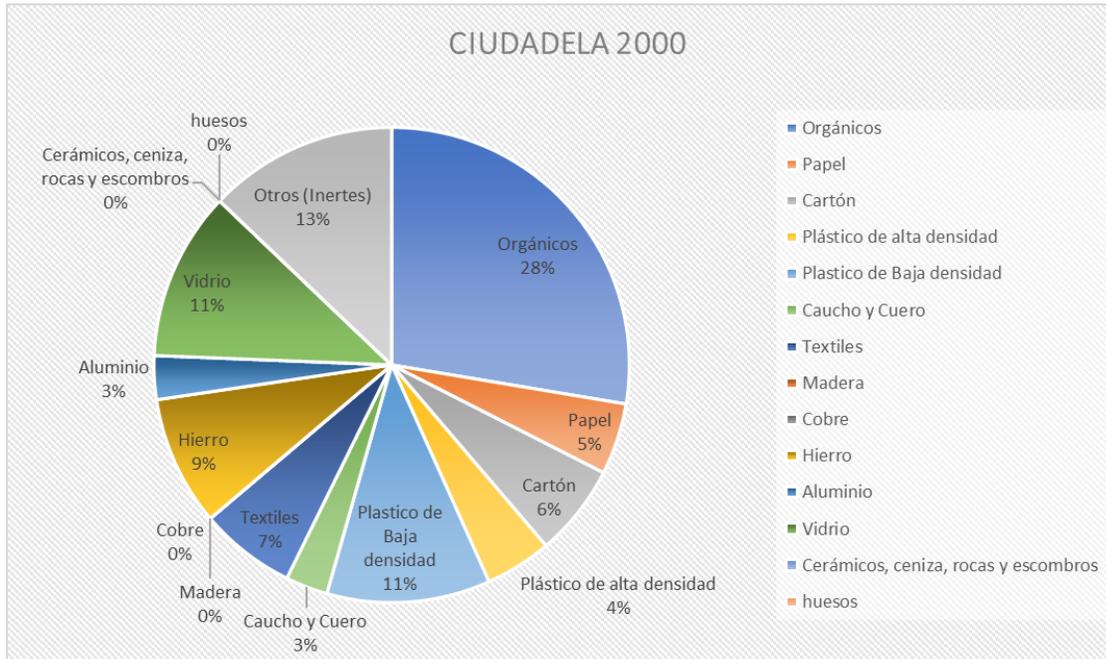
FECHA:	7/09/2023		HORA:	00:02	
RUTA:		N° MUESTRA:	9	PLACA:	LJQ790
PROCEDENCIA:	SAN FERNANDO		RECOLECTOR:	VEOLIA	
PESO NETO EN COMPACTADOR (Kg):	12,99	No CUARTEOS:		2	

COMPONENTE	PESO (g)	ALTURA QUE OCUPA EN CONTENEDOR CILINDRICO	DIAMETRO DEL CILINDRO CONTENEDOR (cm)	PESO ESPECIFICO (Kg/m ³)	PORCENTAJE (%)
Orgánicos	12450	56	40	176,92	28,8
Papel	546	27	40	16,09	2,6
Cartón	1300	29	40	35,67	5,8
Plástico de alta densidad	875	48	40	14,51	2,4
Plastico de Baja densidad	5142	55	40	74,40	12,1
Caucho y Cuero	241	14	40	13,70	2,2
Textiles	1500	33	40	36,17	5,9
Madera	141	3	40	37,40	6,1
Cobre					
Hierro	251	2	40	99,87	13,8
Aluminio	78	5	40	12,41	1,7
Bronce					
Níquel					
Plomo					
Mercurio					
Cadmio					
Vidrio	329	7	40	37,40	6,1
Cerámicos, ceniza, rocas y escombros	121	2	40	48,15	7,8
huesos	45	1	40	35,81	5,8
Otros (Inertes)	6250	57	40	87,26	14,2
TOTAL	28940				100

RELLENO SANITARIO PARQUE AMBIENTAL LOMA DE LOS COCOS

Vigencia 2023

5.10 CIUDADELA 2000



PESO HUMEDO (g):	5478
PESO SECO (g):	2358
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	57

PESO HUMEDO (g):	5412
PESO SECO (g):	3587
PESO DE SOBRECARGA (Kg/m ²):	25,82
CAPACIDAD DE CAMPO (%)	0,5974

TIEMPO TRANSCURRIDO DE PERCOLACIÓN (s):	35
ALTURA DEL TANQUE CONTENEDOR (cm):	59
ALTURA DEL RESIDUO DESPUES DE COMPACTAR (cm):	25
PORCENTAJE DE COMPACTACION (%):	57,6
PESO UNITARIO DEL FLUIDO (Kg/m ³):	1000
VISCOCIDAD DINAMICA DEL AGUA (Kg/m-s):	0,001003
PERMEABILIDAD INTRINSECA (m/s):	0,00001
PERMEABILIDAD (m)	5,81

RELLENO SANITARIO PARQUE AMBIENTAL LOMA DE LOS COCOS

Vigencia 2023

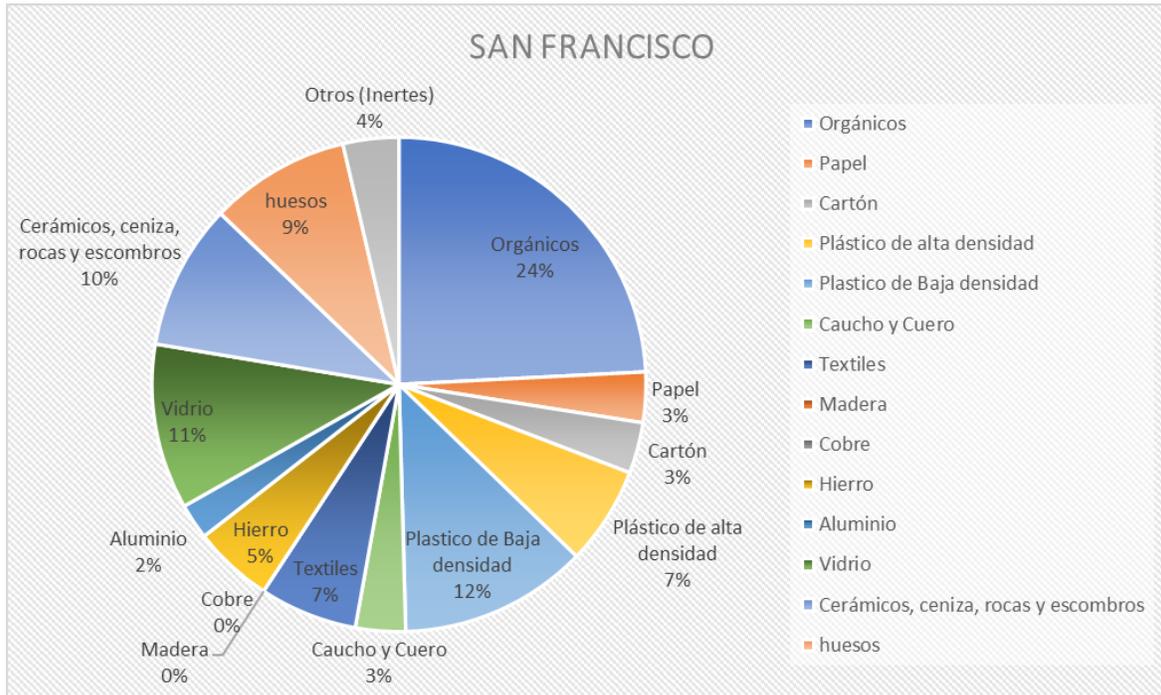
**CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE RESIDUOS SÓLIDOS ORDINARIOS
2023**

FECHA:	7/09/2023		HORA:	16:28	
RUTA:		N° MUESTRA:	10	PLACA:	LJQ981
PROCEDENCIA:	CIUDADELA 2000		RECOLECTOR:	VEOLIA	
PESO NETO EN COMPACTADOR (Kg):	12,95	No CUARTEOS:		2	
COMPONENTE	PESO (g)	ALTURA QUE OCUPA EN CONTENEDOR CILINDRICO	DIAMETRO DEL CILINDRO CONTENEDOR (cm)	PESO ESPECIFICO (Kg/m ³)	PORCENTAJE (%)
Orgánicos	9857	41	40	191,32	31,3
Papel	254	6	40	33,69	5,5
Cartón	2451	45	40	43,34	7,1
Plástico de alta densidad	985	25	40	31,35	5,1
Plastico de Baja densidad	5415	56	40	76,95	12,6
Caucho y Cuero	125	5	40	19,89	3,3
Textiles	1425	25,0	40	45,36	7,4
Madera					
Cobre					
Hierro	444	5	40	70,67	10,0
Aluminio	251	8	41	23,77	3,4
Bronce					
Níquel					
Plomo					
Mercurio					
Cadmio					
Vidrio	300	3	40	79,58	13,0
Cerámicos, ceniza, rocas y escombros					
huesos					
Otros (Inertes)	6050	54	40	89,16	14,6
TOTAL	26862				100

RELLENO SANITARIO PARQUE AMBIENTAL LOMA DE LOS COCOS

Vigencia 2023

5.11 SAN FRANCISCO



PESO HUMEDO (g):	3550
PESO SECO (g):	2020
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	43
PESO HUMEDO (g):	6587
PESO SECO (g):	5487
PESO DE SOBRECARGA (Kg/m ²):	15,56
CAPACIDAD DE CAMPO (%)	0,5984
TIEMPO TRANSCURRIDO DE PERCOLACIÓN (s):	4
ALTURA DEL TANQUE CONTENEDOR (cm):	59
ALTURA DEL RESIDUO DESPUES DE COMPACTAR (cm):	23
PORCENTAJE DE COMPACTACION (%):	61,0
PESO UNITARIO DEL FLUIDO (Kg/m ³):	1000
VISCOCIDAD DINAMICA DEL AGUA (Kg/m-s):	0,001003
PERMEABILIDAD INTRINSECA (m/s):	0,00006
PERMEABILIDAD (m)	55,22

RELLENO SANITARIO PARQUE AMBIENTAL LOMA DE LOS COCOS

Vigencia 2023

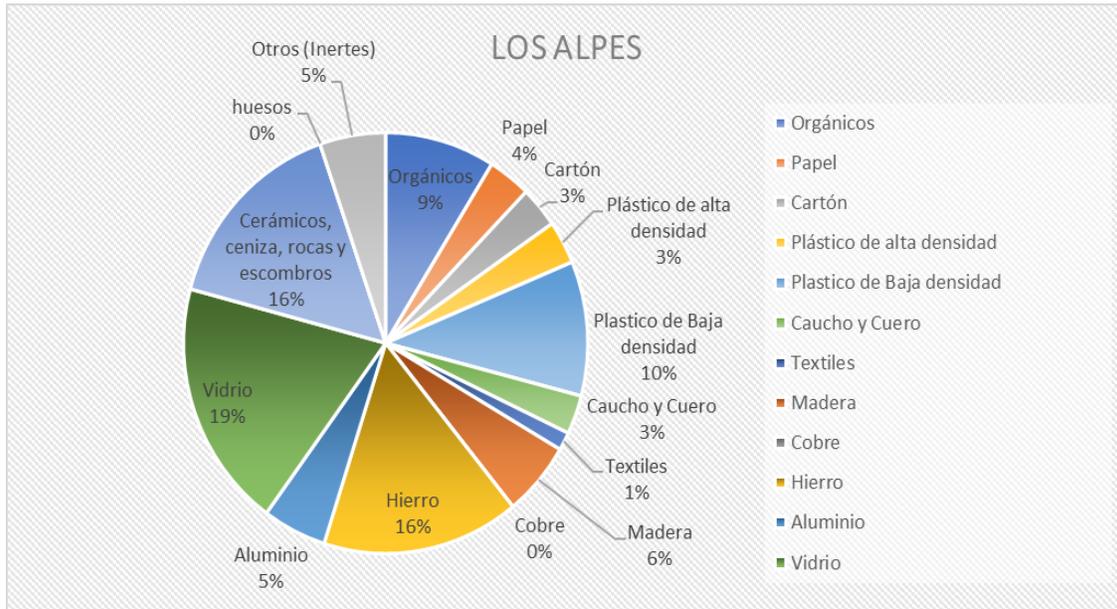
**CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE RESIDUOS SÓLIDOS ORDINARIOS
2023**

FECHA:	6/09/2023		HORA:	11:24 a. m.	
RUTA:		N° MUESTRA:	11	PLACA:	TVB197
PROCEDENCIA:	SAN FRANCISCO		RECOLECTOR:	Pacaribe	
PESO NETO EN COMPACTADOR (Kg):	7900	No CUARTEOS:		2	
COMPONENTE	PESO (g)	ALTURA QUE OCUPA EN CONTENEDOR CILINDRICO	DIAMETRO DEL CILINDRO CONTENEDOR (cm)	PESO ESPECIFICO (Kg/m ³)	PORCENTAJE (%)
Orgánicos	8754	55	40	126,66	26,2
Papel	325	15	40	17,24	3,6
Cartón	856	39	40	17,47	3,6
Plástico de alta densidad	845	20	40	33,62	6,9
Plastico de Baja densidad	3568	44	40	64,53	13,3
Caucho y Cuero	474	22	40	17,15	3,5
Textiles	548	13	40	33,55	6,9
Madera					
Cobre					
Hierro	75	2	40	29,84	5,7
Aluminio	50	3	40	13,26	2,5
Bronce					
Níquel					
Plomo					
Mercurio					
Cadmio					
Vidrio	356	5	40	56,66	11,7
Cerámicos, ceniza, rocas y escombros	1254	20	40	49,90	10,3
huesos	121	2	40	48,15	9,9
Otros (Inertes)	950	39,5	40	19,14	4,0
TOTAL	18051				100

RELLENO SANITARIO PARQUE AMBIENTAL LOMA DE LOS COCOS

Vigencia 2023

5.12 LOS ALPES



PESO HUMEDO (g):	5478
PESO SECO (g):	2358
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	57

PESO HUMEDO (g):	6254
PESO SECO (g):	5412
PESO DE SOBRECARGA (Kg/m ²):	11,91
CAPACIDAD DE CAMPO (%)	0,5988

TIEMPO TRANSCURRIDO DE PERCOLACIÓN (s):	15
ALTURA DEL TANQUE CONTENEDOR (cm):	59
ALTURA DEL RESIDUO DESPUES DE COMPACTAR (cm):	22
PORCENTAJE DE COMPACTACION (%):	62,7
PESO UNITARIO DEL FLUIDO (Kg/m ³):	1000
VISCOSIDAD DINAMICA DEL AGUA (Kg/m-s):	0,001003
PERMEABILIDAD INTRINSECA (m/s):	0,00002
PERMEABILIDAD (m)	15,39

RELLENO SANITARIO PARQUE AMBIENTAL LOMA DE LOS COCOS

Vigencia 2023

**CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE RESIDUOS SÓLIDOS ORDINARIOS
2023**

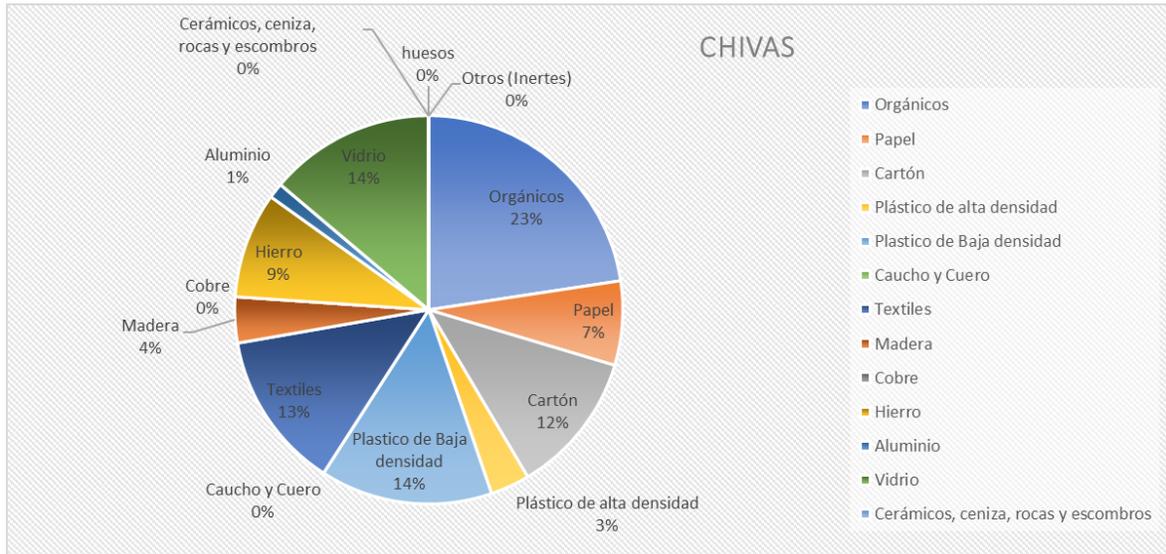
FECHA:	5/09/2023		HORA:	9:30 a. m.	
RUTA:		N° MUESTRA:	12	PLACA:	TFO246
PROCEDENCIA:	LOS ALPES		RECOLECTOR:	PACARIBE	
PESO NETO EN COMPACTADOR (Kg):	3410	No CUARTEOS:		2	

COMPONENTE	PESO (g)	ALTURA QUE OCUPA EN CONTENEDOR CILINDRICO	DIAMETRO DEL CILINDRO CONTENEDOR (cm)	PESO ESPECIFICO (Kg/m ³)	PORCENTAJE (%)
Orgánicos	3254	45	40	57,55	11,1
Papel	845	30	40	22,41	4,3
Cartón	985	38	40	20,63	4,0
Plástico de alta densidad	897	33	40	21,63	4,2
Plastico de Baja densidad	4754	56	40	67,56	13,1
Caucho y Cuero	123	5	40	19,58	3,8
Textiles	321	28	40	9,12	1,8
Madera	47	1	40	37,40	7,2
Cobre					
Hierro	879	5	40	139,90	19,9
Aluminio	456	8	40	45,36	6,5
Bronce					
Níquel					
Plomo					
Mercurio					
Cadmio					
Vidrio	784	5	40	124,78	24,1
Cerámicos, ceniza, rocas y escombros	1025	8	40	101,96	19,7
huesos					
Otros (Inertes)	1425	33	40	34,36	6,6
TOTAL	14460				100

RELLENO SANITARIO PARQUE AMBIENTAL LOMA DE LOS COCOS

Vigencia 2023

5.13 CHIVAS



PESO HUMEDO (g):	4578
PESO SECO (g):	3254
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	29

PESO HUMEDO (g):	5478
PESO SECO (g):	4100
PESO DE SOBRECARGA (Kg/m ³):	19,50
CAPACIDAD DE CAMPO (%)	0,5980

TIEMPO TRANSCURRIDO DE PERCOLACIÓN (s):	120
ALTURA DEL TANQUE CONTENEDOR (cm):	59
ALTURA DEL RESIDUO DESPUES DE COMPACTAR (cm):	33
PORCENTAJE DE COMPACTACION (%):	44,1
PESO UNITARIO DEL FLUIDO (Kg/m ³):	1000
VISCOCIDAD DINAMICA DEL AGUA (Kg/m-s):	0,001003
PERMEABILIDAD INTRINSECA (m/s):	0,00000
PERMEABILIDAD (m)	1,28

**CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE RESIDUOS SÓLIDOS ORDINARIOS
2023**

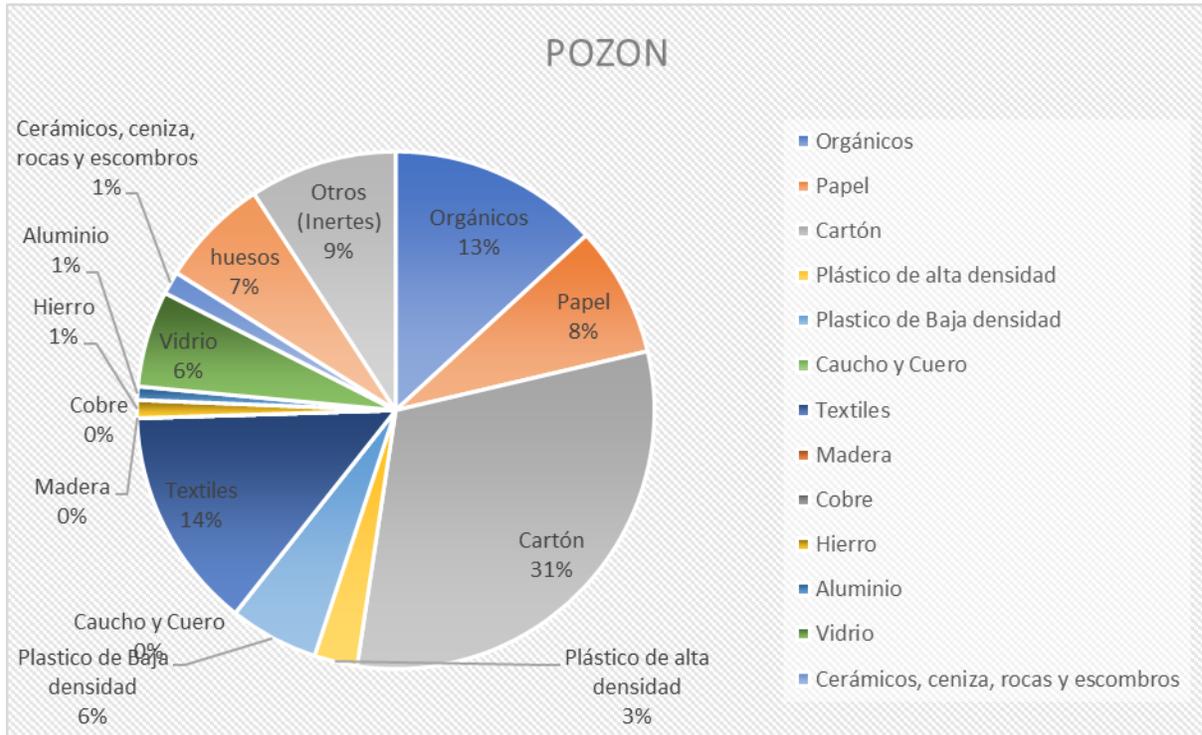
FECHA:	4/09/2023		HORA:	12:13 a. m.	
RUTA:		N° MUESTRA:	13	PLACA:	LJQ795
PROCEDENCIA:	CHIVAS		RECOLECTOR:	IA SERV.IND.COLOMBIA S.A.S	
PESO NETO EN COMPACTADOR (Kg):	18450		No CUARTEOS:	2	

COMPONENTE	PESO (g)	ALTURA QUE OCUPA EN CONTENEDOR CILINDRICO	DIAMETRO DEL CILINDRO CONTENEDOR (cm)	PESO ESPECIFICO (Kg/m ³)	PORCENTAJE (%)
Orgánicos	8789	48	40	145,71	25,1
Papel	1022	18	40	45,18	7,8
Cartón	4325	45	40	76,49	13,2
Plástico de alta densidad	874	33	40	21,08	3,6
Plastico de Baja densidad	5468	47	40	92,58	16,0
Caucho y Cuero					
Textiles	2874	27	40	84,71	14,6
Madera	1022	33	40	24,65	4,3
Cobre					
Hierro	241	3	40	63,93	9,8
Aluminio	58	5	40	9,23	1,4
Bronce					
Níquel					
Plomo					
Mercurio					
Cadmio					
Vidrio	785	7	40	89,24	15,4
Cerámicos, ceniza, rocas y escombros					
huesos					
Otros (Inertes)					
TOTAL	25159				100

RELLENO SANITARIO PARQUE AMBIENTAL LOMA DE LOS COCOS

Vigencia 2023

5.14 POZON



PESO HUMEDO (g):	4257
PESO SECO (g):	2140
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	50

PESO HUMEDO (g):	6857
PESO SECO (g):	2356
PESO DE SOBRECARGA (Kg/m ³):	63,68
CAPACIDAD DE CAMPO (%)	0,5936

TIEMPO TRANSCURRIDO DE PERCOLACIÓN (s):	180
ALTURA DEL TANQUE CONTENEDOR (cm):	59
ALTURA DEL RESIDUO DESPUES DE COMPACTAR (cm):	36
PORCENTAJE DE COMPACTACION (%):	39,0
PESO UNITARIO DEL FLUIDO (Kg/m ³):	1000
VISCOSIDAD DINAMICA DEL AGUA (Kg/m-s):	0,001003
PERMEABILIDAD INTRINSECA (m/s):	0,000001
PERMEABILIDAD (m)	0,78

RELLENO SANITARIO PARQUE AMBIENTAL LOMA DE LOS COCOS

**CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE RESIDUOS SÓLIDOS ORDINARIOS
2023**

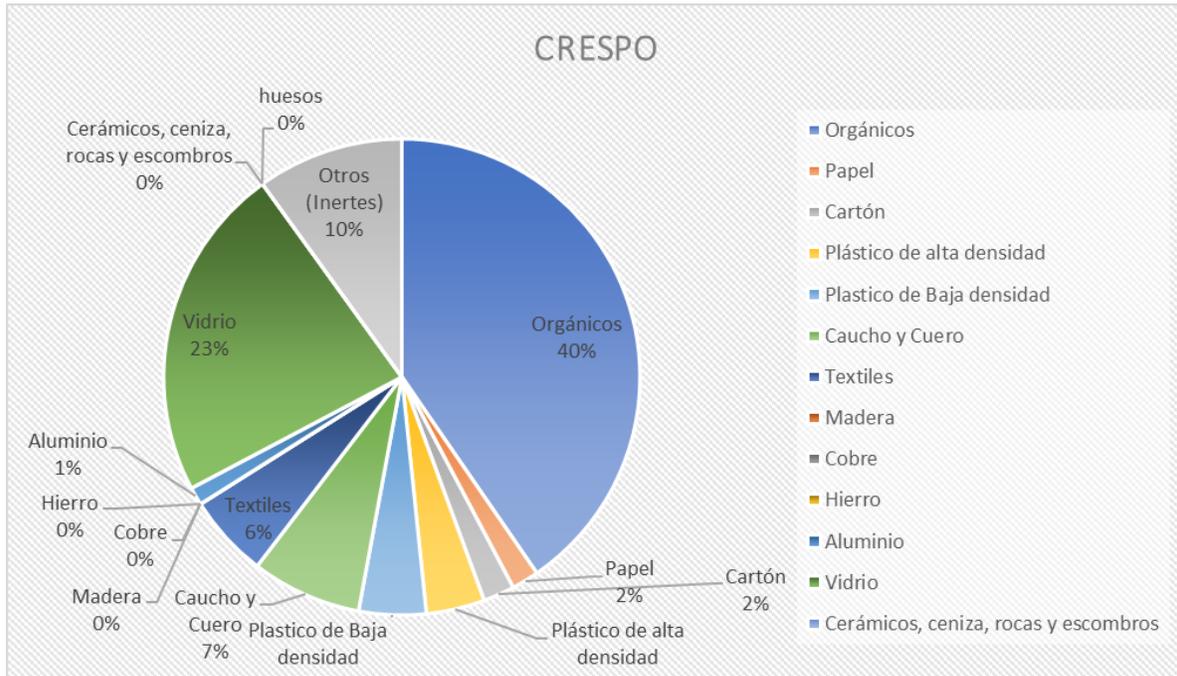
FECHA:	5/09/2023		HORA:	5:32 a. m.	
RUTA:		N° MUESTRA:	14	PLACA:	OUF166
PROCEDENCIA:	Pozon		RECOLECTOR:		
PESO NETO EN COMPACTADOR (Kg):	2380	No CUARTEOS:	2		

COMPONENTE	PESO (g)	ALTURA QUE OCUPA EN CONTENEDOR CILINDRICO (cm)	DIAMETRO DEL CILINDRO CONTENEDOR (cm)	PESO ESPECIFICO (Kg/m ³)	PORCENTAJE (%)
Orgánicos	5370	35	40	122,10	13,4
Papel	95	1	40	75,60	8,3
Cartón	6870	19	40	287,74	31,7
Plástico de alta densidad	940	30	40	24,94	2,7
Plastico de Baja densidad	2855	44	40	51,64	5,7
Caucho y Cuero					
Textiles	1130	7	40	128,46	14,1
Madera					
Cobre					
Hierro	40	3	40	10,61	1,1
Aluminio	30	3	40	7,96	0,9
Bronce					
Níquel					
Plomo					
Mercurio					
Cadmio					
Vidrio	280	4	40	55,71	6,1
Cerámicos, ceniza, rocas y escombros	100	6	40	13,26	1,5
huesos	320	4	40	63,66	7,0
Otros (Inertes)	1180	11	40	85,37	9,4
TOTAL	19140				100

RELLENO SANITARIO PARQUE AMBIENTAL LOMA DE LOS COCOS

Vigencia 2023

5.15 CRESPO



PESO HUMEDO (g):	3985
PESO SECO (g):	2410
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	40

PESO HUMEDO (g):	5368
PESO SECO (g):	2417
PESO DE SOBRECARGA (Kg/m ³):	41,75
CAPACIDAD DE CAMPO (%)	0,5958

TIEMPO TRANSCURRIDO DE PERCOLACIÓN (s):	38
ALTURA DEL TANQUE CONTENEDOR (cm):	59
ALTURA DEL RESIDUO DESPUES DE COMPACTAR (cm):	35
PORCENTAJE DE COMPACTACION (%):	40,7
PESO UNITARIO DEL FLUIDO (Kg/m ³):	1000
VISCOSIDAD DINAMICA DEL AGUA (Kg/m-s):	0,001003
PERMEABILIDAD INTRINSECA (m/s):	0,000004
PERMEABILIDAD (m)	3,82

RELLENO SANITARIO PARQUE AMBIENTAL LOMA DE LOS COCOS

Vigencia 2023

**CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE RESIDUOS SÓLIDOS ORDINARIOS
2023**

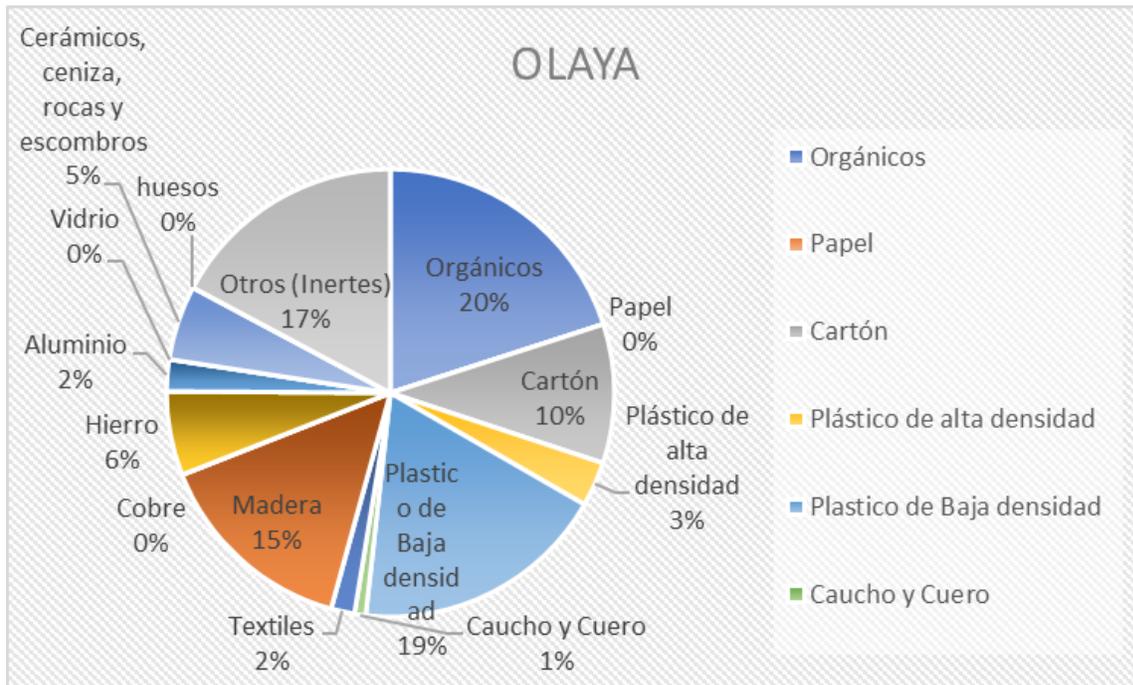
FECHA:	4/09/2023		HORA:	5:32 a. m.	
RUTA:		N° MUESTRA:	15	PLACA:	OUF166
PROCEDENCIA:	Crespo		RECOLECTOR:		
PESO NETO EN COMPACTADOR (Kg):	2380	No CUARTEOS:	2		

COMPONENTE	PESO (g)	ALTURA QUE OCUPA EN CONTENEDOR CILINDRICO (cm)	DIAMETRO DEL CILINDRO CONTENEDOR (cm)	PESO ESPECIFICO (Kg/m ³)	PORCENTAJE (%)
Orgánicos	6985	16	40	347,42	40,9
Papel	20	1	40	15,92	1,9
Cartón	1285	56	40	18,26	2,2
Plástico de alta densidad	900	21	40	34,11	4,0
Plastico de Baja densidad	2760	56	40	39,22	4,6
Caucho y Cuero	485	6	40	64,33	7,6
Textiles	610	10	40	48,54	5,7
Madera					
Cobre					
Hierro					
Aluminio	40	3	40	10,61	1,2
Bronce					
Níquel					
Plomo					
Mercurio					
Cadmio					
Vidrio	3940	16	40	195,97	23,1
Cerámicos, ceniza, rocas y escombros					
huesos					
Otros (Inertes)	2471	23	40	85,50	10,1
TOTAL	19456				100

RELLENO SANITARIO PARQUE AMBIENTAL LOMA DE LOS COCOS

Vigencia 2023

5.16 OLAYA



PESO HUMEDO (g):	4784
PESO SECO (g):	3214
CONTENIDO DE HUMEDAD (%):	33

PESO HUMEDO (g):	4400
PESO SECO (g):	2451
PESO DE SOBRECARGA (Kg/m ²):	27,57
CAPACIDAD DE CAMPO (%):	0,5972

TIEMPO TRANSCURRIDO DE PERCOLACIÓN (s):	89
ALTURA DEL TANQUE CONTENEDOR (cm):	59
ALTURA DEL RESIDUO DESPUES DE COMPACTAR (cm):	33
PORCENTAJE DE COMPACTACION (%):	44,1
PESO UNITARIO DEL FLUIDO (Kg/m ³):	1000
VISCOSIDAD DINAMICA DEL AGUA (Kg/m-s):	0,001003
PERMEABILIDAD INTRINSECA (m/s):	0,000002
PERMEABILIDAD (m):	1,73

RELLENO SANITARIO PARQUE AMBIENTAL LOMA DE LOS COCOS

Vigencia 2023

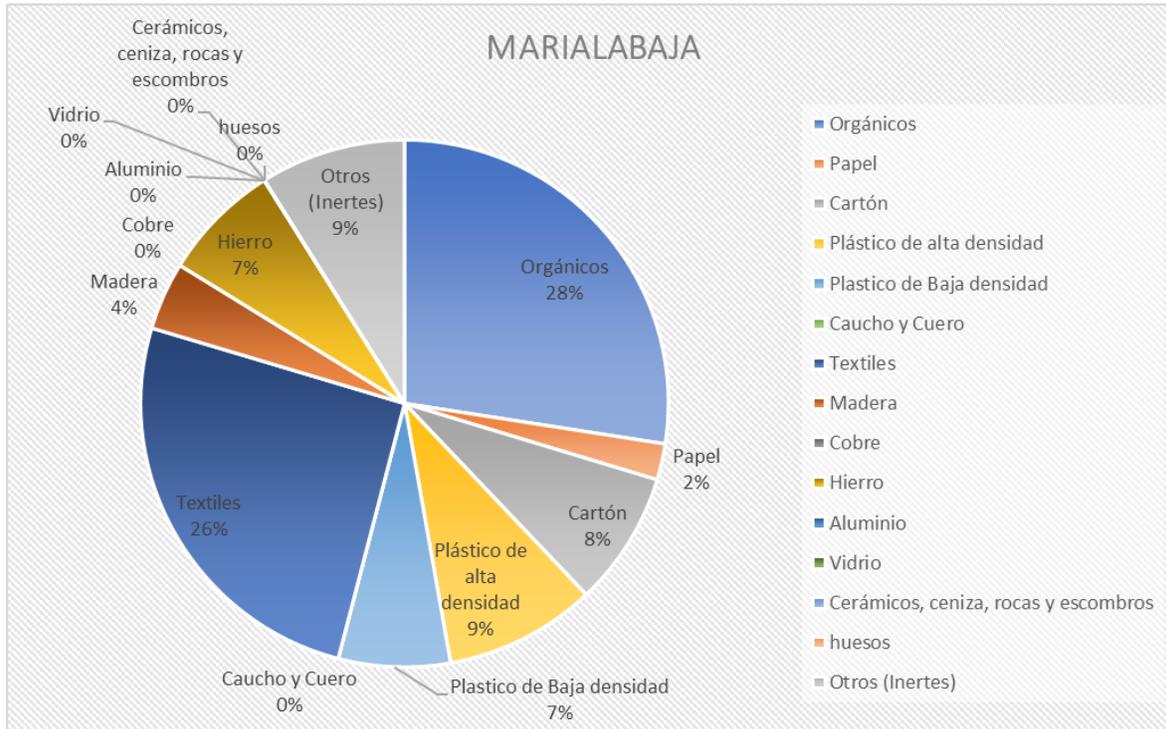
**CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE RESIDUOS SÓLIDOS ORDINARIOS
2023**

FECHA:	4/09/2023		HORA:	5:32 a. m.	
RUTA:		N° MUESTRA:	16	PLACA:	OUF166
PROCEDENCIA:	Olaya		RECOLECTOR:		
PESO NETO EN COMPACTADOR (Kg):	2380	No CUARTEOS:	2		
COMPONENTE	PESO (g)	ALTURA QUE OCUPA EN CONTENEDOR CILINDRICO (cm)	DIAMETRO DEL CILINDRO CONTENEDOR (cm)	PESO ESPECIFICO (Kg/m³)	PORCENTAJE (%)
Orgánicos	9900	50	40	157,57	21,9
Papel					
Cartón	2780	28	40	79,01	11,0
Plástico de alta densidad	1310	41	40	25,43	3,5
Plastico de Baja densidad	6935	38	40	145,23	20,1
Caucho y Cuero	120	15	40	6,37	0,9
Textiles	420	25	40	13,37	1,9
Madera	730	5	40	116,19	16,1
Cobre					
Hierro	330	5	40	52,52	6,6
Aluminio	75	3	40	19,89	2,5
Bronce					
Níquel					
Plomo					
Mercurio					
Cadmio					
Vidrio					
Cerámicos, ceniza, rocas y escombros	160	3	40	42,44	5,9
huesos					
Otros (Inertes)	3400	20	40	135,29	18,8
TOTAL	25755				100

RELLENO SANITARIO PARQUE AMBIENTAL LOMA DE LOS COCOS

Vigencia 2023

5.17 MARIA LABAJA



PESO HUMEDO (g):	5368
PESO SECO (g):	3256
CONTENIDO DE HUMEDAD (%):	39

PESO HUMEDO (g):	6874
PESO SECO (g):	3487
PESO DE SOBRECARGA (Kg/m ²):	47,92
CAPACIDAD DE CAMPO (%):	0,5952

TIEMPO TRANSCURRIDO DE PERCOLACIÓN (s):	120,55
ALTURA DEL TANQUE CONTENEDOR (cm):	59
ALTURA DEL RESIDUO DESPUES DE COMPACTAR (cm):	35
PORCENTAJE DE COMPACTACION (%):	40,7
PESO UNITARIO DEL FLUIDO (Kg/m ³):	1000
VISCOSIDAD DINAMICA DEL AGUA (Kg/m-s):	0,001003
PERMEABILIDAD INTRINSECA (m/s):	0,000001
PERMEABILIDAD (m)	1,20

RELLENO SANITARIO PARQUE AMBIENTAL LOMA DE LOS COCOS

Vigencia 2023

**CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE RESIDUOS SÓLIDOS ORDINARIOS
2023**

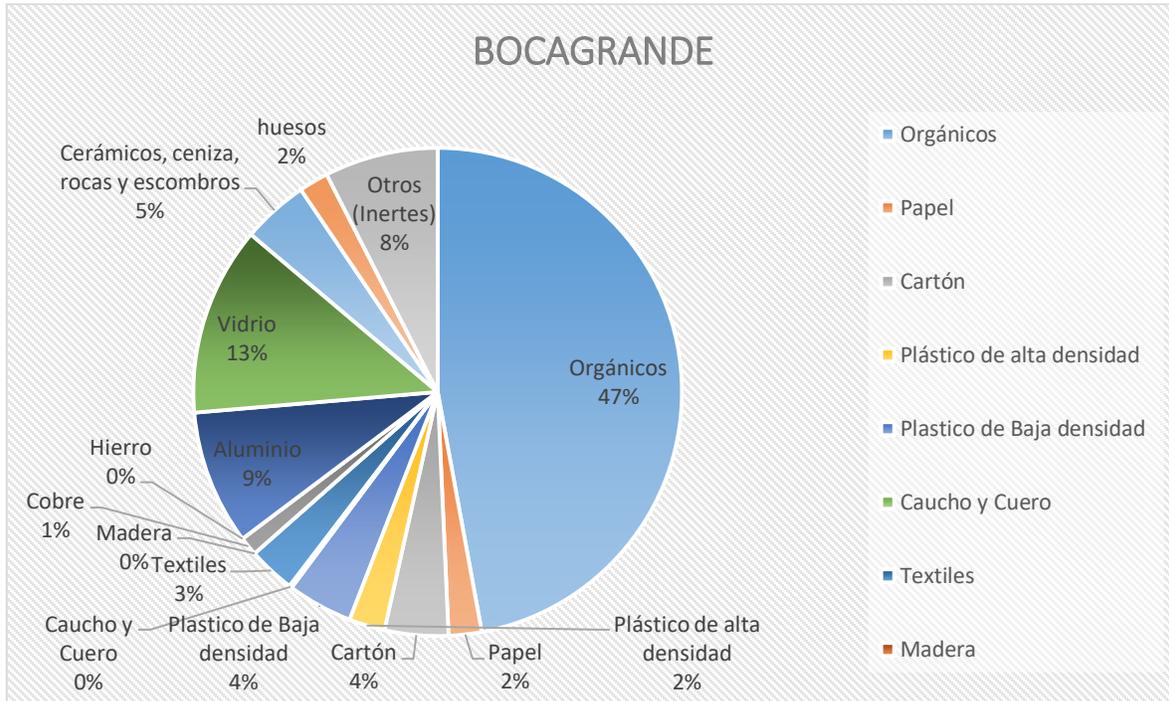
FECHA:	4/09/2023		HORA:	5:32 a. m.	
RUTA:		N° MUESTRA:	17	PLACA:	OUF166
PROCEDENCIA:	Marialabaja		RECOLECTOR:		
PESO NETO EN COMPACTADOR (Kg):	2380	No CUARTEOS:	2		

COMPONENTE	PESO (g)	ALTURA QUE OCUPA EN CONTENEDOR CILINDRICO (cm)	DIAMETRO DEL CILINDRO CONTENEDOR (cm)	PESO ESPECIFICO (Kg/m ³)	PORCENTAJE (%)
Orgánicos	7120	36	40	157,39	29,6
Papel	160	10	40	12,73	2,4
Cartón	1840	31	40	47,23	8,9
Plástico de alta densidad	1740	26	40	53,26	10,0
Plastico de Baja densidad	2760	56	40	39,22	7,4
Caucho y Cuero					
Textiles	6080	33	40	146,62	27,6
Madera	60	2	40	23,87	4,5
Cobre					
Hierro	285	5	40	45,36	7,9
Aluminio					
Bronce					
Níquel					
Plomo					
Mercurio					
Cadmio					
Vidrio	1	7	40	0,11	0,0
Cerámicos, ceniza, rocas y escombros					
huesos					
Otros (Inertes)	770	12	40	51,06	9,6
TOTAL	20531				100

RELLENO SANITARIO PARQUE AMBIENTAL LOMA DE LOS COCOS

Vigencia 2023

5.18 BOCAGRANDE



PESO HUMEDO (g):	5784
PESO SECO (g):	3655
CONTENIDO DE HUMEDAD (%):	37

PESO HUMEDO (g):	6879
PESO SECO (g):	4587
PESO DE SOBRECARGA (Kg/m³):	32,43
CAPACIDAD DE CAMPO (%):	0,5967

TIEMPO TRANSCURRIDO DE PERCOLACIÓN (s):	56
ALTURA DEL TANQUE CONTENEDOR (cm):	59
ALTURA DEL RESIDUO DESPUES DE COMPACTAR (cm):	38
PORCENTAJE DE COMPACTACION (%):	35,6
PESO UNITARIO DEL FLUIDO (Kg/m³)	1000
VISCOSIDAD DINAMICA DEL AGUA (Kg/m-s):	0,001003
PERMEABILIDAD INTRINSECA (m/s):	0,000002
PERMEABILIDAD (m)	2,39

RELLENO SANITARIO PARQUE AMBIENTAL LOMA DE LOS COCOS

**CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE RESIDUOS SÓLIDOS ORDINARIOS
2023**

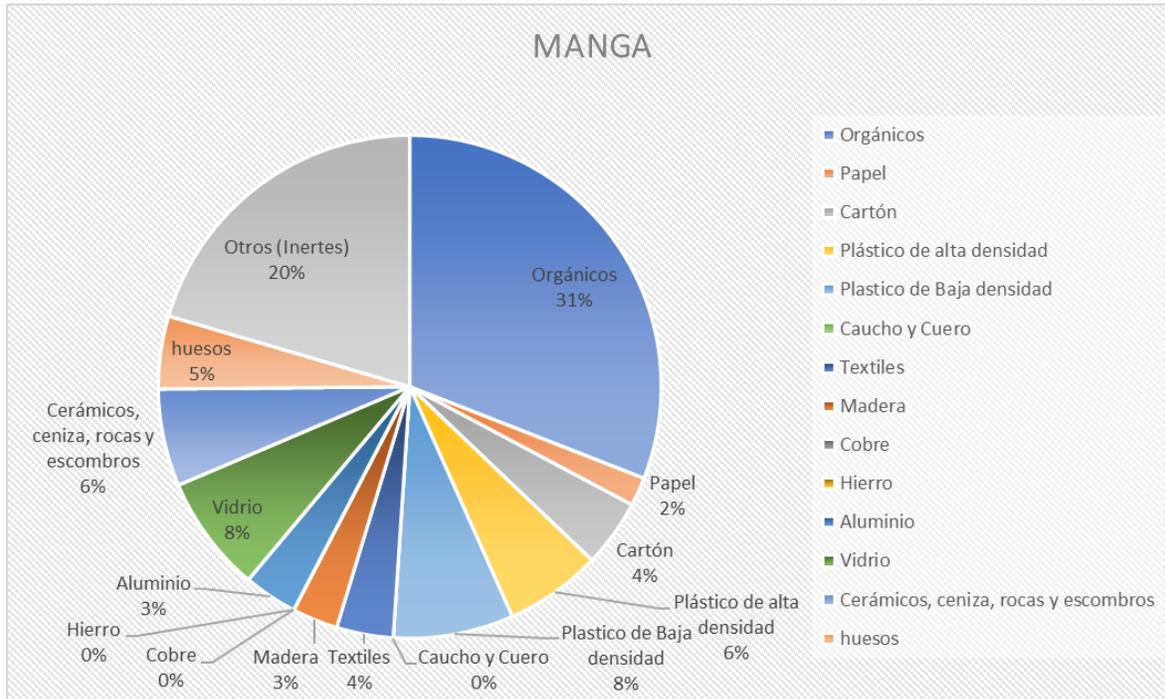
FECHA:	4/09/2023		HORA:	5:32 a. m.	
RUTA:		N° MUESTRA:	18	PLACA:	OUF166
PROCEDENCIA:	Bocagrande		RECOLECTOR:		
PESO NETO EN COMPACTADOR (Kg):	2380	No CUARTEOS:	2		

COMPONENTE	PESO (g)	ALTURA QUE OCUPA EN CONTENEDOR CILINDRICO (cm)	DIAMETRO DEL CILINDRO CONTENEDOR (cm)	PESO ESPECIFICO (Kg/m ³)	PORCENTAJE (%)
Orgánicos	4512	7	40	512,95	52,4
Papel	895	30	40	23,74	2,4
Cartón	2825	49	40	45,88	4,7
Plástico de alta densidad	1821	56	40	25,88	2,6
Plastico de Baja densidad	3310	56	40	47,04	4,8
Caucho y Cuero	70	2	40	2,00	0,2
Textiles	1063	25	40	33,84	3,5
Madera					
Cobre	51	3	40	13,53	1,4
Hierro					
Aluminio	412	3	40	109,29	9,9
Bronce					
Níquel					
Plomo					
Mercurio					
Cadmio					
Vidrio	856	5	40	136,24	13,9
Cerámicos, ceniza, rocas y escombros	60	1	40	47,75	4,9
huesos	80	3	40	21,22	2,2
Otros (Inertes)	1541	15	40	81,76	8,4
TOTAL	17033				100

RELLENO SANITARIO PARQUE AMBIENTAL LOMA DE LOS COCOS

Vigencia 2023

5.19 MANGA



PESO HUMEDO (g):	5477
PESO SECO (g):	3699
CONTENIDO DE HUMEDAD (%):	32

PESO HUMEDO (g):	5789
PESO SECO (g):	3688
PESO DE SOBRECARGA (Kg/m ²):	29,72
CAPACIDAD DE CAMPO (%):	0,5970

TIEMPO TRANSCURRIDO DE PERCOLACIÓN (s):	45
ALTURA DEL TANQUE CONTENEDOR (cm):	59
ALTURA DEL RESIDUO DESPUES DE COMPACTAR (cm):	36
PORCENTAJE DE COMPACTACION (%):	39,0
PESO UNITARIO DEL FLUIDO (Kg/m ³):	1000
VISCOSIDAD DINAMICA DEL AGUA (Kg/m-s):	0,001003
PERMEABILIDAD INTRINSECA (m/s):	0,000003
PERMEABILIDAD (m)	3,14

RELLENO SANITARIO PARQUE AMBIENTAL LOMA DE LOS COCOS

**CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE RESIDUOS SÓLIDOS ORDINARIOS
2023**

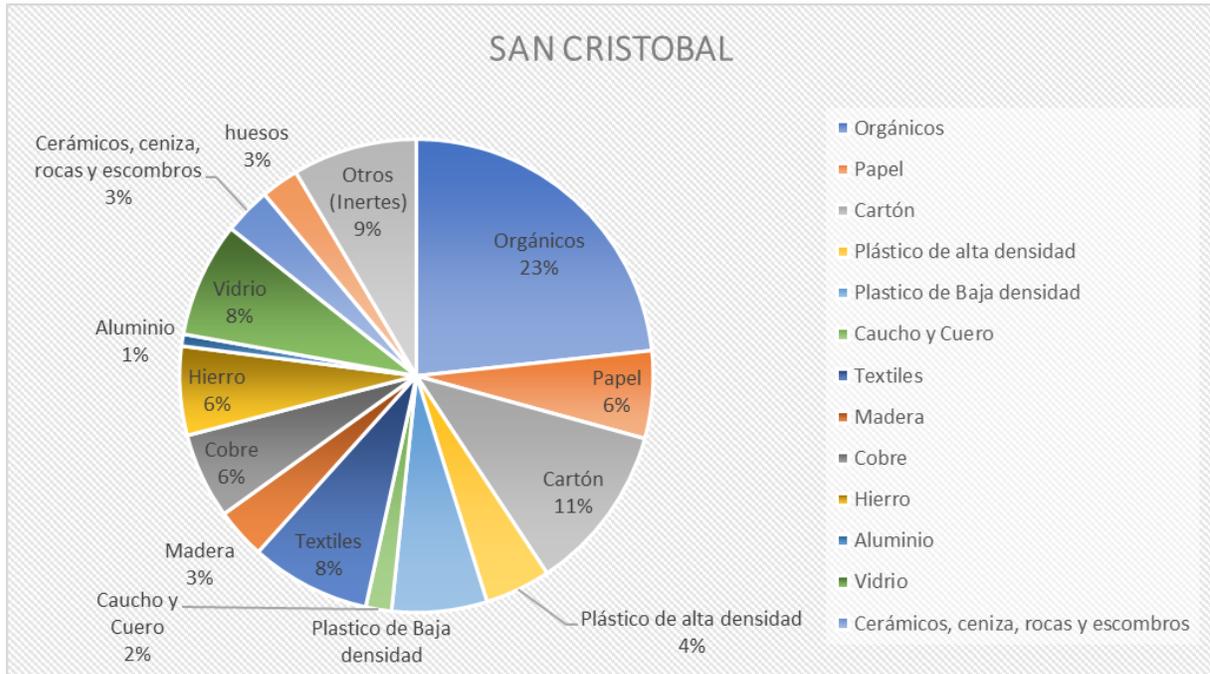
FECHA:	5/09/2023		HORA:	5:32 a. m.	
RUTA:		N° MUESTRA:	19	PLACA:	OUF166
PROCEDENCIA:	Manga		RECOLECTOR:		
PESO NETO EN COMPACTADOR (Kg):	2380	No CUARTEOS:	2		

COMPONENTE	PESO (g)	ALTURA QUE OCUPA EN CONTENEDOR CILINDRICO (cm)	DIAMETRO DEL CILINDRO CONTENEDOR (cm)	PESO ESPECIFICO (Kg/m ³)	PORCENTAJE (%)
Orgánicos	7422	25	40	236,26	32,0
Papel	106	6	40	14,06	1,9
Cartón	915	22	40	33,10	4,5
Plástico de alta densidad	1251	21	40	47,41	6,4
Plastico de Baja densidad	2451	33	40	59,11	8,0
Caucho y Cuero					
Textiles	175	5	40	27,85	3,8
Madera	141	5	40	22,44	3,0
Cobre					
Hierro					
Aluminio	275	8	40	27,36	3,6
Bronce					
Níquel					
Plomo					
Mercurio					
Cadmio					
Vidrio	505	7	40	57,41	7,8
Cerámicos, ceniza, rocas y escombros	60	1	40	47,75	6,5
huesos	45	1	40	35,81	4,9
Otros (Inertes)	6870	35	40	156,20	21,2
TOTAL	19941				100

RELLENO SANITARIO PARQUE AMBIENTAL LOMA DE LOS COCOS

Vigencia 2023

5.20 SAN CRISTOBAL



PESO HUMEDO (g):	5874
PESO SECO (g):	4758
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	19

PESO HUMEDO (g):	6584
PESO SECO (g):	3658
PESO DE SOBRECARGA (Kg/m ³):	41,40
CAPACIDAD DE CAMPO (%)	0,5958

TIEMPO TRANSCURRIDO DE PERCOLACIÓN (s):	59
ALTURA DEL TANQUE CONTENEDOR (cm):	59
ALTURA DEL RESIDUO DESPUES DE COMPACTAR (cm):	36
PORCENTAJE DE COMPACTACION (%):	39,0
PESO UNITARIO DEL FLUIDO (Kg/m ³):	1000
VISCOSIDAD DINAMICA DEL AGUA (Kg/m-s):	0,001003
PERMEABILIDAD INTRINSECA (m/s):	0,000002
PERMEABILIDAD (m)	2,39

RELLENO SANITARIO PARQUE AMBIENTAL LOMA DE LOS COCOS

Vigencia 2023

**CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE RESIDUOS SÓLIDOS ORDINARIOS
2023**

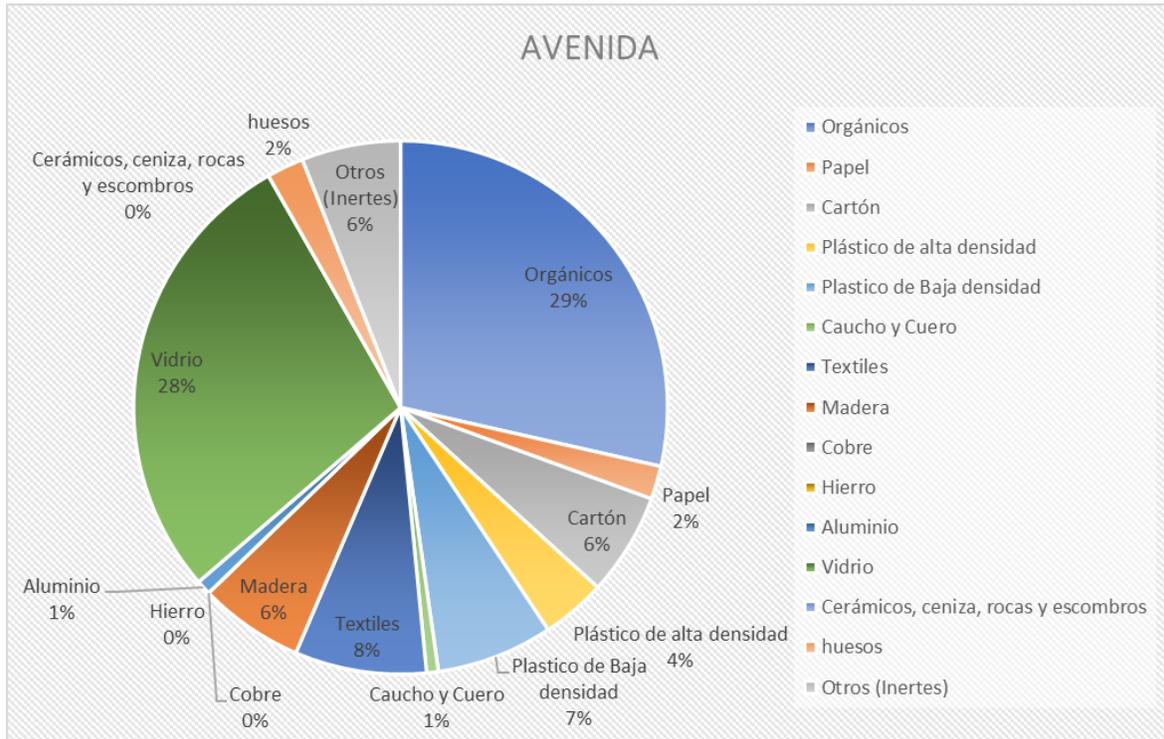
FECHA:	5/09/2023		HORA:	5:32 a. m.	
RUTA:		N° MUESTRA:	20	PLACA:	OUF166
PROCEDENCIA:	San cristobal				
PESO NETO EN COMPACTADOR (Kg):	2380	No CUARTEOS:		2	

COMPONENTE	PESO (g)	ALTURA QUE OCUPA EN CONTENEDOR CILINDRICO (cm)	DIAMETRO DEL CILINDRO CONTENEDOR (cm)	PESO ESPECIFICO (Kg/m ³)	PORCENTAJE (%)
Orgánicos	8150	41	40	158,19	26,7
Papel	255	5	40	40,59	6,8
Cartón	3511	36	40	77,61	13,1
Plástico de alta densidad	2140	56	40	30,41	5,1
Plastico de Baja densidad	3110	56	40	44,20	7,5
Caucho y Cuero	15	1	40	11,94	2,0
Textiles	210	3	40	55,71	9,4
Madera	970	33	40	23,39	3,9
Cobre	250	5	40	39,79	6,7
Hierro	60	1	40	47,75	7,0
Aluminio	40	5	40	6,37	0,9
Bronce					
Níquel					
Plomo					
Mercurio					
Cadmio					
Vidrio	470	7	40	53,43	9,0
Cerámicos, ceniza, rocas y escombros	55	2	40	21,88	3,7
huesos	110	5	40	17,51	3,0
Otros (Inertes)	2250	31	40	57,76	9,7
TOTAL	21246				100

RELLENO SANITARIO PARQUE AMBIENTAL LOMA DE LOS COCOS

Vigencia 2023

5.21 AVENIDA



PESO HUMEDO (g):	5648
PESO SECO (g):	4758
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	16

PESO HUMEDO (g):	6587
PESO SECO (g):	5554
PESO DE SOBRECARGA (Kg/m ²):	14,61
CAPACIDAD DE CAMPO (%)	0,5985

TIEMPO TRANSCURRIDO DE PERCOLACIÓN (s):	15
ALTURA DEL TANQUE CONTENEDOR (cm):	59
ALTURA DEL RESIDUO DESPUES DE COMPACTAR (cm):	30
PORCENTAJE DE COMPACTACION (%):	49,2
PESO UNITARIO DEL FLUIDO (Kg/m ³):	1000
VISCOCIDAD DINAMICA DEL AGUA (Kg/m-s):	0,001003
PERMEABILIDAD INTRINSECA (m/s):	0,000011
PERMEABILIDAD (m)	11,29

RELLENO SANITARIO PARQUE AMBIENTAL LOMA DE LOS COCOS

**CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE RESIDUOS SÓLIDOS ORDINARIOS
2023**

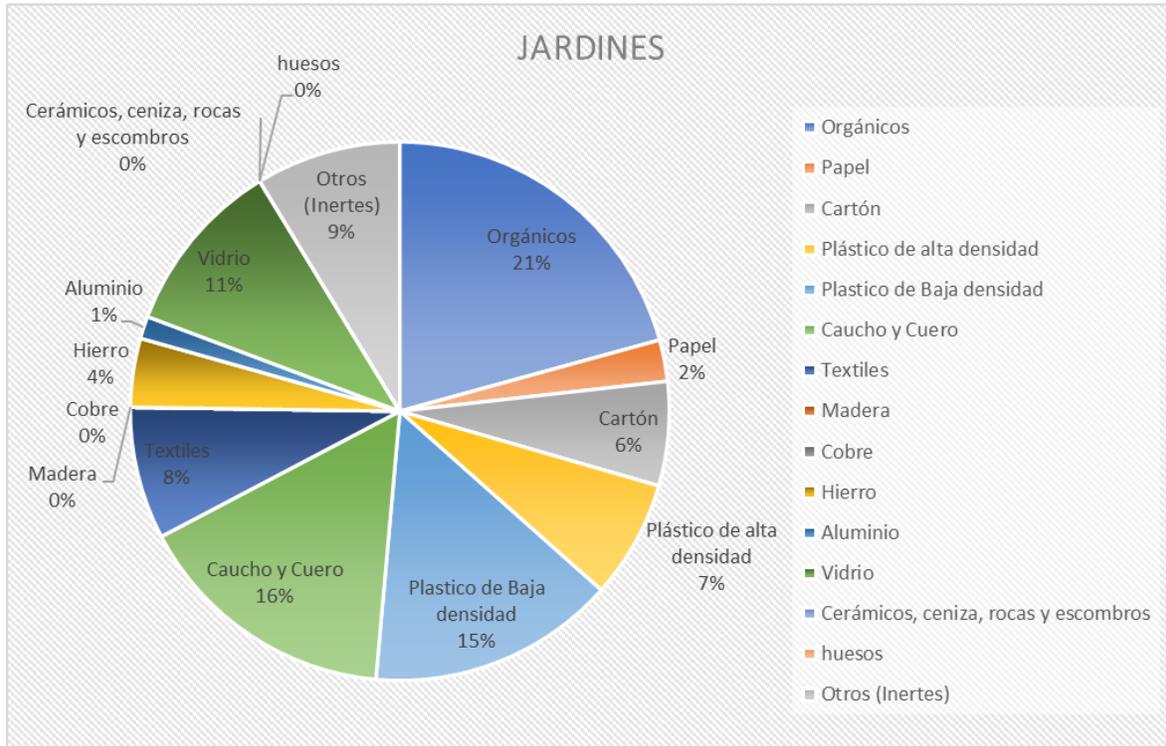
FECHA:	6/09/2023		HORA:	5:32 a. m.	
RUTA:		N° MUESTRA:	21	PLACA:	OUF166
PROCEDENCIA:	Avenida 1		RECOLECTOR:		
PESO NETO EN COMPACTADOR (Kg):	2380	No CUARTEOS:	2		

COMPONENTE	PESO (g)	ALTURA QUE OCUPA EN CONTENEDOR CILINDRICO (cm)	DIAMETRO DEL CILINDRO CONTENEDOR (cm)	PESO ESPECIFICO (Kg/m ³)	PORCENTAJE (%)
Orgánicos	5305	25	40	168,87	28,8
Papel	60	4	40	11,94	2,0
Cartón	971	21	40	36,80	6,3
Plástico de alta densidad	1449	50	40	23,06	3,9
Plastico de Baja densidad	2150	41	40	41,73	7,1
Caucho y Cuero	32	6	40	4,24	0,7
Textiles	474	8	40	47,15	8,0
Madera	992	21	40	37,59	6,4
Cobre					
Hierro					
Aluminio	20	3	40	5,31	0,9
Bronce					
Níquel					
Plomo					
Mercurio					
Cadmio					
Vidrio	1880	9	40	166,23	28,3
Cerámicos, ceniza, rocas y escombros					
huesos	50	3	40	13,26	2,3
Otros (Inertes)	2230	50	40	35,49	6,1
TOTAL	15593				100

RELLENO SANITARIO PARQUE AMBIENTAL LOMA DE LOS COCOS

Vigencia 2023

5.22 JARDIN



PESO HUMEDO (g):	4578
PESO SECO (g):	4000
CONTENIDO DE HUMEDAD (%):	13

PESO HUMEDO (g):	5478
PESO SECO (g):	4120
PESO DE SOBRECARGA (Kg/m ²):	19,21
CAPACIDAD DE CAMPO (%):	0,5981

TIEMPO TRANSCURRIDO DE PERCOLACIÓN (s):	12,2
ALTURA DEL TANQUE CONTENEDOR (cm):	59
ALTURA DEL RESIDUO DESPUES DE COMPACTAR (cm):	42
PORCENTAJE DE COMPACTACION (%):	28,8
PESO UNITARIO DEL FLUIDO (Kg/m ³):	1000
VISCOCIDAD DINAMICA DEL AGUA (Kg/m-s):	0,001003
PERMEABILIDAD INTRINSECA (m/s):	0,000010
PERMEABILIDAD (m)	9,91

RELLENO SANITARIO PARQUE AMBIENTAL LOMA DE LOS COCOS

Vigencia 2023

**CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE RESIDUOS SÓLIDOS ORDINARIOS
2023**

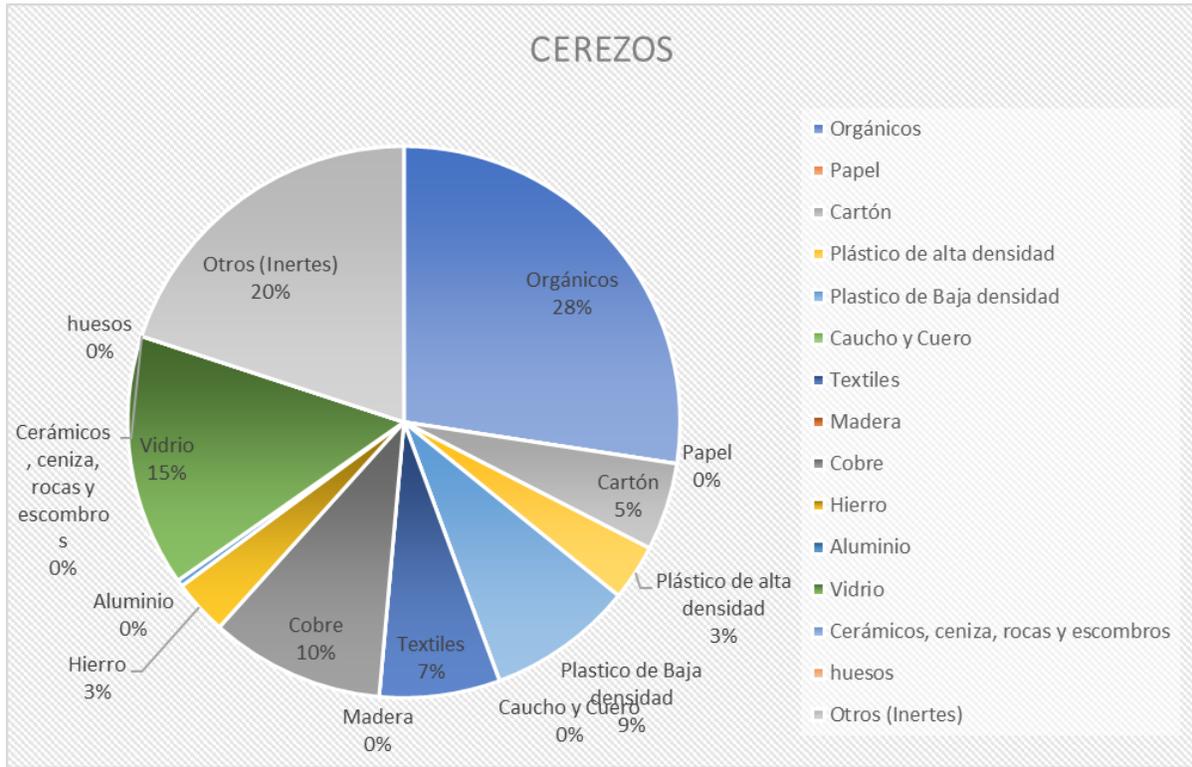
FECHA:	6/09/2023		HORA:	5:32 a. m.	
RUTA:		N° MUESTRA:	22	PLACA:	OUF166
PROCEDENCIA:	Jardines		RECOLECTOR:		
PESO NETO EN COMPACTADOR (Kg):	2380	No CUARTEOS:		2	

COMPONENTE	PESO (g)	ALTURA QUE OCUPA EN CONTENEDOR CILINDRICO (cm)	DIAMETRO DEL CILINDRO CONTENEDOR (cm)	PESO ESPECIFICO (Kg/m ³)	PORCENTAJE (%)
Orgánicos	6328	51	40	98,74	21,9
Papel	223	15	40	11,83	2,6
Cartón	1421	38	40	29,76	6,6
Plástico de alta densidad	1485	35	40	33,76	7,5
Plastico de Baja densidad	4891	55	40	70,77	15,7
Caucho y Cuero	570	6	40	75,60	16,8
Textiles	1520	32	40	37,80	8,4
Madera					
Cobre					
Hierro	210	8	40	20,89	4,4
Aluminio	60	7	40	6,82	1,4
Bronce					
Níquel					
Plomo					
Mercurio					
Cadmio					
Vidrio	760	12	40	50,40	11,2
Cerámicos, ceniza, rocas y escombros					
huesos					
Otros (Inertes)	1458	28	40	41,44	9,2
TOTAL	18656				100

RELLENO SANITARIO PARQUE AMBIENTAL LOMA DE LOS COCOS

Vigencia 2023

5.23 CEREZOS



PESO HUMEDO (g):	4141
PESO SECO (g):	3254
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	21
PESO HUMEDO (g):	6587
PESO SECO (g):	4785
PESO DE SOBRECARGA (Kg/m ²):	25,49
CAPACIDAD DE CAMPO (%)	0,5974
TIEMPO TRANSCURRIDO DE PERCOLACIÓN (s):	47
ALTURA DEL TANQUE CONTENEDOR (cm):	59
ALTURA DEL RESIDUO DESPUES DE COMPACTAR (cm):	38
PORCENTAJE DE COMPACTACION (%):	35,6
PESO UNITARIO DEL FLUIDO (Kg/m ³):	1000
VISCOCIDAD DINAMICA DEL AGUA (Kg/m-s):	0,001003
PERMEABILIDAD INTRINSECA (m/s):	0,000003
PERMEABILIDAD (m)	2,84

RELLENO SANITARIO PARQUE AMBIENTAL LOMA DE LOS COCOS

Vigencia 2023

**CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE RESIDUOS SÓLIDOS ORDINARIOS
2023**

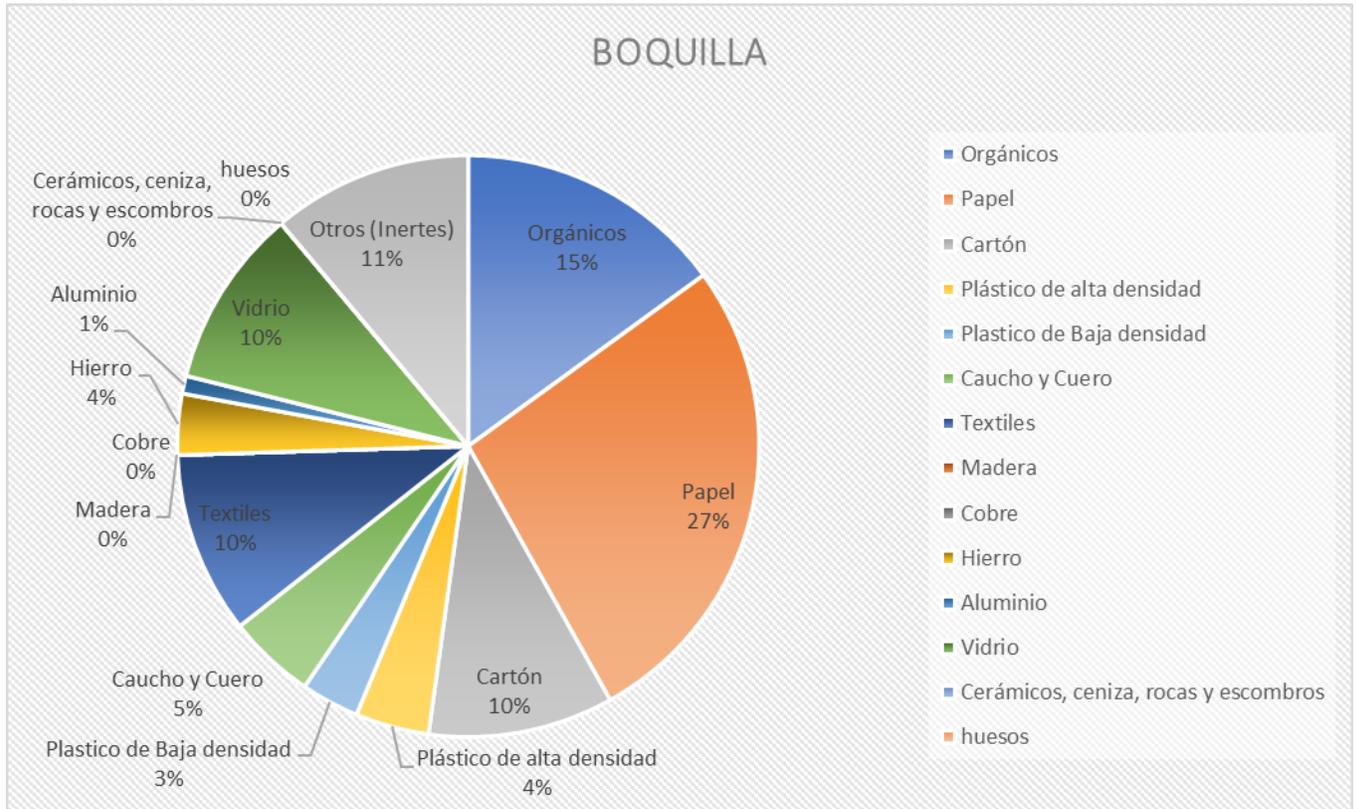
FECHA:	6/09/2023		HORA:	5:32 a. m.	
RUTA:		N° MUESTRA:	23	PLACA:	OUF166
PROCEDENCIA:	Cerezos		RECOLECTOR:		
PESO NETO EN COMPACTADOR (Kg):	2380	No CUARTEOS:	2		

COMPONENTE	PESO (g)	ALTURA QUE OCUPA EN CONTENEDOR CILINDRICO (cm)	DIAMETRO DEL CILINDRO CONTENEDOR (cm)	PESO ESPECIFICO (Kg/m ³)	PORCENTAJE (%)
Orgánicos	4080	16	40	202,93	31,8
Papel					
Cartón	1770	37	40	38,07	6,0
Plástico de alta densidad	1220	40	40	24,27	3,8
Plastico de Baja densidad	2856	36	40	63,13	9,9
Caucho y Cuero					
Textiles	985	15	40	52,26	8,2
Madera					
Cobre	285	3	40	75,60	11,9
Hierro	175	5	40	27,85	3,7
Aluminio	25	6	40	3,32	0,4
Bronce					
Níquel					
Plomo					
Mercurio					
Cadmio					
Vidrio	825	6	40	109,42	17,2
Cerámicos, ceniza, rocas y escombros	416				
huesos	258				
Otros (Inertes)	4455	24	40	147,72	23,2
TOTAL	16865				100

RELLENO SANITARIO PARQUE AMBIENTAL LOMA DE LOS COCOS

Vigencia 2023

5.24 BOQUILLA



PESO HUMEDO (g):	5478
PESO SECO (g):	4515
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	18
PESO HUMEDO (g):	7845
PESO SECO (g):	6857
PESO DE SOBRECARGA (Kg/m ²):	13,98
CAPACIDAD DE CAMPO (%)	0,5986
TIEMPO TRANSCURRIDO DE PERCOLACIÓN (s):	46
ALTURA DEL TANQUE CONTENEDOR (cm):	59
ALTURA DEL RESIDUO DESPUES DE COMPACTAR (cm):	38
PORCENTAJE DE COMPACTACION (%):	35,6
PESO UNITARIO DEL FLUIDO (Kg/m ³):	1000
VISCOCIDAD DINAMICA DEL AGUA (Kg/m-s):	0,001003
PERMEABILIDAD INTRINSECA (m/s):	0,000003
PERMEABILIDAD (m)	2,91

RELLENO SANITARIO PARQUE AMBIENTAL LOMA DE LOS COCOS

Vigencia 2023

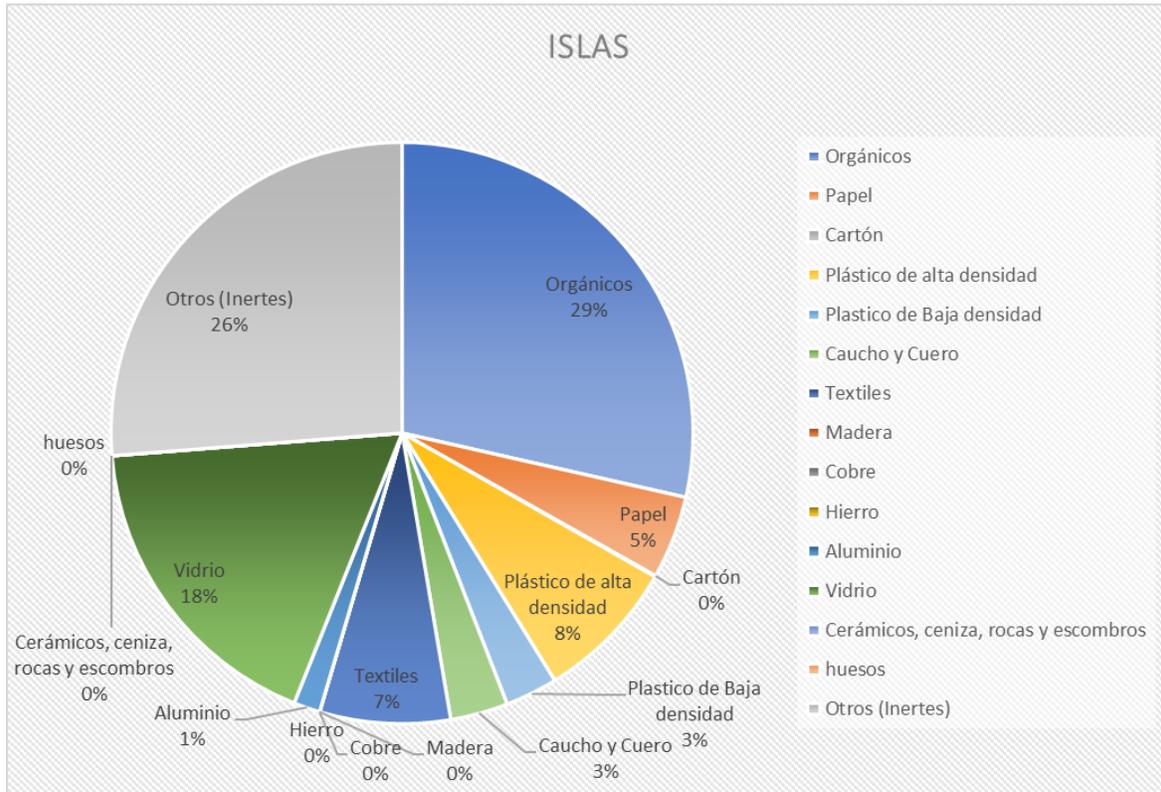
**CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE RESIDUOS SÓLIDOS ORDINARIOS
2023**

FECHA:	6/09/2023		HORA:	5:32 a. m.	
RUTA:		N° MUESTRA:	24	PLACA:	OUF166
PROCEDENCIA:	Boquilla		RECOLECTOR:		
PESO NETO EN COMPACTADOR (Kg):	2380	No CUARTEOS:	2		
COMPONENTE	PESO (g)	ALTURA QUE OCUPA EN CONTENEDOR CILINDRICO (cm)	DIAMETRO DEL CILINDRO CONTENEDOR (cm)	PESO ESPECIFICO (Kg/m³)	PORCENTAJE (%)
Orgánicos	4040	23	40	139,78	15,7
Papel	630	2	40	250,68	28,1
Cartón	965	8	40	95,99	10,8
Plástico de alta densidad	1390	29	40	38,14	4,3
Plastico de Baja densidad	2120	56	40	30,13	3,4
Caucho y Cuero	285	5	40	45,36	5,1
Textiles	1305	11	40	94,41	10,6
Madera					
Cobre					
Hierro	125	3	40	33,16	3,5
Aluminio	85	7	40	9,66	1,0
Bronce					
Níquel					
Plomo					
Mercurio					
Cadmio					
Vidrio	585	5	40	93,11	10,4
Cerámicos, ceniza, rocas y escombros					
huesos					
Otros (Inertes)	2475	19	40	103,66	11,6
TOTAL	13795				100

RELLENO SANITARIO PARQUE AMBIENTAL LOMA DE LOS COCOS

Vigencia 2023

5.25 ISLAS



PESO HUMEDO (g):	4758
PESO SECO (g):	3668
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	23

PESO HUMEDO (g):	6857
PESO SECO (g):	4785
PESO DE SOBRECARGA (Kg/m ²):	29,31
CAPACIDAD DE CAMPO (%)	0,5970

TIEMPO TRANSCURRIDO DE PERCOLACIÓN (s):	15
ALTURA DEL TANQUE CONTENEDOR (cm):	59
ALTURA DEL RESIDUO DESPUES DE COMPACTAR (cm):	30
PORCENTAJE DE COMPACTACION (%):	49,2
PESO UNITARIO DEL FLUIDO (Kg/m ³):	1000
VISCOCIDAD DINAMICA DEL AGUA (Kg/m-s):	0,001003
PERMEABILIDAD INTRINSECA (m/s):	0,000011
PERMEABILIDAD (m)	11,29

RELLENO SANITARIO PARQUE AMBIENTAL LOMA DE LOS COCOS

Vigencia 2023

**CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE RESIDUOS SÓLIDOS ORDINARIOS
2023**

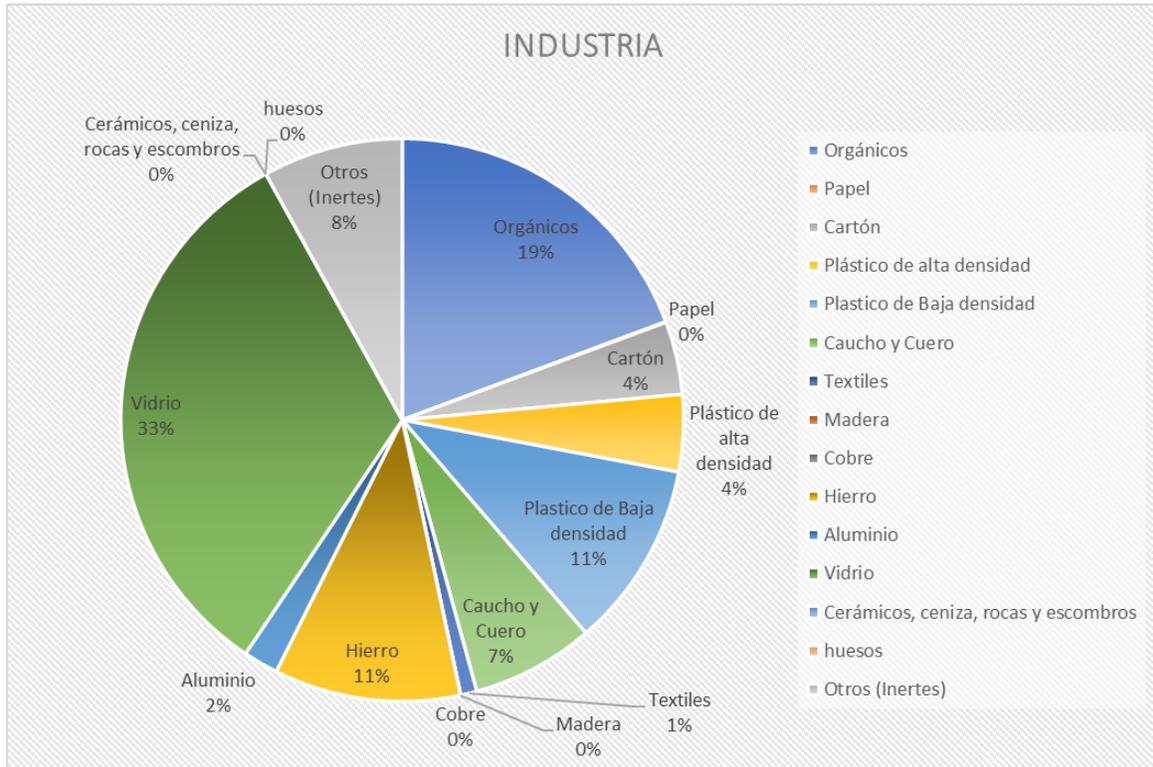
FECHA:	7/09/2023		HORA:	5:32 a. m.	
RUTA:		N° MUESTRA:	25	PLACA:	OUF166
PROCEDENCIA:	ISLA		RECOLECTOR:		
PESO NETO EN COMPACTADOR (Kg):	2380	No CUARTEOS:	2		

COMPONENTE	PESO (g)	ALTURA QUE OCUPA EN CONTENEDOR CILINDRICO (cm)	DIAMETRO DEL CILINDRO CONTENEDOR (cm)	PESO ESPECIFICO (Kg/m ³)	PORCENTAJE (%)
Orgánicos	5487	41	40	106,50	29,0
Papel	65	3	40	17,24	4,7
Cartón	8	33	40	0,19	0,1
Plástico de alta densidad	2095	56	40	29,77	8,1
Plastico de Baja densidad	765	56	40	10,87	3,0
Caucho y Cuero	15	1	40	11,94	3,2
Textiles	170	5	40	27,06	7,4
Madera					
Cobre					
Hierro					
Aluminio	35	5	40	5,57	1,5
Bronce					
Níquel					
Plomo					
Mercurio					
Cadmio					
Vidrio	415	5	40	66,05	18,0
Cerámicos, ceniza, rocas y escombros					
huesos					
Otros (Inertes)	3445	28	40	97,91	26,6
TOTAL	12465				100

RELLENO SANITARIO PARQUE AMBIENTAL LOMA DE LOS COCOS

Vigencia 2023

5.26 INDUSTRIA



PESO HUMEDO (g):	4784
PESO SECO (g):	3254
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	32
PESO HUMEDO (g):	5687
PESO SECO (g):	4152
PESO DE SOBRECARGA (Kg/m ²):	21,72
CAPACIDAD DE CAMPO (%)	0,5978
TIEMPO TRANSCURRIDO DE PERCOLACIÓN (s):	10,25
ALTURA DEL TANQUE CONTENEDOR (cm):	59
ALTURA DEL RESIDUO DESPUES DE COMPACTAR (cm):	37
PORCENTAJE DE COMPACTACION (%):	37,3
PESO UNITARIO DEL FLUIDO (Kg/m ³)	1000
VISCOSIDAD DINAMICA DEL AGUA (Kg/m-s):	0,001003
PERMEABILIDAD INTRINSECA (m/s):	0,000013
PERMEABILIDAD (m)	13,40

RELLENO SANITARIO PARQUE AMBIENTAL LOMA DE LOS COCOS

Vigencia 2023

**CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE RESIDUOS SÓLIDOS ORDINARIOS
2023**

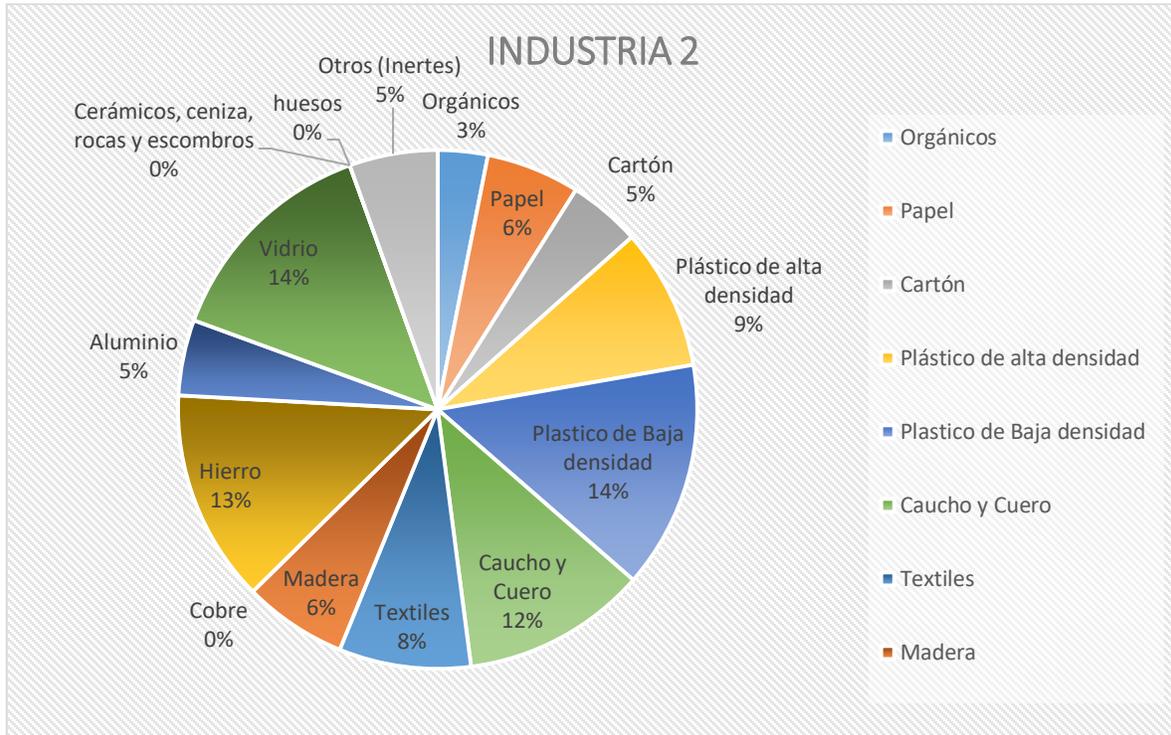
FECHA:	04-09-2023		HORA:	09:34	
RUTA:		N° MUESTRA:	26	PLACA:	WOW206
PROCEDENCIA:	Industrial 1		RECOLECTOR:	Veolia	
PESO NETO EN COMPACTADOR (Kg):	5240	No CUARTEOS:		2	

COMPONENTE	PESO (g)	ALTURA QUE OCUPA EN CONTENEDOR CILINDRICO (cm)	DIAMETRO DEL CILINDRO CONTENEDOR (cm)	PESO ESPECIFICO (Kg/m ³)	PORCENTAJE (%)
Orgánicos	985	8	40	97,98	22,1
Papel	4	16	40	0,20	0,0
Cartón	480	18	40	21,22	4,8
Plástico de alta densidad	1580	56	40	22,45	5,1
Plastico de Baja densidad	2457	36	40	54,31	12,3
Caucho y Cuero	135	3	40	35,81	8,1
Textiles	30	5	40	4,77	1,1
Madera					
Cobre					
Hierro	80	1	40	63,66	12,3
Aluminio	90	6	40	11,94	2,3
Bronce					
Níquel					
Plomo					
Mercurio					
Cadmio					
Vidrio	1452	7	40	165,07	37,3
Cerámicos, ceniza, rocas y escombros					
huesos					
Otros (Inertes)	1540	30	40	40,85	9,2
TOTAL	8663				100

RELLENO SANITARIO PARQUE AMBIENTAL LOMA DE LOS COCOS

Vigencia 2023

5.27 INDUSTRIA 2



PESO HUMEDO (g):	4325
PESO SECO (g):	3215
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	26

PESO HUMEDO (g):	5784
PESO SECO (g):	4781
PESO DE SOBRECARGA (Kg/m ²):	14,19
CAPACIDAD DE CAMPO (%)	0,5986

TIEMPO TRANSCURRIDO DE PERCOLACIÓN (s):	12,78
ALTURA DEL TANQUE CONTENEDOR (cm):	59
ALTURA DEL RESIDUO DESPUES DE COMPACTAR (cm):	32
PORCENTAJE DE COMPACTACION (%):	45,8
PESO UNITARIO DEL FLUIDO (Kg/m ³):	1000
VISCOCIDAD DINAMICA DEL AGUA (Kg/m-s):	0,001003
PERMEABILIDAD INTRINSECA (m/s):	0,000012
PERMEABILIDAD (m)	12,42

RELLENO SANITARIO PARQUE AMBIENTAL LOMA DE LOS COCOS

Vigencia 2023

**CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE RESIDUOS SÓLIDOS ORDINARIOS
2023**

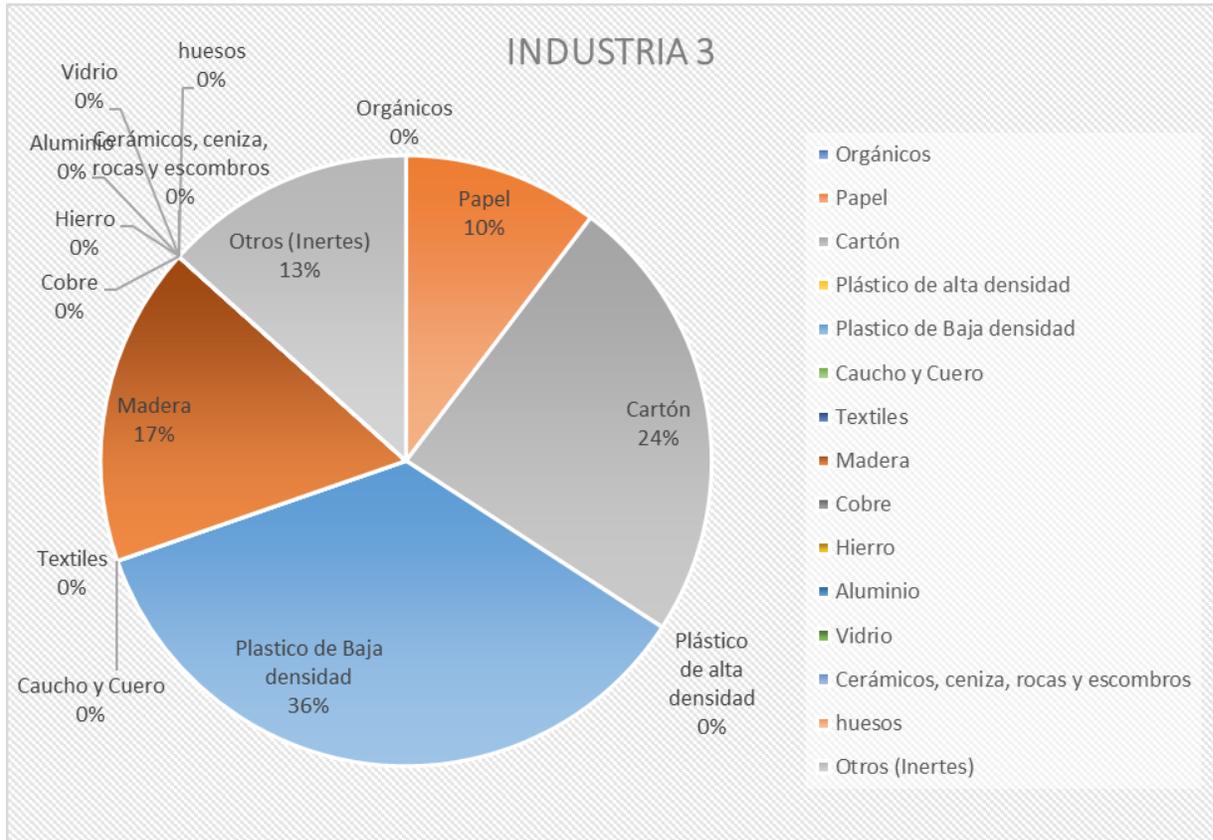
FECHA:	05-09-2023		HORA:	12:31	
RUTA:		N° MUESTRA:	27	PLACA:	WOW024
PROCEDENCIA:	Industrial 3		RECOLECTOR:	Veolia	
PESO NETO EN COMPACTADOR (Kg):	9700	No CUARTEOS:		2	

COMPONENTE	PESO (g)	ALTURA QUE OCUPA EN CONTENEDOR CILINDRICO (cm)	DIAMETRO DEL CILINDRO CONTENEDOR (cm)	PESO ESPECIFICO (Kg/m ³)	PORCENTAJE (%)
Orgánicos	235	15	40	12,47	3,8
Papel	88	3	40	23,34	7,1
Cartón	521	23	40	18,03	5,5
Plástico de alta densidad	975	22	40	35,27	10,7
Plastico de Baja densidad	3567	50	40	56,77	17,3
Caucho y Cuero	754	13	40	46,16	14,0
Textiles	1985	48	40	32,91	10,0
Madera	65	2	40	25,86	7,9
Cobre					
Hierro	854	10	40	67,96	16,2
Aluminio	456	15	40	24,19	5,7
Bronce					
Níquel					
Plomo					
Mercurio					
Cadmio					
Vidrio	2102	30	40	55,76	17,0
Cerámicos, ceniza, rocas y escombros					
huesos					
Otros (Inertes)	1245	45	40	22,02	6,7
TOTAL	11537				100

RELLENO SANITARIO PARQUE AMBIENTAL LOMA DE LOS COCOS

Vigencia 2023

5.28 INDUSTRIA 3



PESO HUMEDO (g):	4758
PESO SECO (g):	3254
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	32

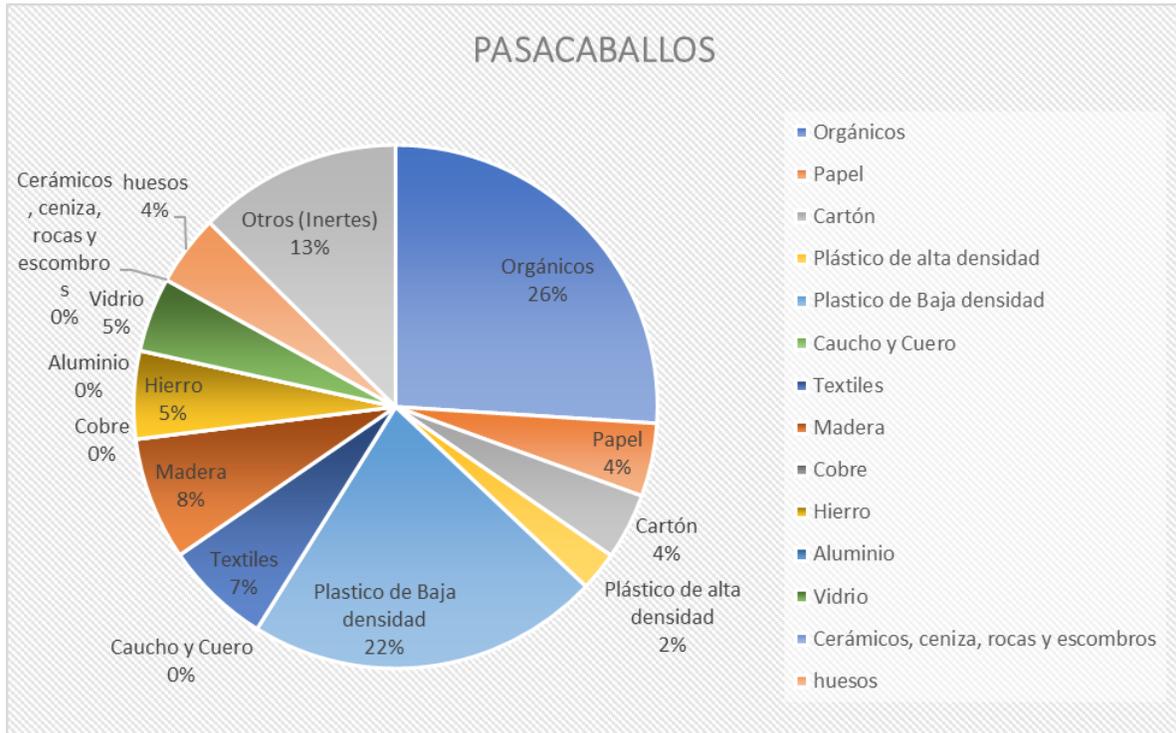
PESO HUMEDO (g):	5487
PESO SECO (g):	4521
PESO DE SOBRECARGA (Kg/m ³):	13,67
CAPACIDAD DE CAMPO (%)	0,5986

TIEMPO TRANSCURRIDO DE PERCOLACIÓN (s):	14,21
ALTURA DEL TANQUE CONTENEDOR (cm):	59
ALTURA DEL RESIDUO DESPUES DE COMPACTAR (cm):	22
PORCENTAJE DE COMPACTACION (%):	62,7
PESO UNITARIO DEL FLUIDO (Kg/m ³):	1000
VISCOSIDAD DINAMICA DEL AGUA (Kg/m-s):	0,001003
PERMEABILIDAD INTRINSECA (m/s):	0,000016
PERMEABILIDAD (m)	16,25

RELLENO SANITARIO PARQUE AMBIENTAL LOMA DE LOS COCOS

Vigencia 2023

5.29 PASACABALLOS



PESO HUMEDO (g):	4141
PESO SECO (g):	3258
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	21

PESO HUMEDO (g):	5689
PESO SECO (g):	4100
PESO DE SOBRECARGA (Kg/m ³):	22,48
CAPACIDAD DE CAMPO (%)	0,5977

TIEMPO TRANSCURRIDO DE PERCOLACIÓN (s):	9,18
ALTURA DEL TANQUE CONTENEDOR (cm):	59
ALTURA DEL RESIDUO DESPUES DE COMPACTAR (cm):	30
PORCENTAJE DE COMPACTACION (%):	49,2
PESO UNITARIO DEL FLUIDO (Kg/m ³):	1000
VISCOSIDAD DINAMICA DEL AGUA (Kg/m-s):	0,001003
PERMEABILIDAD INTRINSECA (m/s):	0,000019
PERMEABILIDAD (m)	18,45

RELLENO SANITARIO PARQUE AMBIENTAL LOMA DE LOS COCOS

**CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE RESIDUOS SÓLIDOS ORDINARIOS
2023**

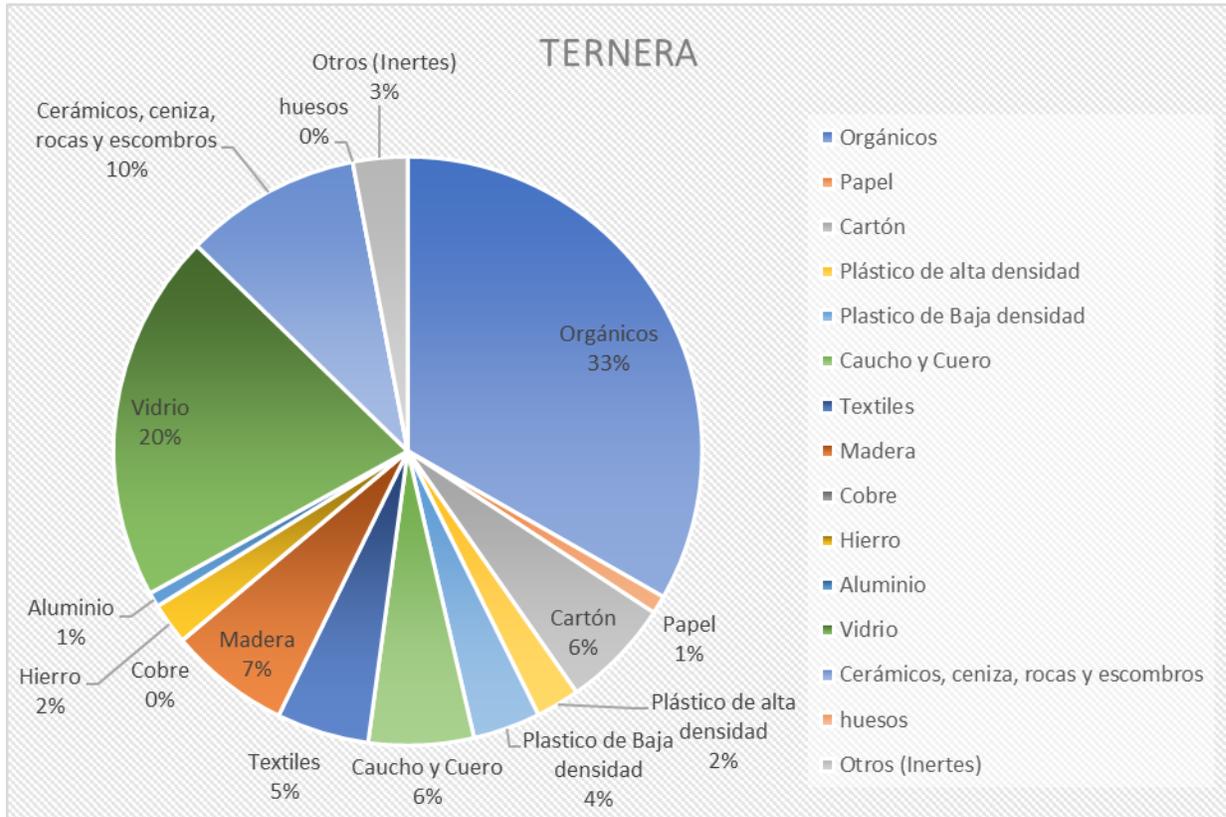
FECHA:	5/09/2023		HORA:	18:18	
RUTA:		N° MUESTRA:	29	PLACA:	HHQ904
PROCEDENCIA:	pasacaballos		RECOLECTOR:		
PESO NETO EN COMPACTADOR (Kg):	6300	No CUARTEOS:	2		

COMPONENTE	PESO (g)	ALTURA QUE OCUPA EN CONTENEDOR CILINDRICO (cm)	DIAMETRO DEL CILINDRO CONTENEDOR (cm)	PESO ESPECIFICO (Kg/m ³)	PORCENTAJE (%)
Orgánicos	4517	16	40	224,66	27,5
Papel	835	17	40	39,09	4,8
Cartón	1198	27	40	35,31	4,3
Plástico de alta densidad	950	36	40	21,00	2,6
Plastico de Baja densidad	1895	8	40	188,50	23,1
Caucho y Cuero					
Textiles	1136	16	40	56,50	6,9
Madera	660	8	40	65,65	8,0
Cobre					
Hierro	250	4	40	49,74	5,7
Aluminio					
Bronce					
Níquel					
Plomo					
Mercurio					
Cadmio					
Vidrio	250	5	40	39,79	4,9
Cerámicos, ceniza, rocas y escombros					
huesos	190	4	40	37,80	4,6
Otros (Inertes)	3548	26	40	108,60	13,3
TOTAL	15179				100

RELLENO SANITARIO PARQUE AMBIENTAL LOMA DE LOS COCOS

Vigencia 2023

5.30 TERNERA



PESO HUMEDO (g):	4120
PESO SECO (g):	3258
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	21
PESO HUMEDO (g):	5478
PESO SECO (g):	3258
PESO DE SOBRECARGA (Kg/m ²):	31,41
CAPACIDAD DE CAMPO (%)	0,5968
TIEMPO TRANSCURRIDO DE PERCOLACIÓN (s):	9,45
ALTURA DEL TANQUE CONTENEDOR (cm):	59
ALTURA DEL RESIDUO DESPUES DE COMPACTAR (cm):	36
PORCENTAJE DE COMPACTACION (%):	39,0
PESO UNITARIO DEL FLUIDO (Kg/m ³):	1000
VISCOSIDAD DINAMICA DEL AGUA (Kg/m-s):	0,001003
PERMEABILIDAD INTRINSECA (m/s):	0,000015
PERMEABILIDAD (m)	14,93

RELLENO SANITARIO PARQUE AMBIENTAL LOMA DE LOS COCOS

Vigencia 2023

**CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE RESIDUOS SÓLIDOS ORDINARIOS
2023**

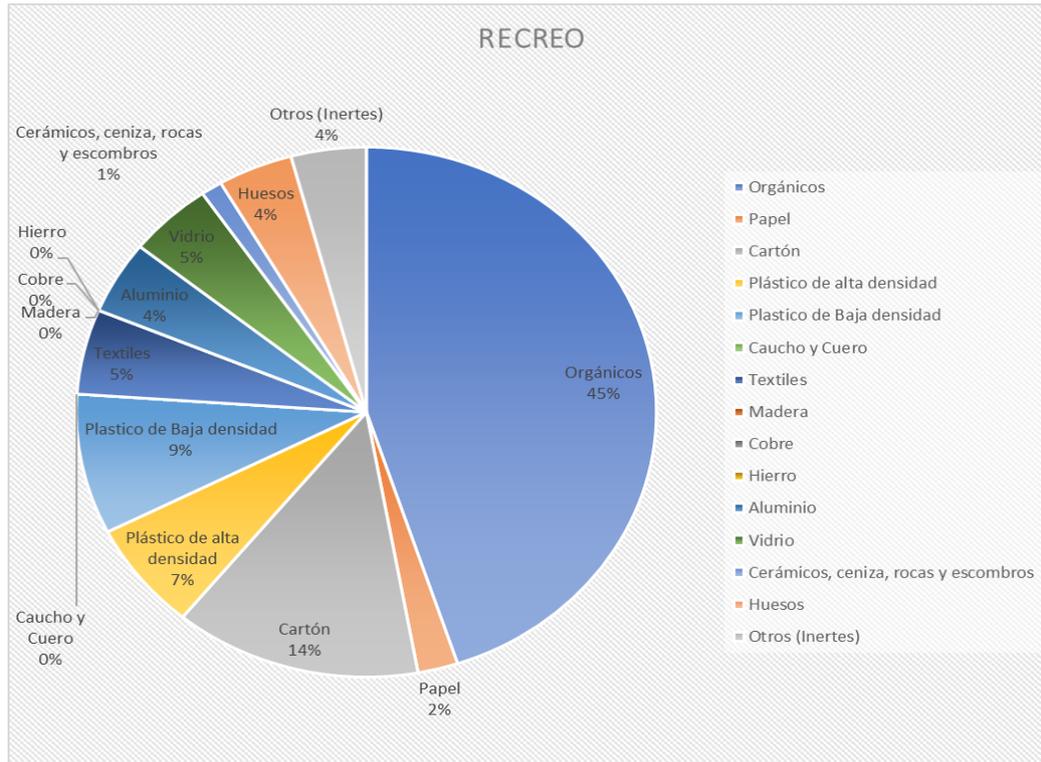
FECHA:	5/09/2023		HORA:	5:32 a. m.	
RUTA:		N° MUESTRA:	30	PLACA:	OUF166
PROCEDENCIA:	Tenera		RECOLECTOR:		
PESO NETO EN COMPACTADOR (Kg):	2380	No CUARTEOS:	2		

COMPONENTE	PESO (g)	ALTURA QUE OCUPA EN CONTENEDOR CILINDRICO (cm)	DIAMETRO DEL CILINDRO CONTENEDOR (cm)	PESO ESPECIFICO (Kg/m ³)	PORCENTAJE (%)
Orgánicos	3894	13	40	238,37	34,3
Papel	45	5	40	7,16	1,0
Cartón	1685	31	40	43,26	6,2
Plástico de alta densidad	820	38	40	17,17	2,5
Plastico de Baja densidad	1870	56	40	26,57	3,8
Caucho y Cuero	260	5	40	41,38	6,0
Textiles	640	14	40	36,38	5,2
Madera	60	1	40	47,75	6,9
Cobre					
Hierro	85	4	40	16,91	2,4
Aluminio	30	4	40	5,97	0,8
Bronce					
Níquel					
Plomo					
Mercurio					
Cadmio					
Vidrio	915	5	40	145,63	21,0
Cerámicos, ceniza, rocas y escombros	525	6	40	69,63	10,0
huesos					
Otros (Inertes)	270	10	40	21,49	3,1
TOTAL	10984				100

RELLENO SANITARIO PARQUE AMBIENTAL LOMA DE LOS COCOS

Vigencia 2023

5.31 RECREO



PESO HUMEDO (g):	4758
PESO SECO (g):	3589
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	25

PESO HUMEDO (g):	5478
PESO SECO (g):	4710
PESO DE SOBRECARGA (Kg/m ²):	10,87
CAPACIDAD DE CAMPO (%)	0,5989

TIEMPO TRANSCURRIDO DE PERCOLACIÓN (s):	17,15
ALTURA DEL TANQUE CONTENEDOR (cm):	59
ALTURA DEL RESIDUO DESPUES DE COMPACTAR (cm):	25
PORCENTAJE DE COMPACTACION (%):	57,6
PESO UNITARIO DEL FLUIDO (Kg/m ³):	1000
VISCOCIDAD DINAMICA DEL AGUA (Kg/m-s):	0,001003
PERMEABILIDAD INTRINSECA (m/s):	0,00001
PERMEABILIDAD (m)	11,85

RELLENO SANITARIO PARQUE AMBIENTAL LOMA DE LOS COCOS

Vigencia 2023

**CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE RESIDUOS SÓLIDOS ORDINARIOS
2023**

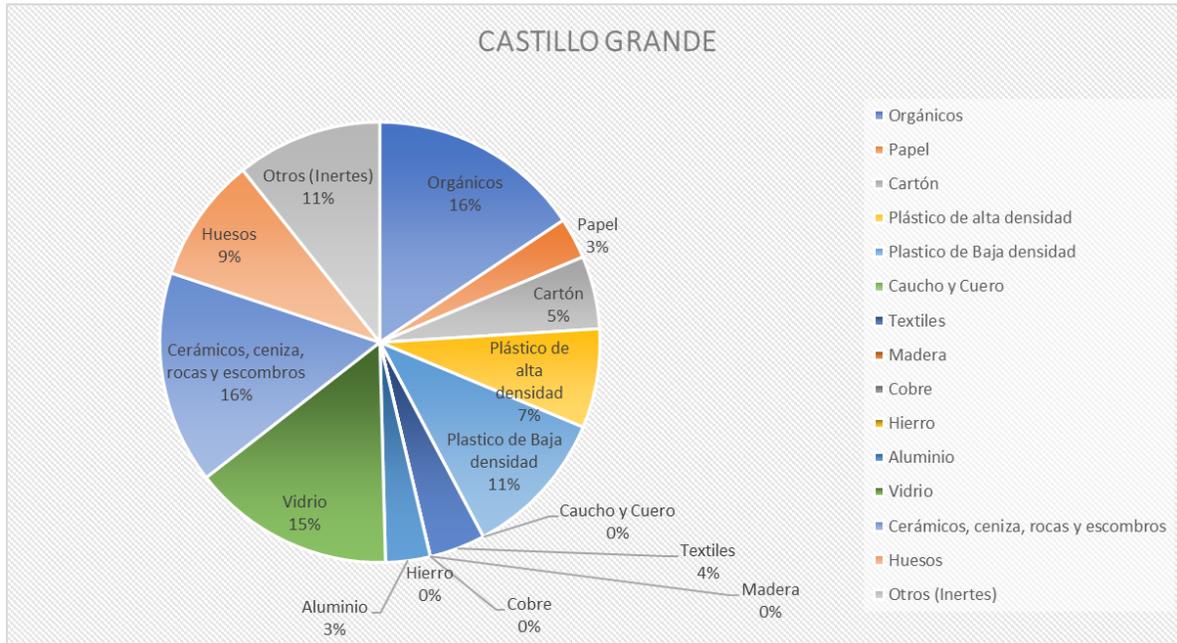
FECHA:	05-09-2023	HORA:	13:48
RUTA:	N° MUESTRA:	31	PLACA: ESK853
PROCEDENCIA:	RECREO	RECOLECTOR:	PACARIBE
PESO NETO EN COMPACTADOR (Kg):	12740	No CUARTEOS:	2

COMPONENTE	PESO (g)	ALTURA QUE OCUPA EN CONTENEDOR CILINDRICO	DIAMETRO DEL CILINDRO CONTENEDOR (cm)	PESO ESPECIFICO (Kg/m ³)	PORCENTAJE (%)
Orgánicos	6358	28	40	180,70	47,0
Papel	425	37,5	40	9,02	2,3
Cartón	4041	58	40	55,45	14,4
Plástico de alta densidad	1254	37,5	40	26,61	6,9
Plastico de Baja densidad	3547	82	40	34,42	9,0
Caucho y Cuero	204				
Textiles	985	37,5	40	20,90	5,4
Madera					
Cobre					
Hierro					
Aluminio	213	9	40	18,83	4,7
Bronce					
Níquel					
Plomo					
Mercurio					
Cadmio					
Vidrio	784	33	40	18,91	4,9
Cerámicos, ceniza, rocas y escombros	451	75	40	4,79	1,2
Huesos	127	6	40	16,84	4,4
Otros (Inertes)	1587	75	40	16,84	4,4
TOTAL	19763				100

RELLENO SANITARIO PARQUE AMBIENTAL LOMA DE LOS COCOS

Vigencia 2023

5.32 CASTILLO GRANDE



PESO HUMEDO (g):	4010
PESO SECO (g):	2458
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	39

PESO HUMEDO (g):	5324
PESO SECO (g):	4758
PESO DE SOBRECARGA (Kg/m ²):	8,01
CAPACIDAD DE CAMPO (%)	0,5992

TIEMPO TRANSCURRIDO DE PERCOLACIÓN (s):	10,1
ALTURA DEL TANQUE CONTENEDOR (cm):	59
ALTURA DEL RESIDUO DESPUES DE COMPACTAR (cm):	25
PORCENTAJE DE COMPACTACION (%):	57,6
PESO UNITARIO DEL FLUIDO (Kg/m ³):	1000
VISCOSIDAD DINAMICA DEL AGUA (Kg/m-s):	0,001003
PERMEABILIDAD INTRINSECA (m/s):	0,00002
PERMEABILIDAD (m)	20,12

RELLENO SANITARIO PARQUE AMBIENTAL LOMA DE LOS COCOS

**CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE RESIDUOS SÓLIDOS ORDINARIOS
2023**

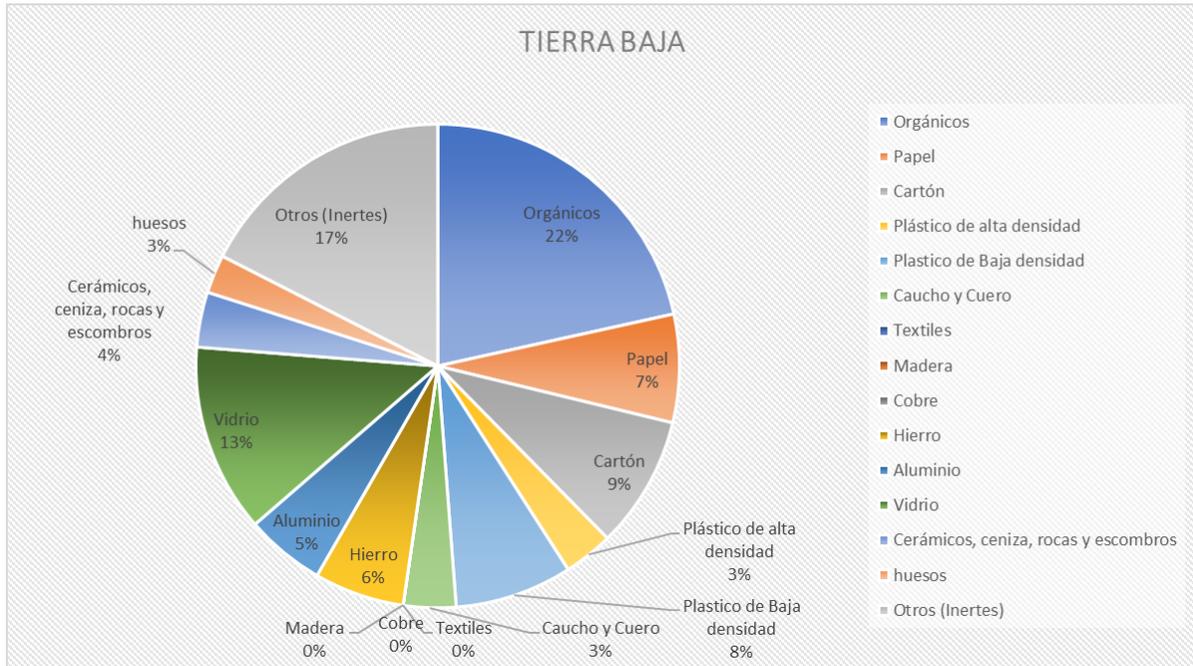
FECHA:	02-09-2023		HORA:	18:58	
RUTA:		N° MUESTRA:	32	PLACA:	WGM199
PROCEDENCIA:	RECREO		RECOLECTOR:	PACARIBE	
PESO NETO EN COMPACTADOR (Kg):	13070	No CUARTEOS:		2	

COMPONENTE	PESO (g)	ALTURA QUE OCUPA EN CONTENEDOR CILINDRICO	DIAMETRO DEL CILINDRO CONTENEDOR (cm)	PESO ESPECIFICO (Kg/m ³)	PORCENTAJE (%)
Orgánicos	5789	48	40	95,98	16,2
Papel	325	14	40	18,47	3,1
Cartón	2145	52	40	32,83	5,5
Plástico de alta densidad	1850	33	40	44,61	7,5
Plastico de Baja densidad	4715	56	40	67,00	11,3
Caucho y Cuero					
Textiles	158	5	40	25,15	4,2
Madera					
Cobre					
Hierro					
Aluminio	235	9	40	20,78	3,4
Bronce					
Níquel					
Plomo					
Mercurio					
Cadmio					
Vidrio	3211	28	40	91,26	15,4
Cerámicos, ceniza, rocas y escombros	1204	10	40	95,81	16,2
Huesos	425	6	40	56,37	9,5
Otros (Inertes)	4125	50	40	65,65	11,1
TOTAL	23947				100

RELLENO SANITARIO PARQUE AMBIENTAL LOMA DE LOS COCOS

Vigencia 2023

5.33 TIERRA BAJA



PESO HUMEDO (g):	3589
PESO SECO (g):	2145
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	40

PESO HUMEDO (g):	7485
PESO SECO (g):	3589
PESO DE SOBRECARGA (Kg/m ²):	55,12
CAPACIDAD DE CAMPO (%)	0,5945

TIEMPO TRANSCURRIDO DE PERCOLACIÓN (s):	22,1
ALTURA DEL TANQUE CONTENEDOR (cm):	59
ALTURA DEL RESIDUO DESPUES DE COMPACTAR (cm):	28
PORCENTAJE DE COMPACTACION (%):	52,5
PESO UNITARIO DEL FLUIDO (Kg/m ³):	1000
VISCOCIDAD DINAMICA DEL AGUA (Kg/m-s):	0,001003
PERMEABILIDAD INTRINSECA (m/s):	0,00001
PERMEABILIDAD (m)	8,21

RELLENO SANITARIO PARQUE AMBIENTAL LOMA DE LOS COCOS

Vigencia 2023

**CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE RESIDUOS SÓLIDOS ORDINARIOS
2023**

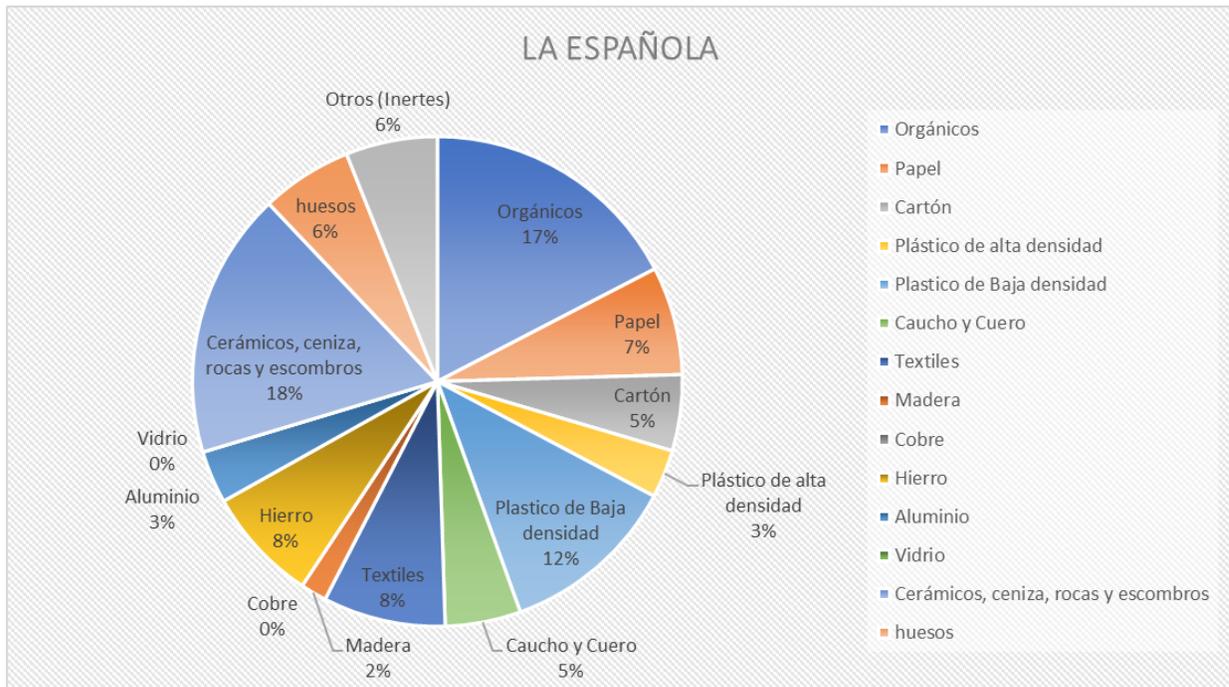
FECHA:	05-09-2023		HORA:	18:58	
RUTA:		N° MUESTRA:	33	PLACA:	ESL825
PROCEDENCIA:	TIERRA BAJA		RECOLECTOR:	PACARIBE	
PESO NETO EN COMPACTADOR (Kg):	7720	No CUARTEOS:		2	

COMPONENTE	PESO (g)	ALTURA QUE OCUPA EN CONTENEDOR CILINDRICO	DIAMETRO DEL CILINDRO CONTENEDOR (cm)	PESO ESPECIFICO (Kg/m ³)	PORCENTAJE (%)
Orgánicos	5472	37,5	40	116,12	24,3
Papel	245	5	40	38,99	8,2
Cartón	2574	43	40	47,64	10,0
Plástico de alta densidad	741	33	40	17,87	3,7
Plastico de Baja densidad	2765	52	40	42,32	8,9
Caucho y Cuero	357	15	40	18,94	4,0
Textiles					
Madera					
Cobre					
Hierro	234	5	40	37,24	6,8
Aluminio	124	3	40	32,89	6,0
Bronce					
Níquel					
Plomo					
Mercurio					
Cadmio					
Vidrio	854	10	40	67,96	14,2
Cerámicos, ceniza, rocas y escombros	200	8	40	19,89	4,2
huesos	87	5	40	13,85	2,9
Otros (Inertes)	3258	27,5	40	94,28	19,7
TOTAL	16553				100

RELLENO SANITARIO PARQUE AMBIENTAL LOMA DE LOS COCOS

Vigencia 2023

5.34 LA ESPAÑOLA



PESO HUMEDO (g):	3254
PESO SECO (g):	2651
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	19

PESO HUMEDO (g):	6584
PESO SECO (g):	5210
PESO DE SOBRECARGA (Kg/m ²):	19,44
CAPACIDAD DE CAMPO (%)	0,5980

TIEMPO TRANSCURRIDO DE PERCOLACIÓN (s):	14,25
ALTURA DEL TANQUE CONTENEDOR (cm):	59
ALTURA DEL RESIDUO DESPUES DE COMPACTAR (cm):	28
PORCENTAJE DE COMPACTACION (%):	52,5
PESO UNITARIO DEL FLUIDO (Kg/m ³):	1000
VISCOCIDAD DINAMICA DEL AGUA (Kg/m-s):	0,001003
PERMEABILIDAD INTRINSECA (m/s):	0,00001
PERMEABILIDAD (m)	12,73

RELLENO SANITARIO PARQUE AMBIENTAL LOMA DE LOS COCOS

Vigencia 2023

**CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE RESIDUOS SÓLIDOS ORDINARIOS
2023**

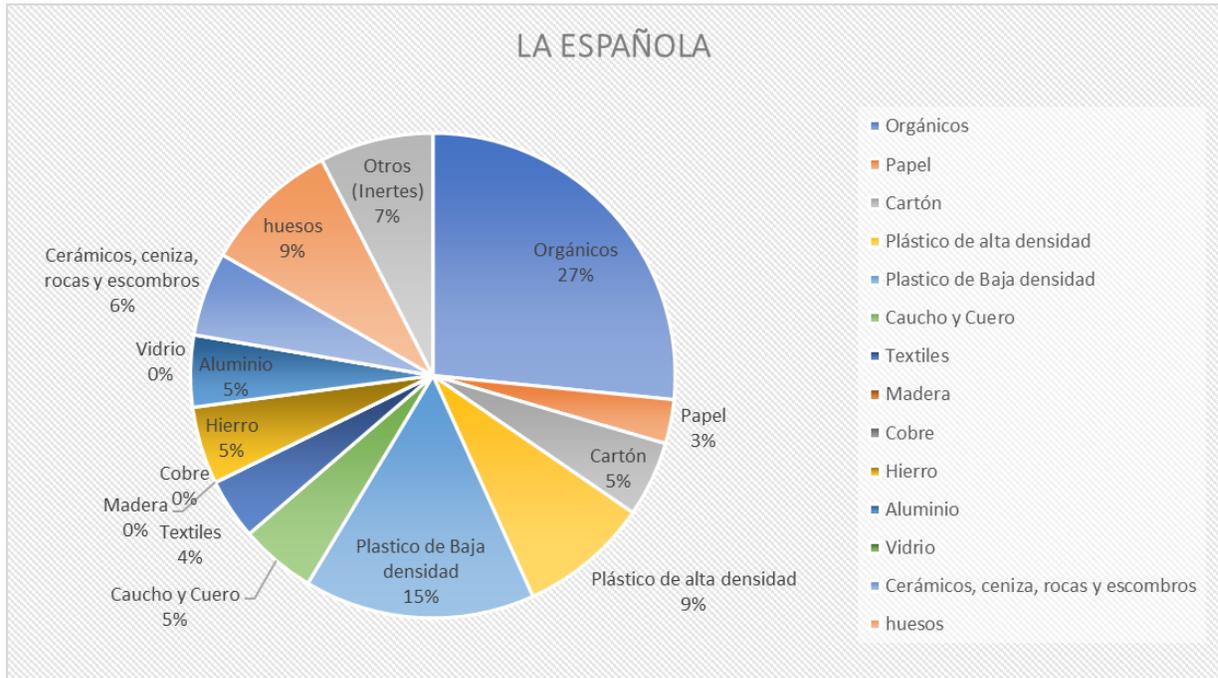
FECHA:	6/09/2023	HORA:	11:06 p. m.
RUTA:	N° MUESTRA:	34	PLACA: ESK853
PROCEDENCIA:	La Española	RECOLECTOR:	PACARIBE
PESO NETO EN COMPACTADOR (Kg):	12500	No CUARTEOS:	2

COMPONENTE	PESO (g)	ALTURA QUE OCUPA EN CONTENEDOR CILINDRICO	DIAMETRO DEL CILINDRO CONTENEDOR (cm)	PESO ESPECIFICO (Kg/m ³)	PORCENTAJE (%)
Orgánicos	6487	45	40	114,72	19,6
Papel	178	3	40	47,22	8,0
Cartón	1457	35	40	33,13	5,6
Plástico de alta densidad	658	25	40	20,95	3,6
Plastico de Baja densidad	4578	47	40	77,51	13,2
Caucho y Cuero	124	3	40	32,89	5,6
Textiles	1878	28	40	53,38	9,1
Madera	215	15	40	11,41	1,9
Cobre					
Hierro	215	3	40	57,03	8,5
Aluminio	328	10	40	26,10	3,9
Bronce					
Níquel					
Plomo					
Mercurio					
Cadmio					
Vidrio					
Cerámicos, ceniza, rocas y escombros	874	6	40	115,92	19,8
huesos	100	2	40	39,79	6,8
Otros (Inertes)	2154	43	40	39,86	6,8
TOTAL	18703				100

RELLENO SANITARIO PARQUE AMBIENTAL LOMA DE LOS COCOS

Vigencia 2023

5.35 CANAPOTE



PESO HUMEDO (g):	3254
PESO SECO (g):	2651
CONTENIDO DE HUMEDAD (%):	19

PESO HUMEDO (g):	6584
PESO SECO (g):	5210
PESO DE SOBRECARGA (Kg/m ²):	19,44
CAPACIDAD DE CAMPO (%):	0,5980

TIEMPO TRANSCURRIDO DE PERCOLACIÓN (s):	14,25
ALTURA DEL TANQUE CONTENEDOR (cm):	59
ALTURA DEL RESIDUO DESPUES DE COMPACTAR (cm):	28
PORCENTAJE DE COMPACTACION (%):	52,5
PESO UNITARIO DEL FLUIDO (Kg/m ³):	1000
VISCOSIDAD DINAMICA DEL AGUA (Kg/m-s):	0,001003
PERMEABILIDAD INTRINSECA (m/s):	0,00001
PERMEABILIDAD (m)	12,73

RELLENO SANITARIO PARQUE AMBIENTAL LOMA DE LOS COCOS

Vigencia 2023

**CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE RESIDUOS SÓLIDOS ORDINARIOS
2023**

FECHA:	5/09/2023	HORA:	4:06 a. m.
RUTA:	N° MUESTRA:	35	PLACA: ESK853
PROCEDENCIA:	Canapote	RECOLECTOR:	PACARIBE
PESO NETO EN COMPACTADOR (Kg):	12870	No CUARTEOS:	2

COMPONENTE	PESO (g)	ALTURA QUE OCUPA EN CONTENEDOR CILINDRICO	DIAMETRO DEL CILINDRO CONTENEDOR (cm)	PESO ESPECIFICO (Kg/m ³)	PORCENTAJE (%)
Orgánicos	7124	55	40	103,08	17,9
Papel	215	15	40	11,41	2,0
Cartón	956	39	40	19,51	3,4
Plástico de alta densidad	845	20	40	33,62	5,8
Plastico de Baja densidad	3300	44	40	59,68	10,4
Caucho y Cuero	542	22	40	19,61	3,4
Textiles	257	13	40	15,73	2,7
Madera					
Cobre					
Hierro	54	2	40	21,49	3,5
Aluminio	25	1	40	19,89	3,2
Bronce					
Níquel					
Plomo					
Mercurio					
Cadmio					
Vidrio	1425	5	40	226,80	39,4
Cerámicos, ceniza, rocas y escombros	546	20	40	21,73	3,8
huesos	89	2	40	35,41	6,1
Otros (Inertes)	1457	39,5	40	29,35	5,1
TOTAL	16756				100

RELLENO SANITARIO PARQUE AMBIENTAL LOMA DE LOS COCOS

Vigencia 2023

6 ANEXOS

6.1 PLANILLA DE CAMPO

FORMATO CARACTERIZACIÓN FÍSICA						
FECHA:		HORA:				PESO HUMEDO (g):
RUTA:		N° MUESTRA:		PLACA:		PESO SECO (g):
PROCEDENCIA:		RECOLECTOR:				CONTENIDO DE HUMEDAD (%)
PESO NETO EN COMPACTADOR (Kg):		No CUARTEOS:				
COMPONENTE	PESO (g)	ALTURA QUE OCUPA EN CONTENEDOR CILINDRICO	DIAMETRO DEL CILINDRO CONTENEDOR (cm)	PESO ESPECIFICO (Kg/m ³)	PORCENTAJE (%)	PESO HUMEDO (g):
Orgánicos						PESO SECO (g):
Papel						PESO DE SOBRECARGA (Kg/m ²):
Cartón						CAPACIDAD DE CAMPO (%)
Plástico de alta densidad						TIEMPO TRANSCURRIDO DE PERCOLACIÓN (s):
Plástico de Baja densidad						ALTURA DEL TANQUE CONTENEDOR (cm):
Caucho y Cuero						ALTURA DEL RESIDUO DESPUES DE COMPACTAR (cm):
Textiles						PORCENTAJE DE COMPACTACION (%):
Madera						PESO UNITARIO DEL FLUIDO (Kg/m ³)
Cobre						VISCOSIDAD DINAMICA DEL AGUA (Kg/m-s):
Hierro						PERMEABILIDAD INTRINSECA (m/s):
Aluminio						PERMEABILIDAD (m)
Bronce						
Níquel						
Plomo						
Mercurio						
Cadmio						
Vidrio						
Cerámicos, ceniza, rocas y escombros						
huesos						
Otros (Inertes)						
TOTAL						
						Observaciones:

6.3 CUARTEO EN CAMPO, DETERMINACION DE PESO ESPECÍFICO



6.4 CALCULO DE PERMEABILIDAD



RELLENO SANITARIO PARQUE AMBIENTAL LOMA DE LOS COCOS

Vigencia 2023



¡Contribuye con el desarrollo sostenible de nuestra ciudad!

INFORME TÉCNICO DE CÁLCULO DE VIDA ÚTIL REMANENTE DE RELLENO SANITARIO

Parque Ambiental Loma de los Cocos

Fecha: abril 25 de 2024

Presentado por: Caribe Verde S.A. E.S.P.

Resumen Ejecutivo:

Este informe técnico presenta los fundamentos y análisis relacionados con los cálculos de la vida útil del Parque Ambiental Loma de los Cocos.

De acuerdo con el análisis de la capacidad de disposición final y la proyección de generación de residuos sólidos para la ciudad de Cartagena, ***el Relleno Sanitario Loma de los Cocos aún cuenta con capacidad para prestar sus servicios de disposición de residuos sólidos durante 10 años (a partir del año 2025)***, cubriendo la generación de residuos desde el año 2025 al año 2035, finalizando su servicio en enero de 2036.

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	4
2. OBJETIVO DEL PROYECTO	5
3.JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	5
4. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL RELLENO.....	6
4.1 SISTEMA CONSTRUCTIVO	6
4.2 CAPA DE PROTECCIÓN DE FONDO	6
4.3 SISTEMA DE DRENAJES DE LIXIVIADOS	7
4.4 SISTEMA DE EVACUACIÓN DE GASES.....	8
4.5 COBERTURA FINAL.....	9
5.0 ANÁLISIS DE POBLACIÓN Y PRODUCCIÓN PER CÁPITA	10
5.1PROYECCIÓN DE POBLACIÓN	10
6. MÓDULOS.....	17
6.1. PROYECCIÓN DE INGRESOS DE RESIDUOS.....	17
6.2 CELDA DIARIA.....	19
6.3 CALCULO DE CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO	24
CÁLCULO VIDA ÚTIL REMANENTE RELLENO SANITARIO	31
6.4 SISTEMA DE IMPERMEABILIZACIÓN	34
7. MODELACIÓN DE LIXIVIADOS	50

8. RED DE DRENAJE DE LIXIVIADOS	58
8.1 LAGUNA DE LIXIVIADOS	65
9.EVACUACIÓN DE GASES.....	67
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	80

1. INTRODUCCIÓN

El relleno sanitario Parque Ambiental Loma de los Cocos, ubicada en la variante Mamonal Gambote a unos 11 km del casco urbano de la ciudad de Cartagena, presta sus servicios de disposición final de residuos sólidos domiciliarios para la ciudad de Cartagena y los municipios circunvecinos como Arjona, Turbaco, Clemencia, Santa Rosa, Turbana, Villa Nueva, Luruaco, Mahates, Calamar, San Jacinto, Santa Catalina y San Juan Nepomuceno. Con una licencia de operación de 20 años.

Cuenta con un área de disposición final de aproximadamente 41,47 hectáreas, de las cuales se han utilizado 28,13 hectáreas, por lo tanto, cuenta con 13,56 hectáreas georreferenciadas para disposición final, distribuidas en dos áreas de interés: los módulos 16 y 17, los cuales fueron contemplados en este proyecto para definir la máxima capacidad de almacenamiento del relleno sanitario.

Para ello se realizaron reuniones, previas con el director técnico del proyecto y su equipo de ingenieros, con el fin de definir el plan a seguir para lograr los objetivos que tienen planteados CARIBE VERDE S.A. E.S.P. como también los criterios técnicos e información relevante necesaria como insumo durante las etapas de ejecución de los cálculos.

El presente cálculo se realizó bajo los lineamientos de reglamento de agua potable y saneamiento básico RAS, con el fin de darle cumplimiento la normatividad existente.

Es así como el presente documento, contiene los lineamientos técnicos para la construcción de los módulos de disposición de los residuos sólidos para el relleno sanitario parque ambiental Loma de los cocos de la ciudad de Cartagena.

2. OBJETIVO DEL PROYECTO

Alcanzar el máximo aprovechamiento del área disponible del relleno sanitario, para la disposición de residuos, dentro del marco del reglamento de agua potable y saneamiento básico RAS y los parámetros de seguridad establecidos en los informes geotécnicos y diseños hidráulicos

3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Como se informó previamente el relleno sanitario cuenta con licencia ambiental y de operación para un periodo de 20 años, de los cuales lleva 19 años, restándole solamente 1 año de contrato para operación.

La disponibilidad de terreno dentro del mismo sitio licenciado posibilita la continuidad de la operación para lograr su máxima explotación lo que redundará en una economía de escala y beneficios ambientales

La necesidad de tener definido la vida útil de acuerdo con el ingreso de residuos y las proyecciones de los mismos en los próximos años, lo cual posibilita la planificación de la ciudad para la gestión y disposición de los residuos para los años subsiguientes, evitando cualquier riesgo de emergencia sanitaria y los efectos colaterales que esto conlleva para la salud pública.

La importancia que ha alcanzado el parque ambiental Loma de los Cocos como sitio de disposición final para la ciudad de Cartagena con todos sus corregimientos incluidos la zona insular como también los municipios circunvecinos.

4. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL RELLENO

4.1 SISTEMA CONSTRUCTIVO

Por las características topográficas e hidrogeológicas se implementará una metodología mixta entre el proceso constructivo de rampa y el proceso constructivo de área, con el objeto de maximizar la capacidad de almacenamiento¹.

La primera etapa constara de 9 niveles con 3.0 metros de altura cada uno. Los niveles estarán conformados por celdas.

Los desechos sólidos se conformaran en celdas de 3 m de altura con un ancho de 20 m para permitir la evacuación simultanea de 4 vehículos y un largo de acuerdo a la producción de desechos la cual oscila entre 25 y 30 m, los desechos inicialmente se someterán a un proceso de disgregación (con buldócer) para posteriormente compactarlos en capas sucesivas de desechos con un espesor máximo de 50 cm y un número mínimo de 4 pasadas del equipo compactador hasta alcanzar una densidad de compactación de 1000 kg/m³. Las celdas presentaran una pendiente interna de 3:1.

Los desechos se cubrirán diariamente con material de préstamo de los sitios establecidos previamente, con el objeto de mitigar los impactos producidos por los olores generados por la descomposición anaeróbica de los mismos. Esta cobertura cumplirá también un papel de control de vectores como mosca y roedores.

La capa de cobertura intermedia será de tipo arcilloso, con un espesor de 30 cm, este material se extenderá sobre las celdas terminadas con equipo tipo buldócer D6 y/o compactador pata de cabra, la cual deberá alcanzar una densidad de compactación del 90 % del Proctor Estándar.

4.2 CAPA DE PROTECCIÓN DE FONDO

¹ Método de área: Este método debe utilizarse en áreas relativamente planas, donde no es factible excavar trincheras para enterrar los residuos sólidos. Estas pueden depositarse directamente sobre el suelo original, en cuyo caso el material de cobertura deberá ser importado de otros sitios o, si es posible, puede ser extraído de la capa superficial. Este método también se adapta para rellenar depresiones naturales o artificiales. El material de cobertura se excava de las laderas del terreno, procurando que sea lo más cerca posible para evitar sobrecostos en el transporte (RAS, 1998)

Con el objeto de controlar cualquier migración de líquidos a los suelos, se colocará una capa de protección de fondo, de tal manera que impermeabilice el suelo y permita la evacuación de los lixiviados de forma rápida y eficiente.

Las características geológicas e hidrogeológicas del sitio permitirán la construcción de la capa de protección del fondo con una capa de arcilla y una barrera de geomembrana calibre 20 en el fondo y calibre 40 en los taludes debido a que se requiere mayor espesor por los esfuerzos tensores que se dan en los taludes el cálculo se detalla en el punto 5.4. La estructura de la misma constará de una barrera de arcilla de 40 cm de espesor con coeficiente de permeabilidad $K < 10^{-7}$ cm/s, una capa de geomembrana posteriormente se colocará una capa de material drenante de 15 cm de espesor con $K < 10^{-2}$ cm/s. En los sitios donde aflore la arcilla después del corte de material a las cotas de diseño, se podrá realizar la compactación directamente, hasta alcanzar el grado de compactación recomendada, la capa de geomembrana debe ir junto con una capa de geotextil o arena fina de 10 cm para evitar el punzonamiento.

Las capas de arcilla se subdividirá en capas de 20 cm de espesor las cuales serán compactadas hasta alcanzar la densidad del 90 % del Proctor Modificado, la compactación se realizará con una humedad por encima de la humedad óptima en un 3%.

4.3 SISTEMA DE DRENAJES DE LIXIVIADOS

Este sistema es de suma importancia para la óptima operación y comportamiento del relleno sanitario. El proyecto constará de una serie de filtros de drenaje en la base, los cuales se construirán con material granular y tubería perforada de PEAD de 6" o equivalente, embebida en el material filtrante recubierto con geotextil no tejido a excepción de la parte superior. Las tuberías se distribuirán de tal forma que cubran toda el área aferente y se mantenga una cabeza hidrostática máxima de 30 cm.

Adicionalmente, se dotará al relleno de filtros horizontales y verticales que permitan la intercomunicación de los diferentes niveles para garantizar la percolación de los lixiviados hasta las tuberías de fondo y así evitar la formación de bolsas o acumulaciones de lixiviados que puedan afectar la estabilidad de la masa.

Los filtros se construirán en material pétreo con un tamaño aproximado entre 10 y 15 cm y con las siguientes dimensiones 50 cm de ancho y 50 de profundidad.

Se diseñarán de tal manera que brinden la posibilidad de evacuar los diferentes niveles por separado. Esto permitirá la evaluación detallada del comportamiento hidráulico de los lixiviados a través de la masa del Relleno Sanitario, como también nos dará la flexibilidad de manejar eventuales obstrucción o daño que se pueda presentar por razones fortuitas.

4.4 SISTEMA DE EVACUACIÓN DE GASES

Dentro de los componentes de Relleno Sanitario el sistema de evacuación de gases es de suma importancia tanto desde el punto de vista ambiental como estructural del mismo, para tal efecto se implementará un sistema de evacuación de gases pasivo que consiste en la construcción de chimeneas desde el inicio del proceso constructivo hasta las máximas alturas que se alcancen el proyecto de acuerdo a lo establecido en el diseño, estas chimeneas estarán conformadas por una tubería PEAD de 8" perforada embebida de forma concéntrica en una estructura tipo gavión con área de 0,7m x 0,7m. Las chimeneas estarán construidas verticalmente a medida que avanza la celda, logrando una buena compactación a su alrededor.

Las chimeneas estarán homogéneamente distribuidas cada 50 m formando una cuadrícula que se distribuye en toda el área del Relleno Sanitario y estarán interconectadas con material filtrante de tal forma que se aumente la efectividad de evacuación del sistema e igualmente nos brinda la posibilidad de subsanar cualquier problema de obstrucción que se pueda presentar.

Los gases producidos por las chimeneas son esencialmente CH₄ y CO₂ los cuales no son considerados como gases tóxicos estos suman más del 95 % del total de gases producidos, además se produce O₂, pero en cantidades mínimas por que el proceso de degradación es esencialmente anaerobio, H₂S en concentraciones promedio de 2 ppm y mercaptanos en concentraciones menores de 2 ppm. Las concentraciones de H₂S en las chimeneas no representan riesgo alto de toxicidad ya que este gas tiene su efecto nocivo a concentraciones por encima de los 150 ppm. Por las características de los gases estos serán conducidos por medio de tubería de P.EAD. flexible hasta un extractor para posteriormente quemarlos y de esta manera minimizar los olores generados por estos gases.

Las alturas de las chimeneas serán variables de acuerdo a la ubicación dentro de la masa del relleno, estas se construirán desde la base en forma continua hasta alcanzar el nivel máximo de desechos y se prolongarán 1,5 metros de altura por encima de la superficie final por lo tanto las chimeneas del ultimo nivel tendrán una altura de 41,5 metros.

4.5 COBERTURA FINAL

Esta capa proveerá al relleno de un sistema de impermeabilización en su cobertura final y de un sistema de control de erosión de la misma cobertura. La capa presentara la siguiente estructura:

Doble capa de arcilla con un espesor de 30 cm cada una, cuya función es minimizar la percolación de aguas de escorrentía al interior del relleno y así mismo eliminar el proceso de producción de lixiviados

Una capa de material orgánico de 20 cm de espesor cuya función será servir de soporte de a la capa vegetal.

Una capa vegetal de especies gramíneas con el fin de controlar los procesos erosivos que se puedan presentar por efecto de las aguas de escorrentía de tal manera que la capa impermeable mantenga su estructura y propiedades.

SISTEMA DE DRENAJES DE AGUAS DE ESCORRENTÍA: debe interceptarse y desviarse el escurrimiento del agua lluvia fuera de la celda mediante la construcción de canales en forma trapezoidal.

5.0 ANÁLISIS DE POBLACIÓN Y PRODUCCIÓN PER CÁPITA

5.1 PROYECCIÓN DE POBLACIÓN

Metodología utilizada. Los datos disponibles para las proyecciones de población se han presentado la tabla 1. Corresponden a los resultados de los censos DANE entre 1993 y 2018 más los resultados de las proyecciones oficiales de la misma entidad. Para el presente análisis, se establece el periodo de años comprendido entre 1998 y 2035 (proyección oficial DANE actualización Post Covid) para la realización de las proyecciones.

Las metodologías adoptadas para las proyecciones de población han sido ampliamente aceptadas en múltiples estudios e interventorías. Los cuadros de cálculo para las proyecciones se presentan en su totalidad en los anexos de este estudio.

Aquí se presenta el resumen de los datos concernientes a Cartagena, y las interpretaciones requeridas para llegar a la adopción de las tasas y proyecciones.

Para determinar la población a lo largo del período de diseño, se realizaron análisis a partir de los métodos de proyección que recomienda el RAS 2000 en la Tabla B.2.1, literal B.2.2.4. y la Resolución 0330 de 2017. La formulación matemática de cada uno, se presenta a continuación.

- **Método Aritmético.** Este método establece una correlación lineal con el tiempo y la población. El RAS lo recomienda para poblaciones de poco desarrollo, o con áreas de crecimiento casi nulas. El Método Aritmético supone un crecimiento vegetativo balanceado por la mortalidad y la emigración. Matemáticamente se expresa así:

$P = P_1 + k_a \times (T - T_1)$	Población proyectada al año T	hab
$k_a = (P_1 - P_0) / (T_1 - T_0)$	Tasa de Crecimiento Promedio entre Censados	-
$n = T - T_1$	Periodo comprendido entre el censo 1 y el año proyectado	años
T_1	- Año correspondiente al censo P1	-
T_0	- Año correspondiente al censo P0	-

- **Método Geométrico.** El crecimiento geométrico se aplica a poblaciones en expansión. El RAS lo recomienda para poblaciones que muestran una actividad económica importante y poseen áreas de expansión que pueden ser dotadas sin

problema con servicios públicos. Debe emplearse con cautela para no obtener resultados exagerados.

Logarítmico, o de rata de crecimiento a porcentaje uniforme

$$P = P1 \times (1+r)^{(T-T1)}$$

Población proyectada al año T hab

$$r = (P1/Po)^{1/(T1-To)} - 1$$

Constante o Tasa de crecimiento

r - geométrico -

Periodo comprendido entre el censo 1 y el año proyectado años

n = T-T1

T1 - Año correspondiente al censo P1 -

To - Año correspondiente al censo Po -

-Método Exponencial. Este método establece una relación exponencial entre la población y el tiempo, lo que resulta en un crecimiento acentuado de la población a lo largo del período determinado. Se emplea en casos similares al método geométrico; para poblaciones con una gran área para expansión. Se requieren al menos tres datos históricos de población.

$P = P1 \times e^{[ke \times (T-T1)]}$	RAS	Población proyectada al año	
$ke = [\ln(P1) - \ln(Po)] / (T1 - To)$	B.2.2.4	T	hab
ke	Tasa de crecimiento de la población (PROMEDIO de las tasas calculadas para cada par de censos)		-
T1	Año correspondiente al censo posterior		-
To	Año correspondiente al censo anterior		-

-Método de Wappaus. Este método se usa en condiciones semejantes a las del método geométrico.

$$P = Po * [200 + i \times (T-To)] / [200 - i \times (T-To)]$$

Población proyectada al año T hab

$i = 200 \times (P1 - Po) / [(T1 - To) \times (Po + P1)]$ Tasa de crecimiento -

$i \times (T - To) < 200$ Restricción

T1

To

Con base en la formulación mostrada por método, y los datos de población disponibles, se calcularon las tasas de crecimiento poblacional intercensales desde el primer censo hasta el último, y después se calculó el promedio de estas tasas, también por método. La Tabla 6 presenta el resumen de resultados. Las variables de las columnas corresponden a la nomenclatura de las formulaciones matemáticas por método, mostradas anteriormente en este mismo ítem.

Tabla 1. Tasas Calculadas para las Proyecciones de la Población de Cartagena.

AÑO	Población Censos DANE	ΔT años	ka (Aritmético)	r (Geométrico)	ke (Exponencial)	i (Japupas)
1993	780527	-	-	-	-	0.10
2005	892,545	12	9334.83	1.12	1.12	1.12
2018	973,045	13	6192.31	0.67	0.66	0.66
2019	1,003,685	1	30640.00	3.15	3.10	3.10
2020	1,017,616	1	13931.00	1.39	1.38	1.38
2021	1,032,133	1	14517.00	1.43	1.42	1.42
2022	1,043,185	1	11052.00	1.07	1.07	1.07
2023	1,052,015	1	8830.00	0.85	0.84	0.84
2024	1,059,626	1	7611.00	0.72	0.72	0.72
2025	1,065,881	1	6255.00	0.59	0.59	0.59
2026	1,071,065	1	5184.00	0.49	0.49	0.49
2027	1,075,359	1	4294.00	0.40	0.40	0.40
2028	1,079,301	1	3942.00	0.37	0.37	0.37
2029	1,082,945	1	3644.00	0.34	0.34	0.34
2030	1,086,441	1	3496.00	0.32	0.32	0.32
2031	1,089,585	1	3144.00	0.29	0.29	0.29
2032	1,092,619	1	3034.00	0.28	0.28	0.28
2033	1,095,455	1	2836.00	0.26	0.26	0.26
2034	1,098,082	1	2627.00	0.24	0.24	0.24
2035	1,100,267	1	2185.00	0.20	0.20	0.20
PROM		42	7612.86	0.82	0.82	0.81

Se describe el resultado de las proyecciones realizadas y los procedimientos adoptados para obtener el resultado de la proyección de población más probable.

Todo se presenta además en la Figura 1 y en la Tabla 7. Estos datos serán la base para determinar los consumos y demandas de la población.

Se toma como punto de partida para todas las proyecciones, la población proyectada por el DANE para el año 2035; 1,100,267 habitantes en el Distrito de Cartagena.

- Incremento aritmético: el promedio general de incremento es de 7612.86 habitantes/año.
- Incremento exponencial: Se decide emplear la tasa promedio encontrada de 0.82%, sin variarla en el tiempo.
- Tasa promedio de incremento geométrico: Se toma la tasa de 0.82%.
- Wappaus: Se decide tomar este método para el caso de Cartagena de Indias, con una tasa promedio de 0.81%
- Para otra referencia, se obtiene el promedio de la población proyectada por los distintos métodos, y por regresión la tasa promedio de la curva obtenida.
- Se obtiene la tasa promedio entre las tasas mencionadas. Con base en la tasa media del promedio, se obtiene una nueva gráfica de población. La tasa media obtenida es de 0.79%.

Como se aprecia en la Figura 1, los resultados de las proyecciones son muy similares por cada método.

Por tal motivo, se decide que la población proyectada a partir del dato censal de 2035, y con la tasa de 0.79%, ilustra de manera más aproximada la tendencia de crecimiento de Cartagena.

Figura 1. Proyecciones de población por décadas – Cartagena 2024 – 2046

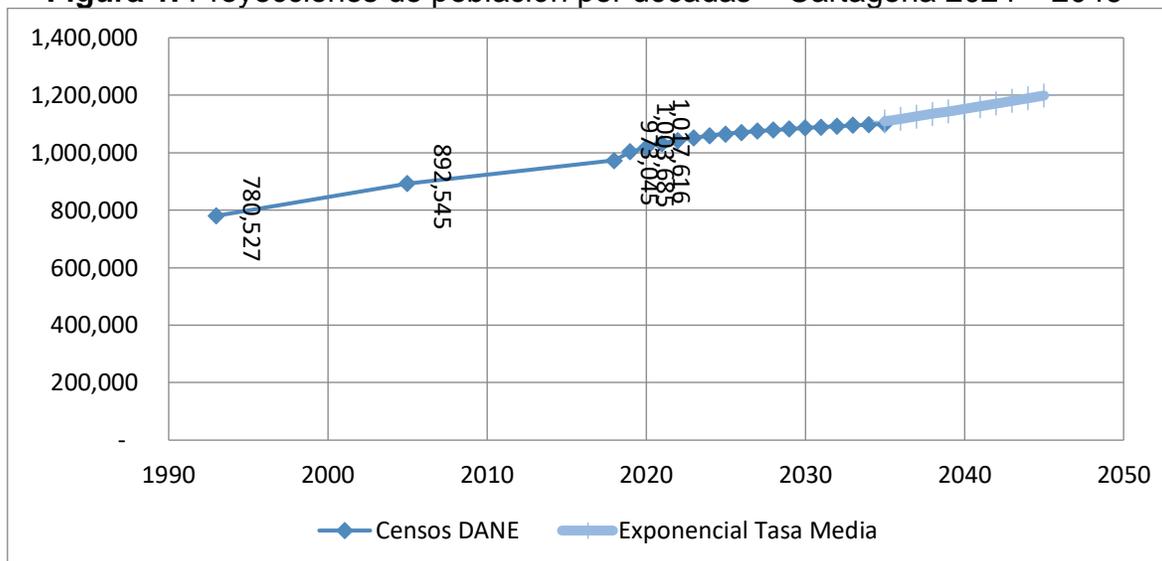


Tabla 2 Resultados de las proyecciones de población – Cartagena- 2024 – 2046

AÑO	Proyecciones de población (hab)					
	1	2	3	4	5	6
	Aritmética	Geométrica	Exponencial RAS	Wappaus	Promedio (1-2-3-4)	Exponencial DANE (1,13%)
2036	1,107,880	1,109,311	1,109,298	1109292	1,108,945	1,112,771
2037	1,115,493	1,118,430	1,118,404	1118390	1,117,679	1,125,416
2038	1,123,106	1,127,624	1,127,584	1127564	1,126,469	1,138,205
2039	1,130,718	1,136,893	1,136,839	1136815	1,135,316	1,151,140
2040	1,138,331	1,146,239	1,146,171	1146142	1,144,221	1,164,222
2041	1,145,944	1,155,661	1,155,579	1155548	1,153,183	1,177,452
2042	1,153,557	1,165,161	1,165,064	1165032	1,162,204	1,190,833
2043	1,161,170	1,174,739	1,174,627	1174597	1,171,283	1,204,366
2044	1,168,783	1,184,396	1,184,269	1184243	1,180,422	1,218,052
2045	1,176,396	1,194,132	1,193,989	1193971	1,189,622	1,231,894
2046	1,184,008	1,203,948	1,203,790	1203782	1,198,882	1,245,893

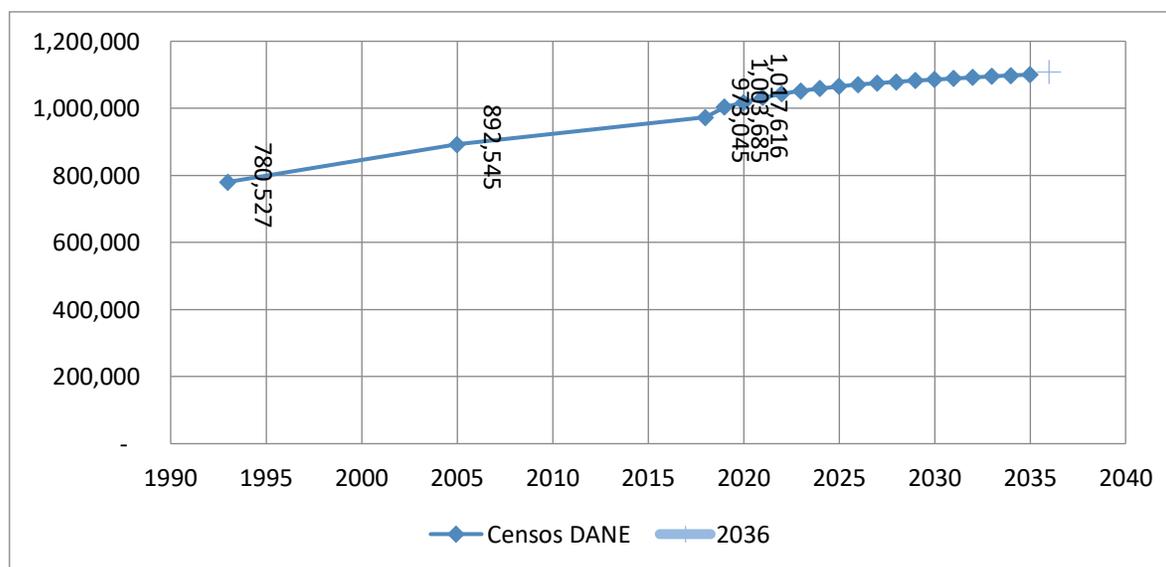
Resultados de las proyecciones de población. Los resultados de la proyección final de la población aparecen en la Figura 2 y la Tabla 8.

Estos datos de población se tomarán como base para la estimación de los generación de residuos en el tiempo.

Tabla 3 Proyecciones finales de población Tasa promedio de diseño – Cartagena de Indias – 2025 – 2036

AÑO	No. de habitantes
2024	1,059,626
2025	1,065,881
2026	1,071,065
2027	1,075,359
2028	1,079,301
2029	1,082,945
2030	1,086,441
2031	1,089,585
2032	1,092,619
2033	1,095,455
2034	1,098,082
2035	1,100,267
2036	1,108,945

Figura 2. Proyecciones finales de población para Cartagena – 2025 – 2036



5.2. PRODUCCIÓN PER CÁPITA

La Producción Per Cápita se calcula a partir de datos reales de disposición final en el Relleno Sanitario Loma de los Cocos, y confirmados en informes de interventoría. Se toma el dato de generación de residuos sólidos del año 2023, siendo el siguiente:

RESIDUOS SÓLIDOS DISPUESTOS 2023	
MES	TON/MES
Enero	46170.78
Febrero	37408.56
Marzo	40842.5
Abril	38895.3
Mayo	43197.57
Junio	41490
Julio	41884.41
Agosto	42615.7
Septiembre	44768.7
Octubre	41404.22
Noviembre	44681.4
Diciembre	46971.51
TOTAL	510330.65

Posteriormente se realiza el cálculo de Producción Per Capita teniendo en cuenta la población del año 2023 conforme a datos oficiales del DANE:

$$PPC = 510330.65 \text{ TON}/1,052,015 \text{ HAB}$$

$$PPC = 0.49 \text{ TON}/\text{HAB}/\text{AÑO}$$

Se obtiene como valor de Producción Per Cápita de 0.49 Toneladas por Habitante por año, para su proyección hasta el año 2036.

6. DISEÑO DE LOS MODULOS

Los diseños se proyectan mediante cálculos de estructuras, soportados en parámetros y conceptos de Ingeniería Sanitaria recomendados por el RAS, para determinar las áreas requeridas para la ejecución del proyecto, dimensionamiento de la celda, disposición de los residuos, drenajes (de gases, lixiviados, aguas lluvias) y controles (monitoreo de gases, lixiviados, agua subterránea, atmosféricos)

6.1. PROYECCIÓN DE INGRESOS DE RESIDUOS.

Teniendo en cuenta que el principal objetivo de la construcción de la nueva etapa del relleno sanitario es optimizar todo el espacio disponible para disposición final el cálculo de la capacidad de la misma se fundamenta en la disponibilidad de área en el lugar, a partir del cual y de la proyección de ingresos de residuos se realizan los cálculos de capacidad de almacenamiento.

Para esto, se realizó la producción anual per capita con base a la disposición final de residuos sólidos para la ciudad de Cartagena en el periodo del año 2023. Posteriormente, se realizó una proyección de la población de manera exhaustiva y teniendo en cuenta distintas metodologías, proyectando paralelamente la producción anual con base al aumento de la población.

Para el presente análisis, se realiza la estimación de los residuos generados desde el año 2025, periodo en el cual el relleno sanitario habilitaría las áreas licenciadas para generar un aumento en su capacidad de recepción de residuos, teniendo ya cubierta su capacidad de disposición final durante todo el año 2024 con base a las estimaciones iniciales del relleno sanitario y los módulos actualmente activos.

A continuación, se muestra la estimación de residuos generados a partir del año 2025:

**PROYECCIÓN DE INGRESOS DE RESIDUOS EN EL RELLENO SANITARIO
PARQUE AMBIENTAL LOMA DE LOS COCOS**

AÑO	POBLACIÓN	RESIDUOS GENERADOS (TON/AÑO)	RESIDUOS GENERADOS ACUMULADOS
2025	1,059,626	519216.74	522281.69
2026	1,065,881	522281.69	1047103.54
2027	1,071,065	524821.85	1574029.45
2028	1,075,359	526925.91	2102886.94
2029	1,079,301	528857.49	2633529.99
2030	1,082,945	530643.05	3165886.08
2031	1,086,441	532356.09	3699782.73
2032	1,089,585	533896.65	4235166.04
2033	1,092,619	535383.31	4771938.99
2034	1,095,455	536772.95	5309999.17
2035	1,098,082	538060.18	5849130
2036	1,108,945	539130.83	6392513.05

Tabla No2. Toneladas de ingreso proyectadas

6.2 Celda Diaria

La celda diaria en un relleno sanitario constituye la célula fundamental del mismo. Básicamente consiste en un volumen de residuos sólidos compactados, confinados en una capa de terreno, por lo cual se aíslan completamente del entorno ambiental. Por tanto, la cantidad de residuos que se disponen en una celda diaria corresponden al volumen que se confina en un día y al material necesario para cubrirla. Idealmente, la celda diaria es comparada con un paralelepípedo con un ancho equivalente al del frente de trabajo, una altura y una longitud definida de acuerdo a la cantidad de residuos que lleguen al relleno.

El alto de la celda puede ser de 3.0 m, Finalmente, con el volumen diario de residuos se divide por el frente de trabajo y por el alto de la celda, debe resultar una profundidad que se denomina “avance diario del relleno sanitario”.

Las dimensiones de las celdas que se recomiendan formar con los residuos diarios dependerán de los siguientes factores:

- Configuración del sitio a rellenar, el cual determinará la altura de cada celda.
- La secuencia de operación del relleno.
- El equipo utilizado.
- El volumen, la composición y la condición de los desechos recibidos en el relleno.
- La disponibilidad de material de cobertura.

Para la conformación de las celdas y lograr una buena compactación de los residuos se recomiendan las siguientes operaciones:

- Crear un frente de trabajo con una pendiente de 22% a 33%, en donde se colocan los residuos de abajo hacia arriba en frentes de ancho igual o superior a la cuchilla de la máquina.

- Los residuos se colocan en capas máximas de 0,5 m y mediante pasos sucesivos de la máquina, se pretende eliminar los huecos y acomodar los residuos de tal forma que los grados de compactación alcancen su valor máximo. Este punto se logra cuando la superficie de los residuos no se deforma con el peso del equipo.

Estas dos operaciones se repiten cíclicamente hasta obtener las dimensiones totales de la celda.

Entre mayor sea la altura de una celda, menos será la necesidad de material de cobertura. La longitud de cada celda será opcional y dependerá de la cantidad de residuos dispuestos.

Dimensiones de la Celda Diaria

El ancho estará limitado por el área o frente necesario para el funcionamiento del equipo de trabajo, se puede tomar una distancia de 5 metros por cada vehículo. El frente de trabajo será tan ancho como el número de vehículos que descarguen simultáneamente, multiplicado por 5 metros (ancho estimado para el funcionamiento del equipo). En lo posible, el frente de trabajo debe tener la menor área.

Se dimensionarán para la operación simultánea de tres equipos compactadores, por lo cual el frente de trabajo será de 15 metros. Lo cual permite la descarga de 36 vehículos por hora.

Para un ingreso de 1417 ton/día y densidad de compactación de 1 ton/m³

$$V = 1417 \text{ m}^3$$

$$\text{El avance de trabajo diario de trabajo es} = 1417 / (15 \times 3) = 31,48$$

Para efectos de cálculo utilizaremos 32 metros

El volumen de cobertura igual al área superficial más el área de la rampa por su espesor

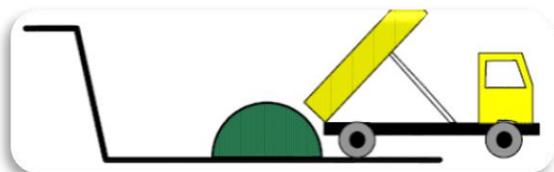
$$V \text{ cobertura} = 0,3 \times (32 \times 14 + 9,48 \times 15) = 177,06$$

La relación volumen de cobertura a residuos es de 12,5 %

Figura 1. Esquema de los procedimientos establecidos para la conformación de la celda diaria en la celda.



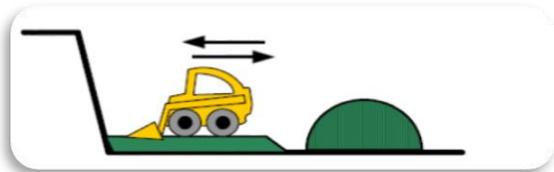
1. Anotación en formularios los datos del vehículo, procedencia, hora y fecha de entrada, tipo de residuos y el peso del vehículo más la basura.



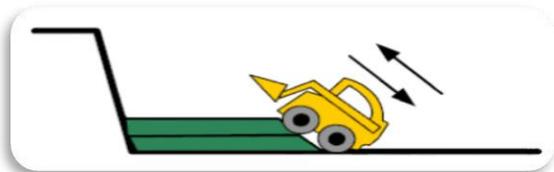
2. Descarga de los residuos en el lugar indicado.



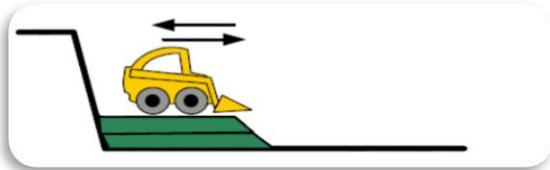
3. Esparcimiento de los residuos en capas entre 30 y 40 cm.



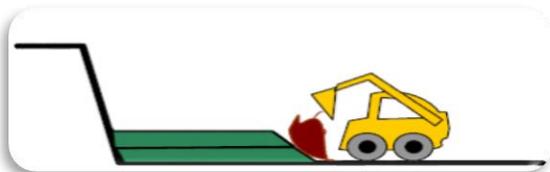
4. Compactación de la primera capa de residuos.



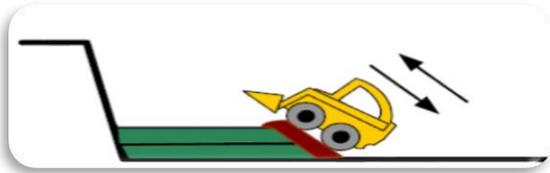
5. Conformación y compactación de taludes de la celda con inclinación interna de 2:1



6. Compactación de residuos dando varias pasadas con la máquina, mínimo cuatro por capas en toda la superficie y después de haber alcanzado la altura estimada.



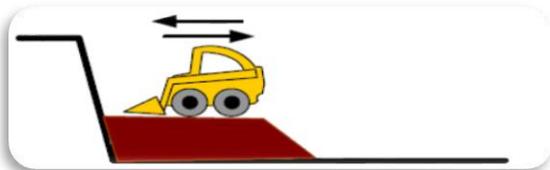
7. Acarreo de material de cobertura, descargando en los bordes de los taludes de la celda.



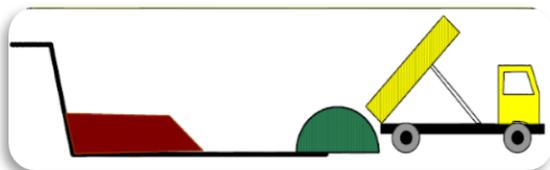
8. Compactación del material de cobertura dando varias pasadas con la maquina mínimo cuatro pasadas.



9. Descargue y esparcimiento del material de cobertura en la parte superior de la celda.



10. Compactación del material de cobertura en la parte superior y taludes de la celda.



11. Inicio de la siguiente celda, se siguen los mismos pasos hasta completar el volumen.

Figura 3. Esquema de la Celda Diaria

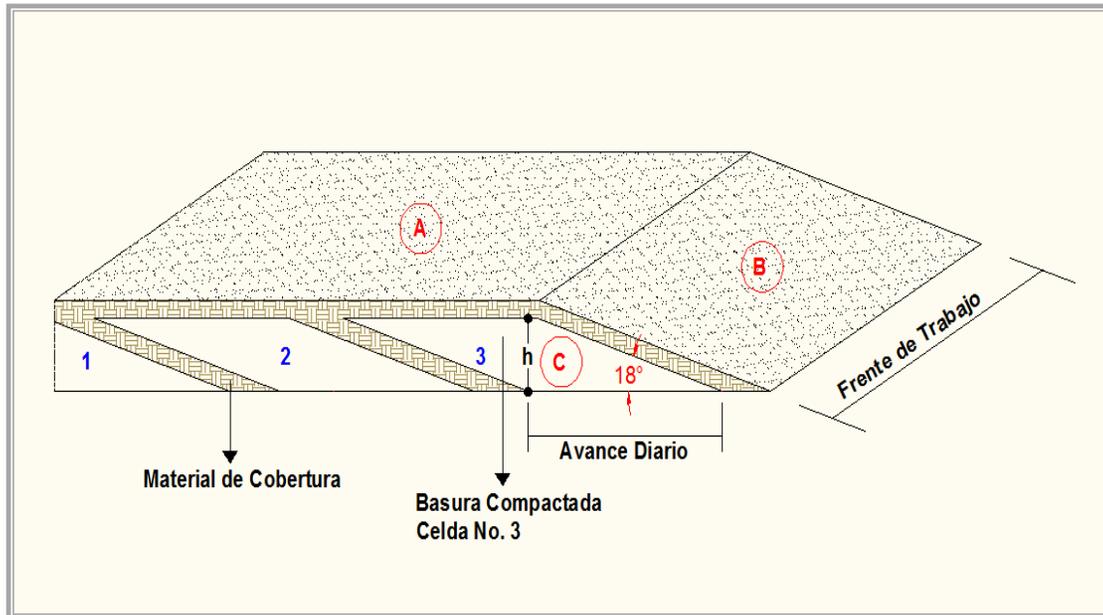


FIGURA 2. ESQUEMA GEOMETRICO DE CELDA

6.3 CALCULO DE CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO

El cálculo preciso del volumen de relleno sanitario es esencial en la planificación y gestión eficiente de proyectos ambientales. En este contexto, la utilización de AutoCAD Civil 3D se presenta como una herramienta integral que permite realizar este cálculo de manera precisa y eficiente.

Definición de Terraplenes 2:1:

Se adopta un diseño de terraplenes con una relación de 2:1 (horizontal:vertical) para optimizar la estabilidad y minimizar la erosión. Esta proporción se ajusta a estándares reconocidos en ingeniería geotécnica y garantiza un equilibrio adecuado entre seguridad y eficiencia constructiva.

Generación de Superficies:

Se inicia el proceso creando una superficie base que representa la topografía original del terreno. A través de puntos de control y datos topográficos, se modela la geometría inicial con precisión. Posteriormente, se genera una segunda superficie que representa el diseño propuesto del relleno sanitario con la relación de terraplenes máxima de 2:1, siendo la pendiente mínima 5:1, cumpliendo en gran medida las relaciones de pendientes recomendadas en los estudios geotécnicos.

Ajuste y Análisis:

Se ajustan las superficies para asegurar una conexión sin fisuras entre la topografía existente y el diseño propuesto. Se aplican criterios de ingeniería geotécnica para garantizar la estabilidad del relleno. AutoCAD Civil 3D permite realizar análisis de pendientes y cortes, identificando áreas críticas que requieren atención adicional.

Cálculo de Volumen:

El cálculo del volumen de relleno se realiza comparando las dos superficies generadas. AutoCAD Civil 3D ofrece herramientas específicas para esta tarea, permitiendo calcular volúmenes por corte y relleno de manera precisa. La información obtenida es esencial para la planificación logística y la gestión eficiente de recursos durante la fase de construcción.

Verificación y Documentación:

Se lleva a cabo una exhaustiva verificación de los resultados, validando la coherencia y precisión de los cálculos realizados. AutoCAD Civil 3D facilita la generación de informes detallados, incluyendo tablas de volúmenes por sectores y cambios en la topografía. Estos informes son fundamentales para la toma de decisiones informadas y la presentación de resultados a las autoridades competentes.

En el marco del continuo esfuerzo por mejorar la gestión de residuos sólidos y promover prácticas ambientalmente sostenibles, se ha emprendido un proceso de rediseño del relleno sanitario que abarca los módulos M16, M18 y M17.

El objetivo principal de esta iniciativa es maximizar la eficiencia operativa y optimizar el uso del terreno disponible, asegurando al mismo tiempo prácticas seguras y sostenibles en la disposición de residuos. A continuación, se detallará el diseño específico de los módulos M16 y M18, destacando la unificación para una gestión integrada, así como el diseño independiente del módulo M17, enfocado en criterios particulares para su operación y rendimiento. Este enfoque holístico busca establecer un modelo integral para la gestión de residuos sólidos, abordando tanto la eficiencia operativa como las consideraciones ambientales.

REDISEÑO MÓDULOS M16 Y M17

En el proceso de rediseño del relleno sanitario, se ha llevado a cabo la unificación de los módulos M16 y M17, junto con la incorporación del área intermedia entre ellos. Este enfoque integral tiene como objetivo principal mejorar la eficiencia y optimizar el uso de áreas, contribuyendo a una gestión más efectiva y sostenible de los residuos sólidos. A continuación, se detallan los aspectos clave de esta decisión, incluyendo información sobre las pendientes de los taludes:

Maximización del Uso del Terreno:

La unificación de los módulos elimina barreras físicas entre M16 y M17, creando un espacio continuo que maximiza la capacidad del relleno sanitario. Esto no solo optimiza el uso del terreno disponible, sino que también extiende la vida útil del relleno al reducir la necesidad de expansión prematura a nuevas áreas.

Simplificación Operativa:

La consolidación de los módulos simplifica las operaciones diarias al reducir la complejidad logística asociada con la gestión de áreas separadas. La operación de un relleno unificado facilita la planificación de rutas de recolección, la asignación de recursos y la supervisión operativa, mejorando la eficiencia y la rentabilidad.

Reducción de Costos y Recursos:

La unificación implica una menor duplicación de infraestructuras y servicios, lo que resulta en una reducción de costos de construcción y mantenimiento. Además, se optimizan los recursos necesarios para la gestión operativa, como maquinaria, personal y equipos de supervisión.

Nueva Área de Disposición Final:

La inclusión del área intermedia entre los módulos M16 y M18 para la disposición final de residuos es fundamental. Esta nueva área no solo amplía la capacidad de

disposición, sino que también brinda flexibilidad operativa para adaptarse a futuros aumentos en la generación de residuos.

Pendientes de los Taludes:

En la parte norte, los taludes se han diseñado con una pendiente de 3:10, mientras que en la parte sur, la pendiente es de 5:1. Estas elecciones específicas de pendientes garantizan la estabilidad del relleno, facilitan la gestión de residuos y minimizan el riesgo de erosión, contribuyendo así a una operación más segura y sostenible del relleno sanitario.

Rasante M16:

Para facilitar el drenaje de lixiviados, se ha implementado una rasante con una pendiente longitudinal de 1% y una pendiente transversal de 2%. Esta estrategia asegura una adecuada gestión de líquidos percolados, contribuyendo a la eficiencia operativa y ambiental del relleno sanitario.

Eficiencia Ambiental:

La unificación contribuye a una gestión más sostenible desde el punto de vista ambiental al consolidar las áreas de disposición. Esto facilita el monitoreo ambiental y la implementación de medidas de control más efectivas para minimizar impactos negativos en el entorno circundante.

La unificación de los módulos M16 y M18 con la inclusión del área intermedia se justifica como una estrategia integral que busca la eficiencia operativa, la optimización de recursos y la sostenibilidad ambiental. Esta decisión proporciona beneficios a corto y largo plazo para la gestión del relleno sanitario, promoviendo prácticas más efectivas y sostenibles en la disposición de residuos sólidos.

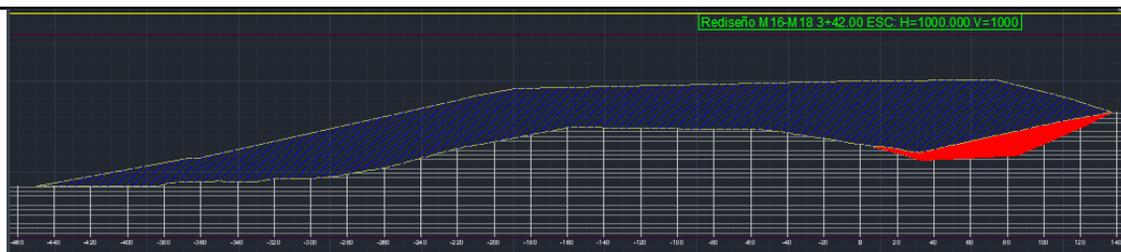
Modulo 17

Para garantizar una gestión eficiente, el módulo M17 presenta una rasante con una pendiente longitudinal del 1% y una pendiente transversal del 2%. Los taludes de este módulo están diseñados con una relación de 1:2 (horizontal:vertical). Estas especificaciones buscan optimizar tanto la estabilidad del relleno como su capacidad para el drenaje adecuado de lixiviados.

Para cuantificar el volumen real disponible se plantearon los perfiles de corte y relleno de acuerdo a las especificaciones del estudio geotécnico y área disponible y realizaron los cálculos volumétricos de acuerdo al método de área final media, el cual se muestra en los siguientes cuadros:

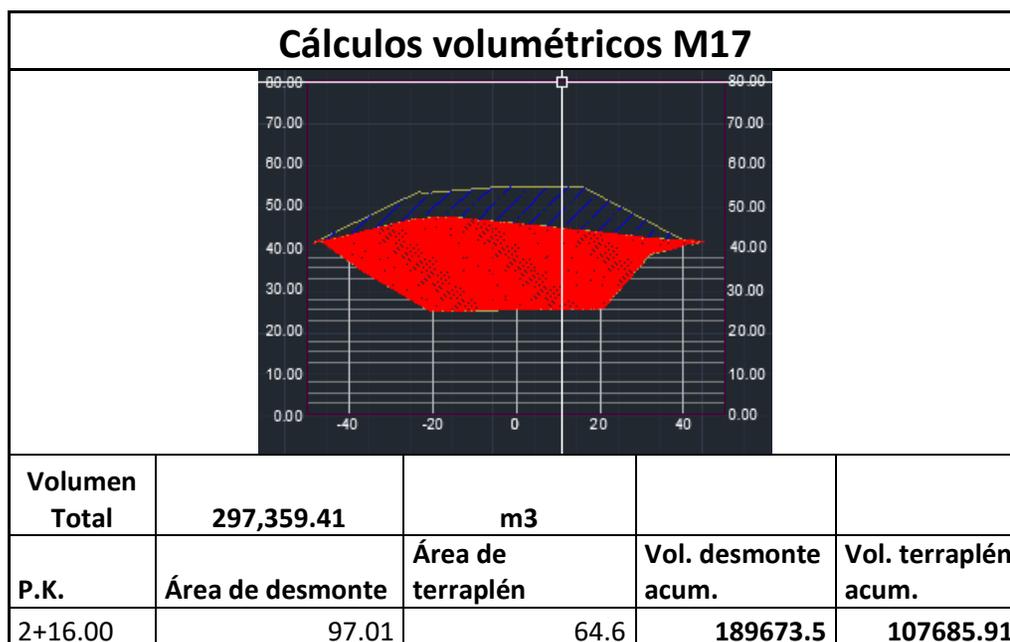
Tabla de volúmenes

- Integración módulos M16-M17:

Cálculos volumétricos rediseño M16-M17				
[Rediseño M16-M17 3+42.00 ESC. H=1000.000 V=1000]				
				
Volumen Total	5,777,399.54	m3		
P.K.	Área de desmonte	Área de terraplén	Vol. desmonte acum. M3	Vol. terraplén acum. M3
7+02.00	0.1	0	647060.49	5130339.05
6+84.00	712	518.75	640651.57	5125670.31
6+66.00	1601.04	2135.33	619834.2	5101783.6
6+48.00	1464.89	3828.66	592240.86	5048107.66
6+30.00	1099.11	5205.71	569164.87	4966798.3
6+12.00	821.03	6349.89	551883.6	4862797.86
5+94.00	632.89	7210.49	538798.35	4740754.41
5+76.00	610.86	7810.23	527604.61	4605567.94
5+58.00	600.29	8154.53	516704.27	4461885.09
5+40.00	599.48	8438.56	505906.39	4312547.21
5+22.00	597.05	8655.84	495137.61	4158697.59
5+04.00	581.05	8863.2	484534.71	4001026.24
4+86.00	560.16	9058.42	474263.82	3839731.61
4+68.00	573.72	9575.81	464058.89	3672023.5
4+50.00	653.65	10365.4	453012.59	3492552.62
4+32.00	700.26	11201.22	440827.44	3298453.08
4+14.00	722.14	12002.11	428025.83	3089623.11
3+96.00	749.5	12796.43	414781.04	2866436.26
3+78.00	731.28	13667.98	401454.01	2628256.61
3+60.00	811.45	13431.45	387569.46	2384361.73
3+42.00	898.69	13200.8	372178.25	2144671.43
3+24.00	906.7	12691.78	355929.76	1911638.19

3+06.00	1009.38	11881.39	338685.03	1690479.66
2+88.00	1110.08	10976.99	319609.91	1484754.23
2+70.00	1146.12	10350.45	299304.12	1292807.29
2+52.00	1181.69	9901.47	278353.87	1110539.98
2+34.00	1254.84	9137.04	256425.14	939193.35
2+16.00	1350.47	8327.05	232977.34	782016.54
1+98.00	1443.89	7518.26	207828.05	639408.76
1+80.00	1503.03	6772.24	181305.73	510794.3
1+62.00	1527.05	6214.95	154035.01	393909.67
1+44.00	1534.14	5624.84	126484.26	287351.59
1+26.00	1501.23	4629.43	99165.88	195063.2
1+08.00	1415.94	3583.45	72911.36	121147.3
0+90.00	1335.06	2577.99	48152.38	65694.33
0+72.00	1192.22	1592.09	25406.86	28163.57
0+54.00	661.24	734.16	8725.77	7227.3
0+36.00	154.15	34.44	1387.32	309.94
0+18.00	0	0	0	0

- **Módulo M17:**



2+04.00	597.89	457.73	185504.09	104551.94
1+92.00	1016.95	645.12	175815.05	97934.88
1+80.00	1217.25	572.3	162409.86	90630.35
1+68.00	1133.61	537	148304.7	83974.55
1+56.00	1005.6	557.35	135469.43	77408.47
1+44.00	899.79	549.28	124037.07	70768.67
1+32.00	856.76	584.07	113497.78	63968.57
1+20.00	897.71	641.98	102970.97	56612.27
1+08.00	1027.33	627.89	91420.72	48993.04
0+96.00	1213.86	572.24	77973.61	41792.27
0+84.00	1333.45	499.01	62689.79	35364.77
0+72.00	1305.06	535.73	46858.73	29156.33
0+60.00	1162.41	553.46	32053.88	22621.19
0+48.00	930.78	612.26	19494.71	15626.85
0+36.00	736.86	593.64	9488.86	8391.41
0+24.00	384.69	353.12	2759.54	2710.82
0+12.00	75.23	98.68	0	0

CÁLCULO VIDA ÚTIL REMANENTE RELLENO SANITARIO

Análisis de Capacidad de Almacenamiento en Zonas Disponibles

Con base en el cálculo del volumen total de las dos zonas disponibles, que asciende a 6,074,758.95 m³, se procede a evaluar la capacidad de almacenamiento específicamente destinada para residuos.

1. Volumen Disponible para Residuos:

- Considerando una relación de cobertura del 12.5%, el volumen disponible para residuos se calcula como $6,074,758.95 \times (1 - 0.125) = 5,618,259.5 \text{ m}^3$

2. Capacidad de Almacenamiento en Toneladas:

- Con una densidad de compactación de residuos establecida en 1.05 ton/m³, la capacidad de almacenamiento en toneladas se determina multiplicando el volumen disponible por la densidad.
- La fórmula para la capacidad en toneladas es $V_{\text{disponible}} \times \text{Densidad} = 5,618,259.5 \text{ m}^3 \times 1.05 \text{ ton/m}^3 = \mathbf{5,899,172.475 \text{ ton}}$.

3. Relación entre Volumen y Capacidad en Toneladas:

- Es esencial destacar que la relación entre el volumen total de las zonas disponibles y la capacidad de almacenamiento en toneladas es coherente, manteniendo la eficiencia en el uso del espacio y asegurando una gestión efectiva de los residuos sólidos.

Relación capacidad de almacenamiento/ ingreso residuos acumulados por 10 años, a partir de 2025 = $\mathbf{5,899,172.48} / 5,849,130 = \mathbf{1,009}$

Por lo tanto, la vida útil de las nuevas áreas de operación se calcula en 10 años más 4 días, siendo la fecha final de vida útil del relleno sanitario el 3 de enero de 2036.

A continuación, se muestra cuadro resumen:

RESUMEN CAPACIDAD RELLENO SANITARIO LOMA DE LOS COCOS			
	Generación de residuos sólidos proyectada (inicio 2025- final 2035)	Capacidad relleno sanitario (a partir de 2025)	Relación capacidad de almacenamiento/ ingreso residuos acumulados
Ton residuos sólidos	5,849,130	5,899,172.48	1.009

Este análisis proporciona una visión detallada de la capacidad de almacenamiento disponible, considerando tanto el volumen de las zonas como la densidad de

compactación de los residuos. La información presenta una base sólida para la planificación estratégica y la gestión eficiente de los recursos en el contexto del Relleno Sanitario Parque Ambiental Loma de los Cocos.

6.4 SISTEMA DE IMPERMEABILIZACIÓN

El crecimiento en la conciencia ambiental, así como el desarrollo de nuevas tecnologías es claramente una facilidad en el control de agentes contaminantes no sólo en el manejo de basuras, sino también en el manejo de residuos producidos por las grandes industrias. Es así como las geomembranas ayudan al desarrollo ambiental y a la protección del ecosistema.

Su uso ha sido estimulado por regulaciones gubernamentales. Las geomembranas en si son hojas delgadas de materiales poliméricos utilizados principalmente como recubrimientos y cubiertas de almacenamiento de materiales sólidos y líquidos.

El uso de las geomembranas en el diseño de barreras impermeables es una alternativa válida y en muchos casos se utiliza como complemento a las alternativas tradicionales. El empleo de este geo sintético presenta las siguientes características:

- Son materiales homogéneos, de propiedades completamente cuantificables.
- Bajo una adecuada instalación, sus propiedades no sufren modificaciones durante el proceso constructivo.
- Son una alternativa más económica sobre todo en proyectos donde el tiempo de construcción es un factor importante del costo.
- Minimizan el impacto ambiental en las obras y permiten un mejor aprovechamiento de los volúmenes disponibles.

Metodología de diseño

Este diseño permite escoger la geomembrana más adecuada para ser instalada como barrera impermeable garantizando la protección del ecosistema en cada una de las aplicaciones como pueden ser en reservorios de agua, en rellenos sanitarios, en recolección de lodos generados de los procesos industriales, en lagunas de oxidación, etc.

El diseño por función consiste en evaluar la principal aplicación para la cual se utiliza la geomembrana y calcular el valor requerido para esa propiedad en particular. En el caso del diseño para la geomembrana, se comparan las

resistencias del material con el valor requerido en el diseño para una misma propiedad, obteniendo un factor de seguridad global FSg.

$$FSg = \frac{\text{Resistencia Admisible}}{\text{Resistencia Requerida}}$$
$$FSg > 1$$

Donde:

Resistencia disponible: Resistencia última del ensayo de laboratorio que simula las condiciones reales del proyecto sobre los factores de reducción.

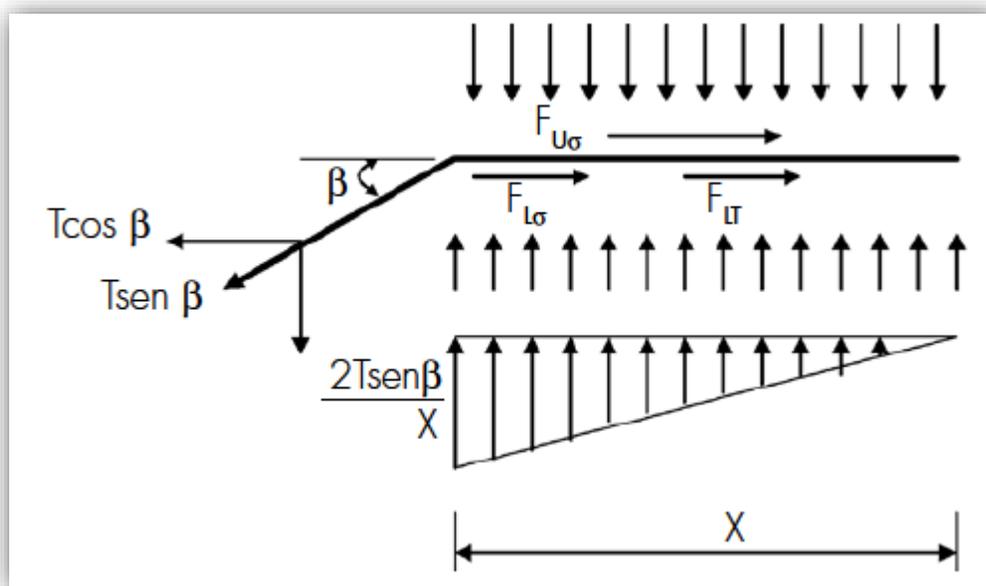
Resistencia requerida: Valor obtenido de una metodología de diseño que simula las condiciones reales del proyecto.

- **Diseño del espesor de la geomembrana**

El espesor necesario de la geomembrana dependerá del polímero con que esta fabricada dicha membrana debido a los comportamientos tan distintos a la fluencia de cada uno de los materiales.

Para el cálculo de dicho espesor se realiza un equilibrio límite teniendo en cuenta la posible deformación en la geomembrana como se muestra a continuación:

Figura. No. 3 Modelo de diseño para calcular el espesor de la geomembrana



Fuente: KOERNER R.M., Designing with Geosynthetics, 5 ED., U.S.A., 2005.

$$\sum F_x = 0$$

$$T \cos \beta = F_{U\sigma} + F_{L\sigma} + F_{LT}$$

$$T \cos \beta = \sigma_n \tan \delta_U(x) + \sigma_n \tan \delta_L(x) + 0.5 \left(\frac{2T \sin \beta}{x} \right) (x) \tan \delta_L$$

$$T = \frac{\sigma_n x (\tan \delta_U + \tan \delta_L)}{\cos \beta - \sin \beta \tan \delta_L}$$

La tensión inducida en la geomembrana es igual al esfuerzo admisible por el espesor.

$$T = \sigma_{adm} t$$

Donde:

T = Tensión movilizadora e la geomembrana

σ_{adm} = Esfuerzo admisible en la geomembrana

$t =$ Espesor de la geomembrana

Entonces reemplazando los valores se tiene que:

$$t = \frac{\sigma_n \times (\tan\delta_U + \tan\delta_L)}{\sigma_{adm} (\cos\beta - \sin\beta \tan\delta_L)}$$

Donde:

β = Ángulo que forma el movimiento de la geomembrana a tensión con la horizontal

$F_{U\sigma}$ = Fuerza de fricción sobre la geomembrana debido al suelo de cubierta (para suelos de cubierta demasiado delgados, la fracturación de este puede ocurrir por tensión, en estos casos este valor suelo despreciable)

$F_{L\sigma}$ = Fuerza de fricción debajo de la geomembrana debido al suelo de cubierta

F_{LT} = Fuerza de fricción debajo de la geomembrana al componente vertical de T admisible

σ_n = Esfuerzo aplicado por el material de relleno

δ_U = Ángulo de fricción entre la geomembrana y el material superior (ASTM D 5321)

δ_L = Ángulo de fricción entre la geomembrana y el material inferior (ASTM D 5321)

x = Distancia de movilización de la deformación de la geomembrana

Tabla. No. 3 Ángulos de fricción geomembrana - suelo y geomembrana – geotextil Según ensayo ASTM D 5321

Tipo de geomembrana	Tipo de geotextil	Tipo de suelo - Arena		
		$\Phi = 30^\circ$	$\Phi = 28^\circ$	$\Phi = 26^\circ$
HDPE	No tejido punzonado	30°	26°	22°
Texturizada	32°	30° (100%)	26° (92%)	22° (83%)
Lisa	8°	18° (56%)	18° (61%)	17° (63%)

Fuente: KOERNER R.M., Designing with Geosynthetics, 5 ED., U.S.A., 2005.

Datos iniciales:

$h = 3 \text{ m}$

$Pe = 8,00 \text{ KN/m}^3$ (Peso específico de la basura)

$tl = 1:2$ (Talud 27° con respecto a la horizontal)

$mc = 0.15 \text{ m}$ (Material de cobertura)

$$t = \frac{\sigma_n \times (\tan\delta_U + \tan\delta_L)}{\sigma_{adm} (\cos\beta - \sin\beta \tan\delta_L)}$$

Donde:

$\beta = 27^\circ$ (Angulo formado por el talud con la horizontal "V:H" 1:2)

$\sigma_n = 3\text{m} * 8,0 \text{ Kn/m}^3 = 24 \text{ Kn/m}^2$

$\delta_U = 30^\circ$ (Dado que, en este caso, la geomembrana es texturizada en conjunto con la arena).

$\delta_L = 32^\circ$ (Por ser un geotextil no tejido "NT" punzonado por agujas y una geomembrana texturizada).

$x = 0.3 \text{ m}$ (Distancia más desfavorable para movilización de la geomembrana).

$\sigma_{adm} = 15.000 \text{ KPa}$, (Mayor esfuerzo soportado por las geomembranas HDPE según Designing with Geosynthetic Cap 5, 5 Ed).

Reemplazando en los valores de la ecuación obtenemos:

$$t = \frac{29,43 \text{ KN/m}^2(0,3\text{m})(\tan 30^\circ + \tan 32^\circ)}{15.000 \text{ KPa} (\cos 27^\circ - \sin 27^\circ \tan 32^\circ)}$$

$$t = 0,9 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$t = \mathbf{0,9 \text{ mm}}$$

Entonces:

$$FS_g = \frac{\text{Resistencia Admisible}}{\text{Resistencia Requerida}}$$

$$FS_g = > 1$$

$$FS_g = \frac{1,00 \text{ mm}}{0,9 \text{ mm}}$$

$$FS_g = 1,11$$

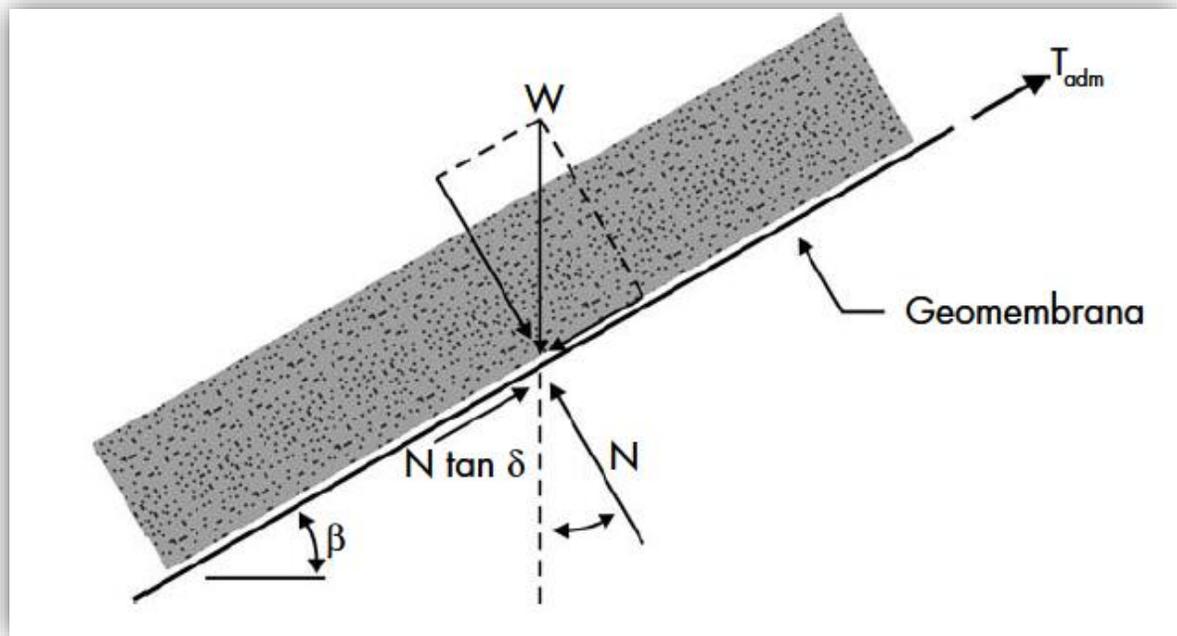
$$FS_g = \mathbf{1,11} > 1 \text{ (o.k.)}$$

- **Estabilidad de la Cobertura del Relleno**

La geomembrana debe ser recubierta debido a que con el recubrimiento se busca protección contra la oxidación, la degradación ultra-violeta, las altas temperaturas que incrementan la alta degradación, el punzonamiento y el rasgado por materiales angulares, protección generada por daños accidentales o intencionales.

Usualmente se suelen cubrir con espesores pequeños de suelo, que generalmente tienen la tendencia a deslizarse sobre los taludes, motivo por el cual este chequeo dentro de la metodología se basa en las condiciones de equilibrio límite entre el subsuelo, la geomembrana y el suelo de recubrimiento asumiendo que estos tienen un espesor uniforme.

Figura. No. 4 Fuerzas actuantes con suelos de cobertura sobre la geomembrana de recubrimiento, con profundidad del suelo constante



Para realizar el cálculo de la estabilidad de la cobertura se chequea un F.S. por equilibrio límite.

$$FS = \frac{\text{Fuerzas Resistentes}}{\text{Fuerzas Actuantes}}$$

$$FS = \frac{N \tan \delta_L (L) + T_{adm}}{W \sin \beta (L)}$$

$$FS = \frac{(W \cos\beta) \tan\delta_U (L) + T_{adm}}{W \sin\beta (L)}$$

Donde:

W = Peso del material de relleno

β = Ángulo de inclinación del talud con la horizontal

δ_U = Ángulo de fricción entre la geomembrana y el material superior

L = Longitud de la inclinación

$T_{adm} = \sigma_{adm} * t$, Fuerza de tensión en la geomembrana

Se obtienen diferentes factores de seguridad para diferentes longitudes de inclinación y se escoge la longitud con la cual se obtenga un FS mínimo de 1 para garantizar que no se presentará deslizamiento de la capa de suelo.

Datos iniciales:

Se ha decidido utilizar arena como suelo de cobertura en un espesor de 0,10 m y como relleno para las zanjas de anclaje; esta arena tiene un ángulo de fricción interna de 30° y un peso específico de 18KN/m^3 .

Entonces:

$$W = (18 * 0.50 * 1) = 9 \text{ KN/m}$$

$$\beta = 27^\circ$$

$\delta_U = 30^\circ$ porque en este caso la geomembrana es texturizada en conjunto con la arena.

L = Longitud de la inclinación.

$T_{adm} = \sigma_{adm} t = 15.000 \text{ KPa}$, (Mayor esfuerzo soportado por las geomembranas HDPE según Designing with Geosynthetic Cap. 5, 5 Ed).

Reemplazando en los valores de la ecuación Obtenemos:

$$FS = \frac{(9 \cos 27^\circ) \tan 30^\circ (L) + 15.000(0.0015)}{9 \sin 27^\circ (L)}$$

$$FS = \frac{4,63L + 22,5}{8,02L}$$

Asumiendo diferentes valores para la longitud de inclinación se obtienen diferentes resultados en el FS.

Tabla. No. 4 Resultados de FS para diferentes Longitudes de inclinación

Longitud de Inclinación	FS
4,0	1,28
6,0	1,05
8,0	0,93
10,0	1,68
20,0	1,41
30,0	1,32

Por lo tanto, la longitud de inclinación máxima deberá ser de 8,00m con el fin de obtener un factor de seguridad adecuado.

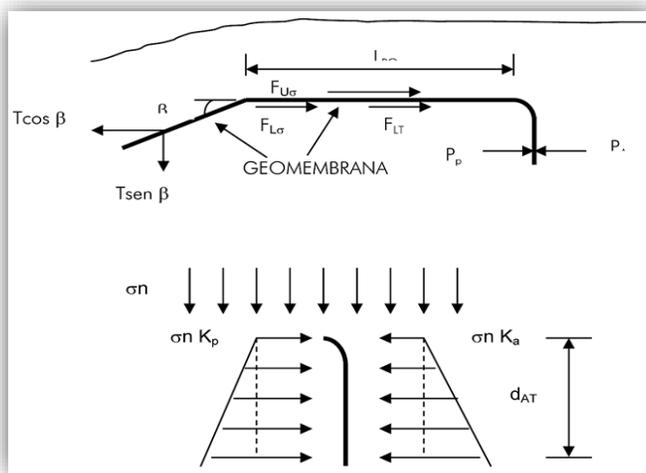
En nuestro caso la longitud de inclinación con taludes de 3 metros de altura y pendiente de 2:1 es de 6,7m < 8,00 m

Para ello se podrá utilizar arena o geotextil NT (no tejido).

- **Diseño de la Longitud y Zanja de Anclaje**

Para este chequeo se tienen en cuenta un estado de esfuerzos dentro de la zanja de anclaje y su mecanismo de resistencia. En la profundidad de la zanja de anclaje se tienen fuerzas laterales actuando sobre la geomembrana, más específicamente una presión activa de tierras tendiendo a desestabilizar el sistema y una presión pasiva de tierra que lo tiende a soportar.

Figura. No. 5 Sección transversal de la longitud de desarrollo de una geomembrana con zanja de anclaje y fuerzas actuantes



$$\sum F_x = 0$$

$$T_{adm} \cos \beta = F_{U\sigma} + F_{L\sigma} + F_{LT} - P_A + P_p$$

$$T_{adm} \cos \beta = \sigma_n \tan \delta_U (L_{RO}) + \sigma_n \tan \delta_L (L_{RO}) + 0.5 \left(\frac{2T_{adm} \sin \beta}{L_{RO}} \right) (L_{RO}) \tan \delta_L - P_A + P_p$$

$$T_{adm} = \frac{\sigma_n L_{RO} (\tan \delta_U + \tan \delta_L) - P_A + P_p}{\cos \beta - \sin \beta \tan \delta_L}$$

$$P_A = (0,5 \gamma_{AT} d_{AT} + \sigma_n) K_A d_{AT}$$

$$P_p = (0,5 \gamma_{AT} d_{AT} + \sigma_n) K_p d_{AT}$$

Donde:

L_{RO} = Longitud de desarrollo

P_A = Presión activa de tierras contra el material de relleno de la zanja de anclaje

P_p = Presión pasiva de tierras contra el suelo in-situ de la zanja de anclaje

γ_{AT} = Peso Específico del suelo de la zanja de anclaje

d_{AT} = Profundidad de la zanja de anclaje

σ_n = Esfuerzo normal aplicado por el suelo de cobertura

K_A = Coeficiente de presión de tierra activa = $\tan^2 (45 - \varphi/2)$

K_p = Coeficiente de presión de tierra pasiva = $\tan^2 (45 + \varphi/2)$

φ = Ángulo de fricción del suelo respectivo

Datos iniciales:

$$\gamma_{AT} = 18 \text{ KN/m}^3$$

$$\sigma_n = (18 \text{ KN/m}^3) (0.30 \text{ m}) = 5.4 \text{ KN/m}^2$$

φ = Ángulo de fricción de la arena = 30°

$$K_A = \tan^2 (45 - \varphi/2) = \tan^2 (45 - 30/2) = 1$$

$$K_p = \tan^2 (45 + \varphi/2) = \tan^2 (45 + \varphi/2) = 3$$

$\delta_U = 30^\circ$ porque en este caso la geomembrana es texturizada en conjunto con la arena

$\delta_L = 32^\circ$ por ser un geotextil no tejido punzonado por agujas y una geomembrana texturizada

$$\beta = 27^\circ$$

$$T_{adm} = \sigma_{adm} t = 15,000 (0.0015)$$

$$T_{adm} = \frac{\sigma_n L_{RO} (\tan \delta_U + \tan \delta_L) - P_A + P_p}{\cos \beta - \sin \beta \tan \delta_L}$$

$$T_{adm} = \frac{(5,4)(L_{RO})(\tan 30 + \tan 32) - ((0,5)(18)d_{AT} + (5,4)(1)d_{AT}) + ((0,5)(0,18)d_{AT} + (5,4)(3)d_{AT})}{(\cos 27^\circ) - (\sin 27^\circ)(\tan 32^\circ)}$$

$$22,5 = \frac{6,49(L_{RO}) - 9d_{AT}^2 - 5,4d_{AT} + 27d_{AT}^2 + 16,2d_{AT}}{0,61}$$

$$13,7 = 6,49(L_{RO}) + 18d_{AT}^2 + 10,8d_{AT}$$

Entonces nos queda finalmente una ecuación con dos incógnitas, las cuales son:

L_{RO} = Longitud de desarrollo

d_{AT} = Profundidad de la zanja de anclaje

Se asume una de las dos incógnitas y se encuentra la otra. $L_{RO} = 0,5\text{m}$ y se reemplaza en la ecuación quedando una cuadrática de la siguiente forma:

$$18d_{AT}^2 + 10,8d_{AT} - 10,45$$

Resolviendo para d_{AT}

Tenemos:

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

Donde:

$$a=18$$

$$b=10,8$$

$$c= -10,45$$

$$x = \frac{-10,8 \pm \sqrt{(10,8)^2 - 4(18)(-10,45)}}{2(18)}$$

$$x = \frac{-10,8 \pm \sqrt{116,64 + 752,4}}{36}$$

$$x = \frac{-10,8 \pm 29,5}{36}$$

$$x = 0,52 \text{ m}$$

Entonces para una longitud de desarrollo ($L_{RO} = 0,5\text{m}$) tenemos que la profundidad de la zanja de anclaje ($d_{AT} = 0,5 \text{ m}$).

- **Chequeo por supervivencia**

La Tabla No.5 nos muestra valores a cuatro niveles diferentes de supervivencia.

Tabla. No. 5 Valores mínimos recomendados para supervivencia de la geomembrana en el proceso de instalación

PROPIEDAD FÍSICA Y MÉTODO DE LABORATORIO	GRADO REQUERIDO DE SUPERVIVENCIA			
	Bajo ¹	Medio ²	Alto ³	Muy Alto ⁴
Espesor (D 5199), mils (mm)	25 (0.63)	30 (0.75)	35 (0.88)	40 (1.00)
Tensión (D 6693), Lb/pulg (KN/m)	40 (7.0)	51 (9.0)	63 (11.0)	74 (13.0)
Rasgado (D 1004), Lb (N)	7.5 (33)	10 (45.0)	15 (67.0)	20 (90.0)
Punzonamiento (D 4833), Lb (N)	25 (110)	30 (140)	39 (170)	46 (200)
Impacto (D 3998 mod), J	10	12	15	20

Fuente: Designing with Geosynthetics 5ta Edition. Robert Koerner.

¹ Bajo: Se refiere a una cuidadosa instalación a mano sobre un terreno bien gradado y uniforme con cargas leves de naturaleza estática. Típicos usados como barreras de vapor bajo trozos de piso.

² Medio: Se refiere a una instalación manual o con maquinaria sobre un terreno gradado con maquinaria de una pobre textura con cargas medianas. Generalmente usados para canales.

³ Alto: Se refiere a una instalación manual o con maquinaria sobre un terreno gradado con maquinaria de una pobre textura con cargas altas. Generalmente usados para suelos de relleno y coberturas.

⁴ Muy Alto: Se refiere a una instalación manual o con maquinaria sobre un terreno gradado con maquinaria de una textura muy pobre con cargas altas. Típicamente usados para reservorios y rellenos sanitarios.

De acuerdo a la tabla anterior se observa que para el caso de manejo de basuras se requiere tener en cuenta la condición mas critica, la cual exige como mínimo una geomembrana de 1.0mm, por lo tanto, la geomembrana seleccionada en los diseños cumple con los criterios de supervivencia.

De acuerdo con la presentación se recomienda instalar en la celda **geomembrana calibre 40 (1,0 mm).**

Instalación de Geomembrana sobre la superficie natural

- El instalador deberá suministrar, mano de obra con experiencia y equipo para una adecuada instalación.
- El propietario del proyecto deberá entregar el terreno del fondo y los taludes, compactado al 95% del ensayo Proctor modificado y listo para iniciar los trabajos. Es decir, y sin presencia de agua, sin protuberancias, piedras filosas o puntiagudas, ramas o raíces que puedan producir punzonamiento y dañar el laminado.
- En todos los casos, los trabajos de preparación deberán estar listos y entregados en presencia del aplicador del laminado, aportando indicaciones y/o reparando daños (en caso de que sucedan) durante la instalación.
- La unión entre láminas de geomembrana deberá garantizar que la soldadura no sufra rompimientos ni rasgaduras por acción de la compactación de los residuos.

Protección de la geomembrana

Para protección de la geomembrana contra la acción de equipos topadores y distribuidores (Buldócer, retroexcavadora, compactador pata de cabra, volquetas, entre otros), se procederá a tender sobre la geomembrana una capa de arena o de tepetate compactado, con un espesor mínimo de 0.10 m, para que funcione como base de amortiguamiento y distribuidor de esfuerzos.

Preparación del sitio

Antes de colocar los materiales geosintéticos es necesario realizar la preparación del terreno, la cual, consiste en cortar, rellenar y afinar las superficies para impermeabilizar; dejándolas libres de protuberancias, piedras con aristas vivas o puntiagudas, ramas, raíces y presencia de agua que puedan dañar los materiales sintéticos.

Figura. No. 6 Preparación del terreno



Instalación de la Geomembrana

La geomembrana es colocada manual o mecánicamente, dejando un traslape mínimo de 0.10 m para la unión de las capas.

Para lograr la completa impermeabilización, se realiza la unión de las membranas mediante el proceso de termofusión controlada.

Durante la colocación de la membrana deberán realizarse ensayos de campo para verificar que las condiciones en las uniones son las recomendadas. Estas pruebas deben hacerse tomándose muestras de los extremos de cada unión, sometiénolas a prueba con un dinamómetro.

Por otro lado, se efectuarán pruebas no destructivas de las uniones a lo largo de todas ellas (prueba al 100%). Estas pruebas son para determinar que el sellado de la geomembrana es el adecuado y se realizarán a lo largo de todas y cada una de las uniones, asegurándose la completa impermeabilidad.

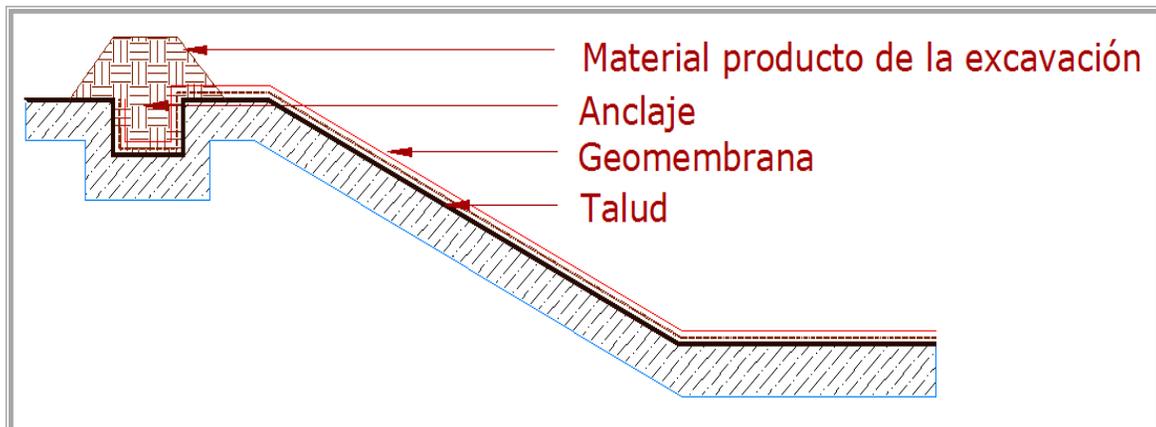
Figura. No. 7 Instalación de la Geomembrana



Anclado de la geomembrana

Para asegurar la estabilidad de la membrana, se instalarán anclajes que la fijan a la superficie del relleno sanitario, mediante la construcción de una zanja perimetral de la zona a impermeabilizar, donde se fijará la membrana, se excavará un canal perimetral de 0.50 m x 0.50 m de sección y alejada del borde del talud un mínimo de 0.60 m. Posteriormente dicho canal será relleno con material producto de la excavación.

Figura. No. 8 Detalle del anclaje de la Geomembrana



7. MODELACIÓN DE LIXIVIADOS

La modelación de lixiviado se realizó teniendo en cuenta las siguientes variables:

- Peso Residuos
- Peso de Niveles
- Peso seco de residuos
- Infiltración de aguas
- Humedad de residuos
- Peso de gas producido
- Peso agua consumida en la producción de gases
- Peso vapor de agua
- Capacidad de Campo

Los cálculos resultantes de la modelación se presentan en los siguientes cuadros

EVALUACION DE LA TASA DE INFILTRACION DE AGUAS ATRAVES DE LA COBERTURA

MATERIAL :	ARCILLA COMPACTADA					
CAPACIDAD DE CAMPO (cm/m):	35					
PUNTO DE MARCHITEZ (cm/ m):	17					
COEFICIENTE DE ESCORRENTIA:	0,5					
PENDIENTE:	3%					
ESPESOR COBERTURA (m):	0,25					
CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO:	4,5					
DEFICIT DE HUMEDAD INICIAL:	0,125					
MES	PRECIPITACION (mm)	EVAPORACION (mm)	ESCORRENTIA (mm)	SUBIDA O PERDIDA DEHUMEDAD (mm)	DEFICIT DE MATERIAL DE COBERTURA (mm)	INFILTRACION POTENCIAL ATRAVES DE LA COBERTURA (mm)
ENERO	2,04	175	1,02	-173,98	-45	0
FEBRERO	0,6	190	0,3	-189,7	-45	0
MARZO	1,48	205	0,74	-204,26	-45	0
ABRIL	21,8	188	10,9	-177,1	-45	0
MAYO	114,4	166	57,2	-108,8	-45	0
JUNIO	99,02	158	49,51	-108,49	-45	0
JULIO	116,01	172	58,005	-113,995	-45	0
AGOSTO	123,24	155	61,62	-93,38	-45	0
SEPTIEMBRE	136,03	143	68,015	-74,985	-45	0
OCTUBRE	234,86	130	117,43	-12,57	-45	0
NOVIEMBRE	128,45	135	64,225	-70,775	-45	0
DICIEMBRE	37,59	158	18,795	-139,205	-45	0
De acuerdo a los calculos teoricamente no se producirá infiltración a través de la cobertura, sin embargo como datos de entrada se tomará una infiltración de 10 mm para tener en cuenta la infiltración a través de los desechos directamente, el incremento de humedad por acumulamiento en los recipientes durante los periodos lluviosos, la posible variación de humedad durante el periodo de diseño y una infiltración de 2% despues de la clausura, estos datos nos permiten tener un margen de seguridad para el cálculo de lixiviados.						

RELLENO SANITARIO LOMA DE LOS COCOS NUEVA ETAPA							
MODELACION DE LIXIVIADOS							
PRODUCCION UNITARIA DE LIXIVIADOS							
DATOS DE ENTRADA							
DENSIDAD DESECHOS (KG/M3)			800				
ALTURA NIVEL (M)			3				
% DE HUMEDAD			0,2				
INFILTRACION DE AGUAS LLUVIAS(mm)			10				
INFILTRACION DE AGUAS LLUVIAS DESPUES DE CIERRE(mm)			2				
AGUA CONSUMIDA EN PRODUCCION DE GAS(kg/m3)			0,67				
AGUA FORMA DE VAPOR (kg/m3)			0,023				
DENSIDAD MATERIAL DE COBERTURA (kg/m3)			1500				
ESPESOR COBERTURA DIARIA (m)			0,25				
DENSIDAD DEL GAS(kg/m3)			1,2				
PESO SECO FINAL (Kg)	PESO MEDIO NIVEL(Kg)	CAPACIDAD DE CAMPO(%)	CANTIDAD DE AGUA RETENIDA(Kg)	LIXIVIADOS PRODUCIDOS(Kg)	AGUA RESTANTE NIVEL(Kg)	PESO TOTAL FINAL NIVEL(Kg)	
1888,05	1608,97	0,47	885,65	-305,75	579,90	2842,95	
1888,05	4451,92	0,35	665,23	-85,33	579,90	2842,95	
1888,05	7294,86	0,29	550,75	29,15	550,75	2813,79	
1888,05	10108,66	0,25	481,20	98,70	481,20	2744,25	
1888,05	12852,91	0,23	435,06	144,84	435,06	2698,10	
1888,05	15551,01	0,21	401,98	177,92	401,98	2665,03	
1888,05	18216,04	0,20	377,01	202,89	377,01	2640,06	
1888,05	20856,09	0,19	357,44	222,46	357,44	2620,49	
1888,05	23476,58	0,18	341,67	238,23	341,67	2604,71	
1888,05	26081,30	0,17	328,66	251,24	328,66	2591,71	
1888,05	28673,00	0,17	317,75	262,15	317,75	2580,79	
1888,05	31253,80	0,16	308,45	271,45	308,45	2571,50	
1888,05	31253,80	0,16	308,45	271,45	308,45	2571,50	
1888,05	31253,80	0,16	308,45	271,45	308,45	2571,50	
1888,05	31213,84	0,16	308,58	191,40	308,58	2571,63	
1888,05	30942,39	0,16	309,50	190,48	309,50	2572,55	
1888,05	30670,94	0,16	310,43	189,55	310,43	2573,48	
1888,05	30428,64	0,16	311,27	188,71	311,27	2574,32	
1888,05	30256,02	0,17	311,88	188,10	311,88	2574,93	
1888,05	30130,46	0,17	312,33	187,65	312,33	2575,37	
1888,05	30038,91	0,17	312,65	187,33	312,65	2575,70	
1888,05	29973,17	0,17	312,89	187,09	312,89	2575,94	
1888,05	29927,61	0,17	313,05	186,93	313,05	2576,10	
1888,05	29898,27	0,17	313,16	186,82	313,16	2576,21	
1888,05	29882,26	0,17	313,22	186,76	313,22	2576,26	
1888,05	29877,41	0,17	313,24	186,74	313,24	2576,28	
1888,05	29882,01	0,17	313,22	186,76	313,22	2576,26	
1888,05	29886,72	0,17	313,20	186,78	313,20	2576,25	
1888,05	29891,49	0,17	313,18	186,80	313,18	2576,23	
1888,05	29896,14	0,17	313,17	186,81	313,17	2576,21	
1888,05	29899,86	0,17	313,15	186,83	313,15	2576,20	
1888,05	29902,63	0,17	313,14	186,84	313,14	2576,19	

RELLENO SANITARIO LOMA DE LOS COCOS							
LIXIVIADOS PRODUCIDOS POR LOS RESIDUOS DISPUESTOS DURANTE EL PRIMER AÑO							
FINAL AÑO	KG/M2	KG-DIA	M2-DIA	DIAS	AREA	LIXIVIADOS (KG)	LIXIVIADOS (L/S)
	-305,75	1417774,00	787,65	14,47	11400,00	-3485533,49	-2,79
	-85,33	1417774,00	787,65	14,47	11400,00	-972780,26	-0,78
	29,15	1417774,00	787,65	14,47	11400,00	332348,45	0,27
	98,70	1417774,00	787,65	14,47	11400,00	1125135,88	0,90
	144,84	1417774,00	787,65	14,47	11400,00	1651192,56	1,32
	177,92	1417774,00	787,65	14,47	11400,00	2028270,86	1,62
	202,89	1417774,00	787,65	14,47	11400,00	2312930,85	1,85
	222,46	1417774,00	787,65	14,47	11400,00	2536007,89	2,03
	238,23	1417774,00	787,65	14,47	11400,00	2715849,84	2,17
	251,24	1417774,00	787,65	14,47	11400,00	2864101,75	2,29
	262,15	1417774,00	787,65	14,47	11400,00	2988531,40	2,39
1	271,45	1417774,00	787,65	14,47	11400,00	3094529,62	2,47
2	271,45	1417774,00	787,65	14,47	11400,00	3094529,62	2,47
3	271,45	1417774,00	787,65	14,47	11400,00	3094529,62	2,47
4	191,40	1504240,00	835,69	365,00	11400,00	2181917,03	0,07
5	190,48	1504240,00	835,69	365,00	11400,00	2171469,53	0,07
6	189,55	1504240,00	835,69	365,00	11400,00	2160860,94	0,07
7	188,71	1504240,00	835,69	365,00	11400,00	2151252,55	0,07
8	188,10	1504240,00	835,69	365,00	11400,00	2144325,59	0,07
9	187,65	1504240,00	835,69	365,00	11400,00	2139243,80	0,07
10	187,33	1504240,00	835,69	365,00	11400,00	2135515,15	0,07
11	187,09	1504240,00	835,69	365,00	11400,00	2132825,60	0,07
12	186,93	1504240,00	835,69	365,00	11400,00	2130955,49	0,07
13	186,82	1504240,00	835,69	365,00	11400,00	2129748,58	0,06753
14	186,76	1504240,00	835,69	365,00	11400,00	2129089,19	0,06751
15	186,74	1504240,00	835,69	365,00	11400,00	2128888,97	0,06751
16	186,76	1504240,00	835,69	365,00	11400,00	2129078,72	0,06751
17	186,78	1504240,00	835,69	365,00	11400,00	2129272,78	0,06752
18	186,80	1504240,00	835,69	365,00	11400,00	2129469,17	0,06753
19	186,81	1504240,00	835,69	365,00	11400,00	2129660,73	0,06753
20	186,83	1504240,00	835,69	365,00	11400,00	2129813,82	0,06754

RELLENO SANITARIO LOMA DE LOS COCOS							
LIXIVIADOS PRODUCIDOS POR LOS RESIDUOS DISPUESTOS DURANTE EL SEGUNDO AÑO							
AÑO	KG/M2	KG-DIA	M2-DIA	DIAS	AREA	LIXIVIADOS (KG)	LIXIVIADOS (L/S)
	-305,75	1595980	886,66	13,42	11900,00	-3638407,77	-3,1377
	-85,33	1595980	886,66	13,42	11900,00	-1015446,06	-0,8757
	29,15	1595980	886,66	13,42	11900,00	346925,13	0,2992
	98,70	1595980	886,66	13,42	11900,00	1174483,95	1,0128
	144,84	1595980	886,66	13,42	11900,00	1723613,28	1,4864
	177,92	1595980	886,66	13,42	11900,00	2117230,11	1,8258
	202,89	1595980	886,66	13,42	11900,00	2414375,19	2,0821
	222,46	1595980	886,66	13,42	11900,00	2647236,30	2,2829
	238,23	1595980	886,66	13,42	11900,00	2834966,06	2,4448
	251,24	1595980	886,66	13,42	11900,00	2989720,25	2,5782
	262,15	1595980	886,66	13,42	11900,00	3119607,34	2,6903
1	271,45	1595980	886,66	13,42	11900,00	3230254,60	2,7857
2	271,45	1595980	886,66	13,42	11900,00	3230254,60	2,7857
3	271,45	1595980	886,66	13,42	11900,00	3230254,60	2,7857
4	191,40	1693315,00	940,73	365,00	11900,00	2277615,15	0,0722
5	190,48	1693315,00	940,73	365,00	11900,00	2266709,43	0,0719
6	189,55	1693315,00	940,73	365,00	11900,00	2255635,54	0,0715
7	188,71	1693315,00	940,73	365,00	11900,00	2245605,73	0,0712
8	188,10	1693315,00	940,73	365,00	11900,00	2238374,95	0,0710
9	187,65	1693315,00	940,73	365,00	11900,00	2233070,28	0,0708
10	187,33	1693315,00	940,73	365,00	11900,00	2229178,09	0,0707
11	187,09	1693315,00	940,73	365,00	11900,00	2226370,58	0,0706
12	186,93	1693315,00	940,73	365,00	11900,00	2224418,45	0,0705
13	186,82	1693315,00	940,73	365,00	11900,00	2223158,60	0,0705
14	186,76	1693315,00	940,73	365,00	11900,00	2222470,29	0,0705
15	186,74	1693315,00	940,73	365,00	11900,00	2222261,29	0,0705
16	186,76	1693315,00	940,73	365,00	11900,00	2222459,36	0,0705
17	186,78	1693315,00	940,73	365,00	11900,00	2222661,94	0,0705
18	186,80	1693315,00	940,73	365,00	11900,00	2222866,95	0,0705
19	186,81	1693315,00	940,73	365,00	11900,00	2223066,90	0,0705
20	186,83	1693315,00	940,73	365,00	11900,00	2223226,71	0,0705

RELLENO SANITARIO LOMA DE LOS COCOS							
LIXIVIADOS PRODUCIDOS POR LOS RESIDUOS DISPUESTOS DURANTE EL TERCER AÑO							
FINAL AÑO	KG/M2	KG-DIA	M2-DIA	DIAS	AREA	LIXIVIADOS (KG)	LIXIVIADOS (L/S)
	-305,75	1504240	835,69	14,72	12300,00	-3760707,19	-2,9573
	-85,33	1504240	835,69	14,72	12300,00	-1049578,70	-0,8254
	29,15	1504240	835,69	14,72	12300,00	358586,48	0,2820
	98,70	1504240	835,69	14,72	12300,00	1213962,40	0,9546
	144,84	1504240	835,69	14,72	12300,00	1781549,86	1,4010
	177,92	1504240	835,69	14,72	12300,00	2188397,51	1,7209
	202,89	1504240	835,69	14,72	12300,00	2495530,65	1,9624
	222,46	1504240	835,69	14,72	12300,00	2736219,04	2,1517
	238,23	1504240	835,69	14,72	12300,00	2930259,04	2,3043
	251,24	1504240	835,69	14,72	12300,00	3090215,05	2,4300
	262,15	1504240	835,69	14,72	12300,00	3224468,09	2,5356
1	271,45	1504240	835,69	14,72	12300,00	3338834,59	2,6256
2	271,45	1504240	835,69	14,72	12300,00	3338834,59	2,6256
3	271,45	1504240	835,69	14,72	12300,00	3338834,59	2,6256
4	191,40	1595980,00	886,66	365,00	12300,00	2354173,64	0,0747
5	190,48	1595980,00	886,66	365,00	12300,00	2342901,34	0,0743
6	189,55	1595980,00	886,66	365,00	12300,00	2331455,22	0,0739
7	188,71	1595980,00	886,66	365,00	12300,00	2321088,28	0,0736
8	188,10	1595980,00	886,66	365,00	12300,00	2313614,45	0,0734
9	187,65	1595980,00	886,66	365,00	12300,00	2308131,46	0,0732
10	187,33	1595980,00	886,66	365,00	12300,00	2304108,45	0,0731
11	187,09	1595980,00	886,66	365,00	12300,00	2301206,57	0,0730
12	186,93	1595980,00	886,66	365,00	12300,00	2299188,82	0,0729
13	186,82	1595980,00	886,66	365,00	12300,00	2297886,62	0,0729
14	186,76	1595980,00	886,66	365,00	12300,00	2297175,18	0,0728
15	186,74	1595980,00	886,66	365,00	12300,00	2296959,15	0,0728
16	186,76	1595980,00	886,66	365,00	12300,00	2297163,88	0,0728
17	186,78	1595980,00	886,66	365,00	12300,00	2297373,27	0,0728
18	186,80	1595980,00	886,66	365,00	12300,00	2297585,16	0,0729
19	186,81	1595980,00	886,66	365,00	12300,00	2297791,84	0,0729
20	186,83	1595980,00	886,66	365,00	12300,00	2297957,02	0,0729

RELLENO SANITARIO LOMA DE LOS COCOS							
LIXIVIADOS PRODUCIDOS POR LOS RESIDUOS DISPUESTOS DURANTE EL CUARTO AÑO							
ETAPA 1							
FINAL AÑO	KG/M2	KG-DIA	M2-DIA	DIAS	AREA	LIXIVIADOS (KG)	LIXIVIADOS (L/S)
	-305,75	1693315	940,73	13,61	12800,00	-3913581,46	-3,33
	-85,33	1693315	940,73	13,61	12800,00	-1092244,51	-0,93
	29,15	1693315	940,73	13,61	12800,00	373163,17	0,32
	98,70	1693315	940,73	13,61	12800,00	1263310,47	1,07
	144,84	1693315	940,73	13,61	12800,00	1853970,59	1,58
	177,92	1693315	940,73	13,61	12800,00	2277356,75	1,94
	202,89	1693315	940,73	13,61	12800,00	2596974,99	2,21
	222,46	1693315	940,73	13,61	12800,00	2847447,45	2,42
	238,23	1693315	940,73	13,61	12800,00	3049375,26	2,59
	251,24	1693315	940,73	13,61	12800,00	3215833,55	2,74
	262,15	1693315	940,73	13,61	12800,00	3355544,03	2,85
1	271,45	1693315	940,73	13,61	12800,00	3474559,57	2,96
2	271,45	1693315	940,73	13,61	12800,00	3474559,57	2,96
3	271,45	1693315	940,73	13,61	12800,00	3474559,57	2,96
4	191,40	1796586,00	998,10	365,00	12800,00	2449871,75	0,08
5	190,48	1796586,00	998,10	365,00	12800,00	2438141,23	0,08
6	189,55	1796586,00	998,10	365,00	12800,00	2426229,82	0,08
7	188,71	1796586,00	998,10	365,00	12800,00	2415441,46	0,08
8	188,10	1796586,00	998,10	365,00	12800,00	2407663,82	0,08
9	187,65	1796586,00	998,10	365,00	12800,00	2401957,95	0,08
10	187,33	1796586,00	998,10	365,00	12800,00	2397771,39	0,08
11	187,09	1796586,00	998,10	365,00	12800,00	2394751,55	0,08
12	186,93	1796586,00	998,10	365,00	12800,00	2392651,78	0,08
13	186,82	1796586,00	998,10	365,00	12800,00	2391296,65	0,07583
14	186,76	1796586,00	998,10	365,00	12800,00	2390556,28	0,07580
15	186,74	1796586,00	998,10	365,00	12800,00	2390331,47	0,07580
16	186,76	1796586,00	998,10	365,00	12800,00	2390544,53	0,07580
17	186,78	1796586,00	998,10	365,00	12800,00	2390762,42	0,07581
18	186,80	1796586,00	998,10	365,00	12800,00	2390982,93	0,07582
19	186,81	1796586,00	998,10	365,00	12800,00	2391198,01	0,07582
20	186,83	1796586,00	998,10	365,00	12800,00	2391369,90	0,07583

RESUMEN DE PRODUCCIÓN DE LIXIVIADOS
NUEVA ETAPA DEL RELLENO SANITARIO

AÑO OPERACIÓN	CAUDAL DE LIXIVIADOS L/S
1	2,47
2	2,62
3	2,78
4	2,96

8. DISEÑO DE RED DE DRENAJE DE LIXIVIADOS

La red de drenaje de lixiviados es junto con la red de chimeneas los sistemas más importantes para garantizar la estabilidad del Relleno Sanitario para tal fin estos sistemas deben permitir la efectiva evacuación de fluidos y así mantener las presiones de poros en un rango de valor que garantice la estabilidad del Relleno sanitario.

Por lo anterior como parámetro de diseño limitante se encuentra la altura hidrostática de los lixiviados en fondo del relleno la cual de acuerdo a los requerimientos de la EPA se debe limitar a 1 pie o 30 cm; con esta premisa los datos de entrada son:

DATOS:

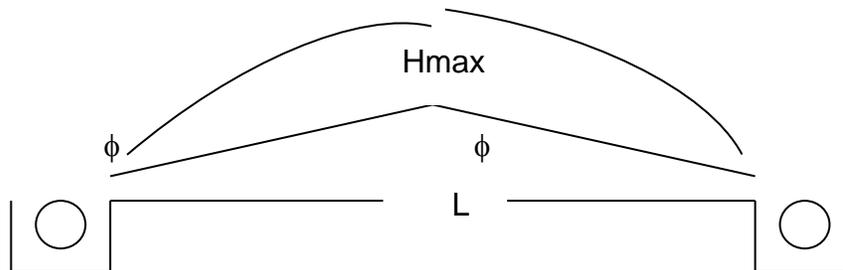
H MAX = 30 CM

Q = 3 L/s

Pendiente transversal de terreno = 0 %

K = 1 cm/s para arena limpia.

El esquema propuesto para instalación del sistema de drenaje es el siguiente:



De acuerdo al esquema y aplicando Manning la longitud de separación de la tubería se puede calcular por la siguiente formula:

$$L = \frac{2H \max}{\sqrt{C} \left[\tan^2 \frac{\phi}{C} + 1 - \tan \frac{\phi}{C} \sqrt{\tan^2 2\phi + C} \right]}$$

Donde $C = \frac{q}{K}$

Para el cálculo de C debemos tener en cuenta la disminución de la permeabilidad del lecho filtrante por efecto del flujo de lixiviados a través del mismo, por lo tanto utilizaremos $K = 10^{-1}$ cm/s

Considerando un área de 4,5 Ha para el flujo máximo

Encontramos que $C = 6,6 \times 10^{-5}$

Remplazando en la ecuación encontramos

Para pendiente cero, $\tan \phi = 0$

Entonces $L = 73,85$

Utilizaremos $L = 73$ mts

Chequeo hidráulico

Para garantizar la auto limpieza de la tubería primero haremos el cálculo de la pendiente mínima.

Pendiente mínima del tramo

La pendiente mínima del tramo debe ser capaz de verificar una velocidad mínima de escurrimiento en la tubería de 0,60 m/s funcionando a sección llena o semillena.

Utilizando la fórmula de Manning se obtiene:

$$v = s^{(1/2)} * (Rh)^{(2/3)} / n = \text{velocidad en la conducción}$$

Para tubería a sección llena o semillena el radio hidráulico es el mismo, como se demuestra a continuación:

$$Rh_{ll} = p * D^2 / 4 / (p * D) = D / 4 = \text{radio hidráulico para sección llena}$$

$$Rh_{sll} = (p * D^2 / 4) / 2 / (p * D / 2) = D / 4 = \text{radio hidráulico para sección semillena}$$

Se concluye que la velocidad en la conducción será la misma cuando $H/D = 0,50$ o $H/D = 1$. (relación tirante líquido en la cañería / diámetro de la conducción).

Por lo tanto la pendiente mínima del tramo será:

$$S_{min} = (v_{min} * n / (D / 4))^{(2/3)} / 2$$

Para una velocidad de arrastre mínima de 0,60 m/s

$$S_{min} = (0,60 * n / (D / 4))^{(2/3)} / 2$$

Con el objeto de garantizar el flujo se utilizará una tubería PEAD con mínimo de 6" de diámetro.

$$S_{min} = (0,60 * n / (0,152 / 4)^{(2/3)})^2$$

$$S_{min} = 3,39 \text{ por mil} = 0,33 \%$$

Se trabajara con una pendiente mínima de 0,4 %

Q de evacuación= 4 L/s

Diámetro mínimo= 6"

Pendiente mínima = 0,4 %

Tubería= PEAD

El chequeo de la tubería lo realizaremos utilizando la Ecuación de Manning

$$Q = \frac{1.486}{n} A R_h^{2/3} S^{1/2} \text{ (Unidades inglesas)}$$

Para tubo lleno

$$R_h = 0.25 D$$

Reemplazando obtenemos la ecuación en unidades métricas

$$Q = \frac{0,312}{n} D^{8/3} S^{1/2}$$

Reemplazando valores

$$Q = 11,88 \text{ l/s} > 4 \text{ l/s}$$

Lo cual garantiza el efectivo drenaje del sistema.

Chequeo de la presión de tubería

Se utilizará tubería PEAD o equivalente, para garantizar la estabilidad del sistema

Carga Muerta

Para el cálculo de la carga muerta sobre la tubería utilizaremos la teoría del prisma de carga por lo tanto la carga la podemos calcular por la expresión siguiente:

$$P = \gamma H$$

$$\gamma \text{ desechos} = 800 \text{ Kg/m}^3$$

$$\gamma \text{ cobertura} = 1600 \text{ Kg/m}^3$$

$$\text{Numero niveles} = 11$$

$$\text{Altura niveles} = 3.00 \text{ m}$$

$$\text{Espesor cobertura} = 0.3 \text{ m}$$

$$P = 10.30 \text{ lb/pul}^2$$

Carga viva

Para este cálculo utilizaremos la ecuación de Moser la cual es una integración de la ecuación de Boussinesq.

$$W_{cl} = \frac{C_s PF}{L}$$

DONDE

$$C_s = \text{coeficiente de carga} = 0.355$$

$$P = \text{Carga Puntual} = 6118 \text{ lb}$$

NIT.900.016.707-3

F= factor de seguridad = 1.5

L = longitud efectiva = 3 pie

$W_{cl} = 35.63 \text{ lb/pie}$

Calculo de la capacidad portante del tubo

De acuerdo al procedimiento de ASTM D 2412, la capacidad portante del tubo se puede calcular por la siguiente expresión:

$$P_s = 0.559 E \left(\frac{t}{r} \right)^3$$

Con esta fórmula se calcula la carga para obtener una deflexión vertical igual al 5% del diámetro

Para una tubería PEAD 6"

$$E = 4 \times 10^5 \text{ lb/pul}^2$$

$$t = 0.316 \text{ pul}$$

$$r = 3.31 \text{ pul}$$

$$P_s = 194.55 \text{ lb/pul}^2$$

Lo cual garantiza que la tubería soportara las condiciones de carga a la cual será sometida

Se construirán drenes en forma de espina de pescado (Ver anexo – Plano de detalles Filtro de Lixiviados), conformando en el fondo de la celda una zanja de sección 0,5 x 0,5 m con pendiente transversal del 2% y longitudinal del 0,4% utilizando tubería PEAD de 6" con perforaciones de $\varnothing 1/2"$ cada 0,15 m de la mitad hacia abajo. Estos se rellenaran con piedra media songa con diámetros entre 6" y

8". Posteriormente se recubrirán con geotextil no tejido NT - 1600 para evitar el ingreso de partículas finas, que puedan colmatar el filtro.

Los lixiviados serán recogidos en cajas de 0,5 x 0,6 x 0,6 m, de las cuales saldrán hacia el pondaje mediante una tubería de PEAD con Ø 6" y una pendiente del 0,4%.

DIMENSIONES DE LOS FILTROS DE LIXIVIADOS

DESCRIPCIÓN	Diámetro (Ø) Tubería	Ancho Zanja (m)	Profundidad Zanja (m)	Longitud Zanja (m)	Tipo Tubería
Drenaje Principal	6"	0.5	0.5	variable	PEAD Perforada

Drenaje Secundario	6"	0.5	0.5	variable	PEAD Perforada
--------------------	----	-----	-----	----------	----------------

8.1 DISEÑO DE LAGUNA DE LIXIVIADOS

✘ **Parámetros para cálculos de diseño:**

Caudal: 3 L/s

Tiempo de retención: 7 días

Cálculos de Diseño:

Caudal y Volumen

$$Vol = Q * T$$

$$T = 7 * 86.400 = 604.800 \text{ seg.}$$

$$Vol = 0,003 * 604800 = 1814 \text{ m}^3$$

Dimensiones de la Laguna de Lixiviados:

Área:

$$a = VD/h$$

$$a = 1814/2,5 = 725,6 \text{ m}^2$$

Ancho medio:

Asumido = 25 m

Largo medio:

$$L_m = 725.6/25 = 29,02 \text{ m}$$

Ancho de fondo:

Para una inclinación de talud de 2:1

$$W_f = 25 - (2 * 2,5) = 20 \text{ m}$$

Largo de fondo:

$$L_f = 29 - (2 * 2,5) = 25 \text{ m}$$

Ancho de espejo de agua:

$$W_1 = 25 + (2 * 2,5) = 30 \text{ m}$$

Largo de espejo de agua:

$$L_1 = 29 + (2 * 2,5) = 34 \text{ m}$$

Ancho de la cresta:

Para un borde libre de 0,5

$$W_c = 30 + 2(1 * 0,5) = 31 \text{ m}$$

Largo de la cresta:

$$Lc = 34 + 2(1 * 0,5) = 35 \text{ m}$$

Tabla 4. Resumen de las dimensiones de la Laguna de Lixiviados

LONG MEDI A (m)	ANCH O MEDIO (m)	LONG SUPER F (m)	ANCHO SUPER F (m)	LONG FOND O (m)	ANCH O FOND O (m)	LONG ESPEJO DE AGUA (m)	ANCHO ESPEJO DE AGUA (m)
29	25	35	31	24	20	34	30

9.SISTEMA DE EVACUACIÓN DE GASES

9.1 MODELACION DE LA GENERACION DE GASES

La generación de gas del relleno sanitario se calculó por medio del modelo triangular de Chobanoglous, bajo la premisa de un período de generación de gases de 5 años para los residuos rápidamente biodegradable y 15 años para los lentamente biodegradables. Para lo cual se determinó la fórmula química de los desechos sólidos teniendo en cuenta su composición y se calcularon las tasas de generación de gases teniendo en cuenta una descomposición anaeróbica de los residuos.

RELLENO SANITARIO LOMA DE LOS COCOS			
CALCULO DEL PESO SECO DE LOS COMPONENTES DE LOS RESIDUOS SOLIDOS			
Componente	Peso Humedo	Humedad	Peso Seco
	Kg/100 Kg Bas (%)	% Peso	Kg/100 Kg Bas (%)
ELEMENTOS DE RAPIDA DESCOMPOSICION (RRD)			
Residuos de Alimentos	15,60	84,00	2,50
Papel	4,80	7,20	4,45
Cartón	8,90	6,00	8,37
Maleza (Residuos de Jardin) (60 %)	4,92	72,00	1,38
Suma	34,22	17,53	16,69
ELEMENTOS DE LENTA DESCOMPOSICION (RLD)			
Textiles(lana)	0,50	12,00	0,44
Caucho(pasta)	4,70	2,40	4,59
Maleza (40 %)	3,28	72,00	0,92
Madera	0,60	24,00	0,46
Suma	9,08	2,68	6,40
ELEMENTOS NO DEGRADABLES (RND)			
Plasticos(+ Icopor)	11,00	2,40	10,74
Vidrio	17,00	2,40	16,59
Metales(chatarra)	4,60	2,40	4,49
Otros	24,10		24,10
Suma	56,70	0,78	55,92
SUMA TOTAL	100,00	20,99	79,01

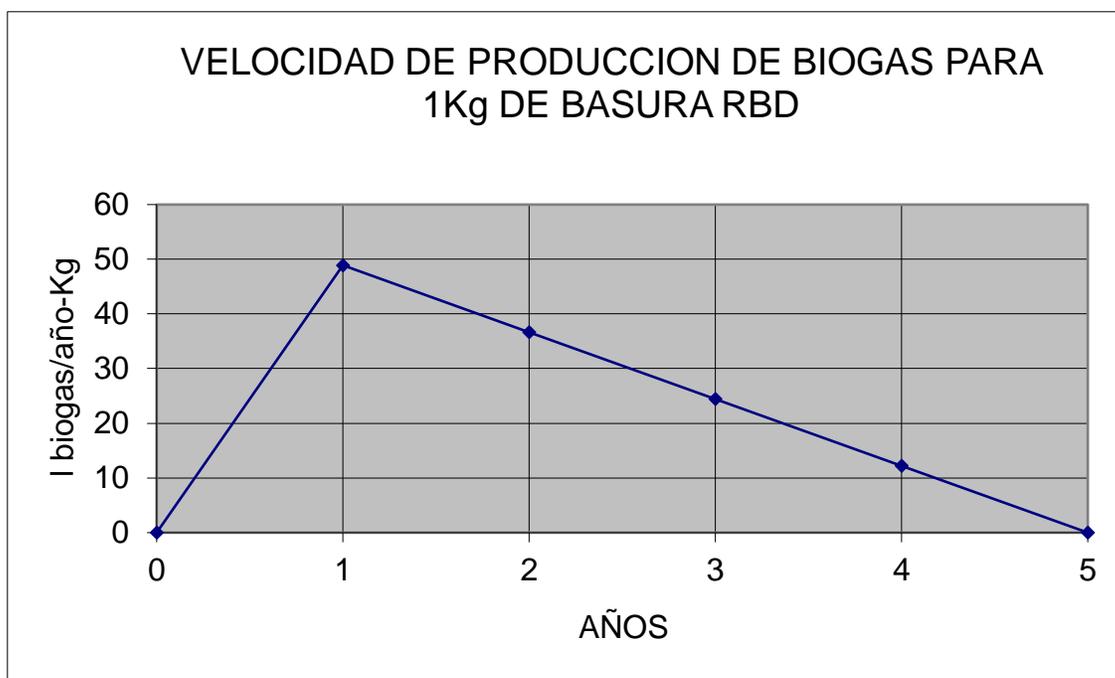
RELLENO SANITARIO LOMA DE LOS COCOS						
COMPOSICION QUIMICA TIPICA DE LOS COMPONENTES DE LOS RESIDUOS SOLIDOS						
COMPONENTE	C	H	O	N	S	Cenizas
	Kg C/100 Kg Comp	Kg C/100 Kg Comp	Kg O/100 Kg Comp	Kg N/100 Kg Comp	Kg S/100 Kg Comp	Kg Ceniza/100 Kg Comp
ELEMENTOS DE RAPIDA DESCOMPOSICION (RRD)						
Residuos de Alimentos	48,00	6,40	37,60	2,60	0,40	5,00
Papel	43,50	6,00	44,00	0,30	0,20	6,00
Cartón	44,00	5,90	44,60	0,30	0,20	5,00
Maleza (Residuos de Jardin) (60 %)	47,80	6,00	38,00	3,40	0,30	4,50
ELEMENTOS DE LENTA DESCOMPOSICION (RLD)						
Textiles(lana)	55,00	6,60	31,20	4,60	0,15	2,5
Caucho(pasta)	78,00	10,00	-	2,00	-	10
Cuero	60,00	8,00	11,60	10,00	0,4	10
Maleza (40 %)	47,80	6,00	38,00	3,40	0,3	4,5
Madera	49,50	6,00	42,70	0,20	0,1	1,5

RELLENO SANITARIO LOMA DE LOS COCOS				
COMPOSICION QUIMICA TIPICA DE LOS COMPONENTES DE LOS RESIDUOS SOLIDOS				
COMPONENTE	C	H	O	N
	Kg C/100 Kg Bas	Kg C/100 Kg	Kg O/100 Kg Bas	Kg N/100 Kg Bas
ELEMENTOS DE RAPIDA DESCOMPOSICION (RRD)				
Residuos de Alimentos	1,20	0,16	0,94	0,06
Papel	1,94	0,27	1,96	0,01
Cartón	3,68	0,49	3,73	0,03
Maleza (Residuos de Jardin) (60 %)	0,66	0,08	0,52	0,05
Suma	7,48	1,00	7,15	0,15
Peso Atómico(gr/mol)	12,01	1,01	16,00	14,01
Aporte(Moles/100 Kg Bas)	622,81	990,10	446,9	10,71
Aporte Moles/ Moles respecto al N	58,17	92,48	41,74	1,00
ELEMENTOS DE LENTA DESCOMPOSICION (RLD)				
Textiles(lana)	0,24	0,03	0,14	0,02
Caucho(pasta)	3,58	0,46	-	0,09
Cuero	-	-	-	-
Maleza (40 %)	0,44	0,06	0,35	0,03
Madera	0,23	0,03	0,19	0,00
Suma	4,48	0,57	0,68	0,14
Peso Atómico(gr/mol)	12,01	1,01	16,0	14,01
Aporte(Moles/100 Kg Bas)	373,02	564,36	42,50	9,99
Aporte Moles/ Moles respecto al N	34,84	52,71	3,97	0,93

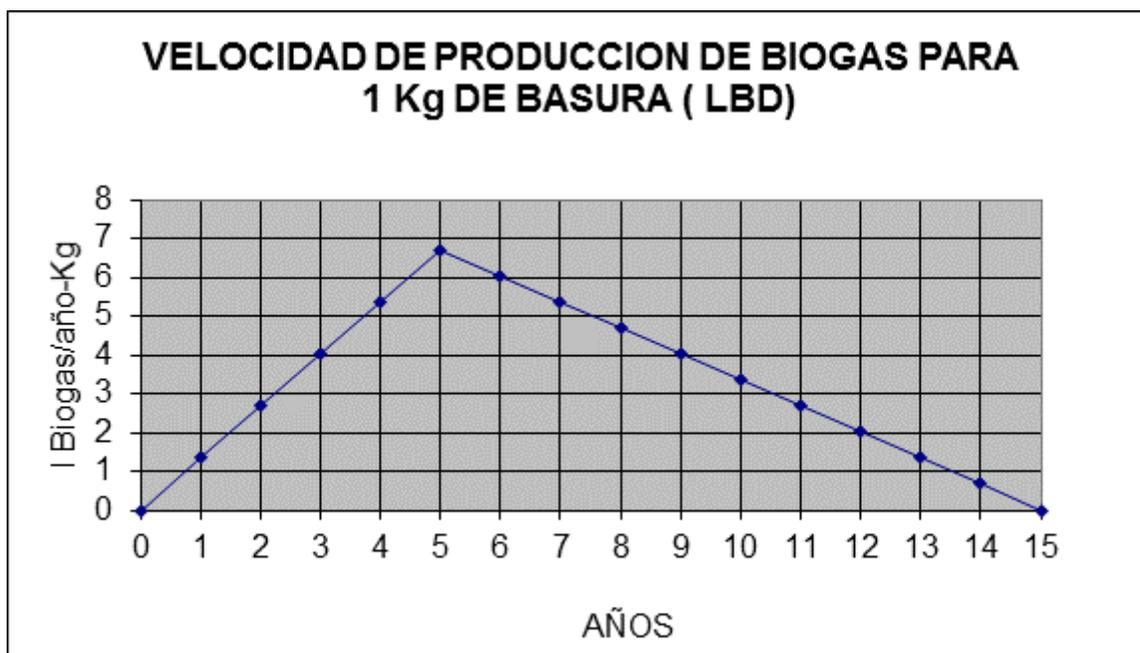
RELLENO SANITARIO LOMA DE LOS COCOS															
FORMULA QUIMICA DE LOS RESIDUOS SOLIDOS															
ECUACION BASICA															
Cx	Hy	Oz	N	+	A	H ₂ O	→	B	CH ₄	+	C	CO ₂	+	D	NH ₃
ELEMENTOS DE RAPIDA DESCOMPOSICION (RRD)															
C ₅₈	H ₉₃	O ₄₂	N	+	14,79	H ₂ O		29,81	CH ₄	+	28,25	CO ₂	+		NH ₃
					1472,11	266,58			478,46			1243,2			17,04
					Kg RRD	Kg Agua			Kg Metano			Kg Dióxido Carbono			Kg Amonio
ELEMENTOS DE LENTA DESCOMPOSICION (RLD)															
C ₃₆	H ₅₅	O ₄	N	+	21,26	H ₂ O		23,60	CH ₄	+	12,70	CO ₂	+		NH ₃
					571,6	383,11			378,79			558,9			17,04
					Kg RLD	Kg Agua			Kg Metano			Kg Dióxido Carbono			Kg Amonio

RELLENO SANITARIO LOMA DE LOS COCOS			
CALCULO DE BIOGAS PRODUCIDO POR 1 Kg DE RRD y RLD			
Temperatura	27,6	°C	300,6 °K
Altitud(H)	35	msnm	
Densidad de Metano	0,6478	gr/L ó Kg/m3	
Densidad de CO2	1,7771	gr/L ó Kg/m3	
Presión	0,996	Atm	
Peso Molecular CH4	16,0429	gr/Mol	
Peso Molecular CO2	44,0078	gr/Mol	
Constante universal de los Gases	0,082057	lt-atm/mol- °K	
Densidad promedio del Gas	1,212	Kg/m3	
Pv	0,0315	Atm	
PM AGUA	18	gr H ₂ O/Mol	
GAS	RAPIDA DE GRADACION	LENTA DEGRADACION	
METANO	0,325 Kg CH ₄ /Kg RRD	0,663 Kg CH ₄ /Kg RRD	
	0,502 M3 CH ₄ /Kg RRD	1,023 M3 CH ₄ /Kg RRD	
DIOXIDO DE CARBONO	0,844 Kg CH ₄ /Kg RRD	0,978 Kg CH ₄ /Kg RRD	
	0,475 M3 CH ₄ /Kg RRD	0,550 M3 CH ₄ /Kg RRD	
TOTAL BIOGAS	1,169 Kg CH ₄ /Kg RRD	1,641 Kg CH ₄ /Kg RRD	
	0,977 M3 CH ₄ /Kg RRD	1,574 M3 CH ₄ /Kg RRD	
TOTAL BIOGAS GENERADO POR DISPONIBILIDAD DE LOS RRD Y RLD	0,877 Kg CH ₄ /Kg RRD	0,821 Kg CH ₄ /Kg RRD	
	0,732 M3 CH ₄ /Kg RRD	0,787 M3 CH ₄ /Kg RRD	
GAS GENERADO POR 1 Kg DE RESIDUO	122,250 lt biogas/kg bas	50,36156311 lt biogas/kg bas	
AGUA CONSUMIDA EN LA FORMACION DE GAS	0,188 g Agua/lt gas ó Kg Agua/m3 gas	0,495 g Agua/lt gas ó Kg Agua/m3 gas	
AGUA PRESENTE EN EL GAS COMO VAPOR DE AGUA		0,023 g Agua/lt gas ó Kg Agua/m3 gas	
El valor promedio se calcula suponiendo una composición de 50% metano y 50% dióxido de carbono que son concentraciones muy cercanas a las encontradas en los procesos anaerobios.			

RELLENO SANITARIO LOMA DE LOS COCOS						
CALCULO DE LA CURVA DE DEGRADACION						
MODELO TRIANGULAR						
No AÑOS	RAPIDA DEGRADACION		LENTA DEGRADACION		TOTAL	
	VELOCIDAD DE PRODUCCION	Gas producido	VELOCIDAD DE PRODUCCION	Gas producido	VELOCIDAD DE PRODUCCION	Gas producido
	lt/año-KgBas	lt/KgBas	lt/año-KgBas	lt/KgBas	lt/año-KgBas	lt/KgBas
	Final del año		Final del año			
1	48,90	24,45	1,34	0,67	50,24	25,12
2	36,67	42,79	2,69	2,01	39,36	44,80
3	24,45	30,56	4,03	3,36	28,48	33,92
4	12,22	18,34	5,37	4,70	17,60	23,04
5		6,11	6,71	6,04	6,71	12,16
6			6,04	6,38	6,04	6,38
7			5,37	5,71	5,37	5,71
8			4,70	5,04	4,70	5,04
9			4,03	4,36	4,03	4,36
10			3,36	3,69	3,36	3,69
11			2,69	3,02	2,69	3,02
12			2,01	2,35	2,01	2,35
13			1,34	1,68	1,34	1,68
14			0,67	1,01	0,67	1,01
15			0,00	0,34	0,00	0,34
16				0,00		0,00
TOTAL Lt/kg Bas		122,25		50,36		172,61



Grafica No 3. Velocidad de producción de biogás RBD



Grafica No 4. Velocidad de producción de biogás LBD

RELLENO SANITARIO PARQUE AMBIENTAL LOMA DE LOS COCOS						
ESTIMACION DE LA PRODUCCION DE GASES						
AÑOS DE PRODUCCION	AÑOS DE OPERACION DEL PROYECTO				TOTAL GAS	TOTAL GAS ACUMULADO
	M3 AÑO 1	M3 AÑO 2	M3 AÑO 3	M3 AÑO 4		
1	13.000.010,30				13.000.010,30	13.000.010,30
2	23.184.376,06	13.792.847,35			36.977.223,41	49.977.233,71
3	17.553.086,96	24.598.331,27	14.634.037,49		56.785.455,71	106.762.689,42
4	11.921.797,86	18.623.604,39	26.098.519,95	15.526.529,63	72.170.451,83	178.933.141,25
5	6.290.508,75	12.648.877,51	19.759.409,92	27.690.201,27	66.388.997,46	245.322.138,70
6	3.301.120,99	6.674.150,64	13.420.299,88	20.964.485,29	44.360.056,80	289.682.195,50
7	2.953.634,57	3.502.447,84	7.081.189,84	14.238.769,30	27.776.041,56	317.458.237,06
8	2.606.148,15	3.133.769,12	3.716.053,08	7.513.053,32	16.969.023,68	334.427.260,74
9	2.258.661,73	2.765.090,40	3.324.889,60	3.942.685,56	12.291.327,29	346.718.588,03
10	1.911.175,31	2.396.411,68	2.933.726,12	3.527.666,03	10.768.979,14	357.487.567,17
11	1.563.688,89	2.027.732,96	2.542.562,64	3.112.646,50	9.246.630,98	366.734.198,15
12	1.216.202,47	1.659.054,24	2.151.399,15	2.697.626,96	7.724.282,83	374.458.480,98
13	868.716,05	1.290.375,52	1.760.235,67	2.282.607,43	6.201.934,67	380.660.415,65
14	521.229,63	921.696,80	1.369.072,19	1.867.587,90	4.679.586,52	385.340.002,17
15	173.743,21	553.018,08	977.908,71	1.452.568,37	3.157.238,36	388.497.240,53
16	-	184.339,36	586.745,22	1.037.548,83	1.808.633,42	390.305.873,95
17		-	195.581,74	622.529,30	818.111,04	391.123.984,99
18			-	207.509,77	207.509,77	391.331.494,75
19				-	-	391.331.494,75

RELLENO SANITARIO PARQUE AMBIENTAL LOMA DE LOS COCOS					
RESUMEN DE LA PRODUCCION DE GAS					
No	Año	Ton Bas/año	Velocidad Final del Año		Gas Acumulado
			m3/año	m3/s	
					m3
1	2018	517.487,54	13.000.010,30	0,42	13.000.010,30
2	2019	549.047,77	36.977.223,41	1,19	49.977.233,71
3	2020	582.532,78	56.785.455,71	1,83	106.762.689,42
4	2021	618.059,95	72.170.451,83	2,32	178.933.141,25
5	2022		66.388.997,46	2,13	245.322.138,70
6	2023		44.360.056,80	1,43	289.682.195,50
7	2024		27.776.041,56	0,89	317.458.237,06
8	2025		16.969.023,68	0,55	334.427.260,74
9	2026		12.291.327,29	0,40	346.718.588,03
10	2027		10.768.979,14	0,35	357.487.567,17
11	2028		9.246.630,98	0,30	366.734.198,15
12	2029		7.724.282,83	0,25	374.458.480,98
13	2030		6.201.934,67	0,20	380.660.415,65
14	2031		4.679.586,52	0,15	385.340.002,17
15	2032		3.157.238,36	0,10	388.497.240,53
16	2033		1.808.633,42	0,06	390.305.873,95
17	2034		818.111,04	0,03	391.123.984,99
18	2035		207.509,77	0,01	391.331.494,75
Caudal Máximo de Generación de Gas:			2,32 m3/s		
Generación maxima por año:			72.170.451,82 m3		
Generación maxima acumulada :			391.331.494,75 m3		

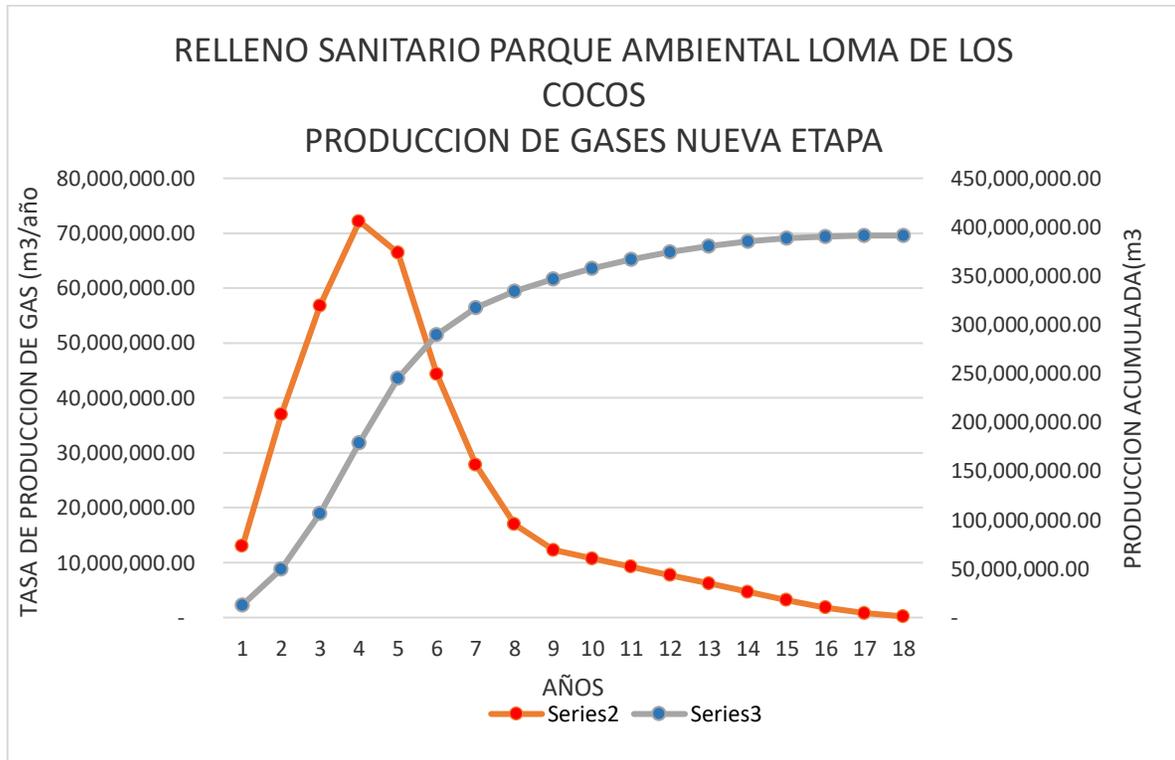


Grafico NO 5. Generación de gases anual y acumulada.

Teniendo en cuenta la generación de gases, el sistema de evacuación del biogás contará con chimeneas en un radio de acción de 35 m. Las chimeneas se construirán en sentido vertical desde el fondo hasta la superficie de la celda, se colocarán a una altura de un metro antes de colocar los residuos y se irán levantando a medida que avanza la construcción de la celda, procurando una buena compactación a su alrededor. La sección será cuadrada de 0,7m x 0,7m y se construirán con gaviones con malla de triple torsión y alambre galvanizado calibre 13, rellenas con piedra media songa con diámetros comprendidos entre 4 y 8". En el centro de la estructura y antes de su llenado se instalará una tubería

de PEAD con perforaciones de \varnothing 1/2" cada 0,10 m y (Ver plano No.3, detalle – Chimeneas para la evacuación de gases).

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La evaluación de la capacidad de disposición final del relleno sanitario Loma de los Cocos revela una situación dual que se traduce en una estrategia de gestión de residuos robusta y proyectada. **Hasta el año 2024, los módulos existentes aseguran la disposición adecuada de los residuos, lo que indica una planificación efectiva hasta ese punto.**

No obstante, la implementación del diseño propuesto, caracterizado por la integración de los módulos M16 y M17, introduce un cambio sustancial en la capacidad operativa. **Este diseño optimizado no solo extiende la disposición final de residuos hasta el 2024, sino que proyecta una capacidad adicional de 10 años, alcanzando hasta el año 2035, finalizando su vida útil en enero de 2036.**

Este horizonte temporal extendido, a partir del 2025, no solo garantiza una continuidad operativa, sino que también proporciona margen para adaptaciones estratégicas. Ofrece flexibilidad para ajustarse a posibles variaciones en la generación de residuos y la oportunidad de explorar soluciones más avanzadas a lo largo del tiempo. La implementación de este diseño no solo asegura la continuidad operativa, sino que también establece una base sólida para ajustes y mejoras continuas en la gestión del relleno sanitario, subrayando su importancia estratégica a largo plazo.

Recomendaciones Generales:

1. **Monitoreo Continuo:** Establecer un sistema de monitoreo continuo para evaluar la eficacia operativa y la capacidad de disposición final, asegurando la adaptabilidad ante posibles cambios en la generación de residuos.
2. **Investigación de Tecnologías Emergentes:** Explorar constantemente tecnologías emergentes en gestión de residuos para optimizar las operaciones y minimizar el impacto ambiental, manteniéndose al día con las mejores prácticas de la industria.
3. **Colaboración con Entidades Gubernamentales:** Mantener una estrecha colaboración con las entidades gubernamentales y locales para asegurar el cumplimiento normativo y facilitar el intercambio de información relevante sobre regulaciones y estándares actualizados.
4. **Desarrollo de Programas Educativos:** Implementar programas educativos a nivel comunitario para fomentar la conciencia sobre la gestión adecuada de residuos, promoviendo la reducción, reutilización y reciclaje como prácticas fundamentales.
5. **Planificación a Largo Plazo:** Considerar la planificación a largo plazo como un componente integral de la gestión del relleno sanitario, permitiendo

adaptaciones graduales y evitando expansiones urgentes que puedan generar impactos negativos.

6. **Desarrollo de Programas de Reciclaje:** Implementar programas específicos de reciclaje y separación de residuos en la fuente para reducir la cantidad de residuos destinados al relleno sanitario, promoviendo prácticas más sostenibles.
7. **Evaluación de Eficiencia Operativa:** Realizar evaluaciones periódicas de la eficiencia operativa, identificando áreas de mejora en la gestión de residuos, manejo de lixiviados y optimización de recursos.

ANEXOS PLANOS

**PLANO CURVAS DE NIVEL ÁREAS PROYECTADAS
PLANOS DE PERFILES DE CORTE Y LLENADO
PLANOS DE DRENAJE DE LIXIVIADOS**