



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

**“DISEÑO DE UNA CELDA DIARIA PARA LA DISPOSICIÓN
FINAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DEL CANTÓN GENERAL
ANTONIO ELIZALDE –BUCAY”**

Trabajo de titulación

Tipo: Proyecto Técnico

Presentada para optar el grado académico de:
INGENIERA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

AUTORA: LAURA PAMELA MAZA CHÁVEZ
DIRECTOR: ING. JUAN CARLOS GONZÁLEZ GARCÍA

Riobamba - Ecuador

2020

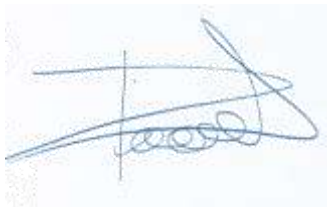
©2020, Laura Pamela Maza Chávez

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliografía del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho del Autor.

Yo, **Laura Pamela Maza Chávez**, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autora asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 24 de julio del 2020

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Laura Pamela Maza Chávez', is written over a light blue grid background.

Laura Pamela Maza Chávez

050396639-2

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS

CARRERA DE BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

El Tribunal del trabajo de titulación certifica que: El trabajo Técnico: **“DISEÑO DE UNA CELDA DIARIA PARA LA DISPOSICIÓN FINAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DEL CANTÓN GENERAL ANTONIO ELIZALDE - BUCAY”**, realizado por la señorita: Laura Pamela Maza Chávez, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de titulación, El mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Sofía Godoy Ponce PRESIDENTE DEL TRIBUNAL	 Firmado digitalmente por: SOFIA CAROLINA GODOY PONCE	2020-Julio-24
Ing. Juan Carlos González García DIRECTOR/A DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	 Firmado digitalmente por: JUAN CARLOS GONZALEZ GARCIA	2020-Julio-24
Dra. Janeth Lourdes Jara Samaniego MIEMBRO DE TRIBUNAL	 Firmado digitalmente por: LOURDES JANNETH JARA SAMANIEGO Fecha: 2020.07.30 17:40:04 -05'00'	2020-Julio-24

DEDICATORIA

Con amor, dedico el presente proyecto técnico realizado con esfuerzo y dedicación, a mis padres, Narcisa Chávez y Franklin Maza, por brindarme su apoyo a lo largo del camino, y a pesar de las dificultades presentadas, estuvieron a mi lado, e hicieron de mí una persona perseverante capaz de alcanzar sus metas ante las adversidades de la vida.

Laura

AGREDECIMIENTO

Mi agradecimiento infinito a Dios por bendecirme y guiarme por el camino de la vida a lo largo de todos estos años, él sabe lo difícil y sacrificado que ha sido terminar mis estudios.

Agradecer a mis padres, hermano y a mi familia en general, por sentar en mi la base de responsabilidad y deseos de superación. A mi compañero de vida por su paciencia y apoyo durante este recorrido, y en especial a mi hijo por ser mi motivación y mi todo para salir adelante.

Es grato expresar un sincero agradecimiento al Ing. Juan Carlos González, tutor de mi trabajo de integración curricular, ya que desde el inicio de su tutoría estuvo dispuesto a ayudarme con orientación científica y motivación. A la Ing. Sofía Godoy por ser una gran docente y amiga, siempre atenta ayudar cuando la necesitan. A la Dra. Janneth Jara, por su asesoría en la redacción del presente trabajo técnico.

Un agradecimiento especial a la Ing. Raquel Coba, gran profesional y amiga, que, aunque tuve la dicha de conocer hace poco tiempo, se ganó mi respeto y admiración. Gracias a sus consejos y apoyo en tiempos difíciles, y sobre todo por la confianza prestada en mi persona. También a su esposo el Ing. Darwin Segura, por su asesoría y debates. Gracias a ambos por permitirme compartir con su hermosa familia.

Al Ing. Carlos Pérez, quien me ayudó desinteresadamente con asesoría en el diseño de mi trabajo de integración curricular, por ser el amigo quien un día me dijo “la humanidad debe recuperar lo humano y en este mundo no todo es dinero, es un placer ver que cumplas con tus objetivos”.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, por brindarme la oportunidad de formarme profesionalmente, y permitirme conocer a personas valiosas con las que tuve la dicha de compartir experiencias de vida a lo largo de mi carrera universitaria.

A mis amigos Marjorie Mazo, Santiago Rodríguez, Alex Fernández, Kevin Murillo, gracias por todos los momentos compartidos y por su apoyo en tiempos difíciles, siempre los llevaré en mi corazón y espero tener la dicha de siempre contar con su amistad.

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xv
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xvii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xviii
RESUMEN.....	xix
SUMMARY.....	xx
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPITULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA	4
1.1. Antecedentes	4
1.2. Identificación del problema	6
2. MARCO TEÓRICO	11
2.1. Residuos sólidos	11
2.2. Clasificación de los residuos sólidos	11
2.2.1. De acuerdo a su biodegradabilidad	12
2.2.1.1. <i>Residuos orgánicos</i>	12
2.2.1.2. <i>Residuos inorgánicos</i>	12
2.2.2. Según su procedencia	12
2.2.2.1. <i>Residuos domésticos</i>	12
2.2.2.2. <i>Residuos urbanos</i>	12
2.2.2.3. <i>Residuos rurales</i>	12
2.2.2.4. <i>Residuos industriales</i>	13
2.2.2.5. <i>Residuos hospitalarios</i>	13
2.2.3. Según su reincorporación al ciclo productivo	13
2.2.3.1. <i>Aprovechables o Reciclables</i>	13
2.2.3.2. <i>No Aprovechables o No reciclables</i>	13
2.3. Caracterización de los residuos sólidos	14
2.3.1. <i>Papel y cartón</i>	14
2.3.2. <i>Plástico</i>	14
2.3.3. <i>Residuos orgánicos</i>	14

2.3.4.	<i>Vidrio</i>	14
2.3.5.	<i>Metales y latas</i>	15
2.3.6.	<i>Textil</i>	15
2.4.	Producción Per Cápita (PPC)	15
2.5.	Plan de manejo Integral de Residuos Sólidos	15
2.5.1.	<i>Minimización</i>	15
2.5.2.	<i>Generación</i>	16
2.5.3.	<i>Separación en la fuente</i>	16
2.5.4.	<i>Recolección y Transporte</i>	16
2.5.5.	<i>Transferencia y Tratamiento</i>	17
2.5.6.	<i>Disposición final</i>	17
2.6.	Relleno Sanitario	17
2.6.1.	Tipos de Rellenos Sanitarios	18
2.6.1.1.	<i>Relleno sanitario manual</i>	18
2.6.1.2.	<i>Relleno Sanitario Semi-mecanizado</i>	18
2.6.1.3.	<i>Relleno Sanitario Mecanizado</i>	19
2.6.2.	Métodos de construcción de un Relleno Sanitario	19
2.6.2.1.	<i>Método de trinchera o Zanja</i>	19
2.6.2.2.	<i>Método de área</i>	20
2.6.2.3.	<i>Método combinado</i>	20
2.6.3.	Componentes en un relleno sanitario	21
2.7.	Celda Diaria	21
2.7.1.	Estructura de una celda diaria	21
2.7.1.1.	<i>Preparación de la Capa Base o Sistema de Impermeabilización</i>	22
2.7.1.2.	<i>Canales de drenaje pluvial</i>	23
2.7.1.3.	<i>Sistema de drenaje de Lixiviados</i>	24
2.7.1.4.	<i>Sistema de manejo de Gases</i>	26
2.7.2.	Parámetros a considerar en la operación de la celda diaria	27
2.7.2.1.	<i>Movimiento de Tierras</i>	27
2.7.2.2.	<i>Excavación y nivelación</i>	27
2.7.2.3.	<i>Áreas de préstamo</i>	27
2.7.2.4.	<i>Taludes</i>	28
2.7.2.5.	<i>Limpieza, desbroce y desencapado</i>	28
3.	MARCO METODOLÓGICO	30
3.1.	Diagnóstico del área de estudio	30
3.1.1.	Localización del proyecto	30
3.1.2.	Geomorfología	31

3.1.2.1.	<i>Geología</i>	31
3.1.2.2.	<i>Pendientes del suelo</i>	31
3.1.2.3.	<i>Taxonomía y Textura del suelo</i>	32
3.1.2.4.	<i>Cobertura Vegetal y Uso de Suelo</i>	33
3.1.3.	<i>Hidrografía</i>	34
3.1.4.	<i>Climatología</i>	34
3.1.4.1.	<i>Precipitación</i>	35
3.1.4.2.	<i>Temperatura</i>	36
3.1.5.	<i>Demografía</i>	37
3.1.6.	<i>Amenazas naturales</i>	38
3.1.6.1.	<i>Inundaciones</i>	38
3.1.6.2.	<i>Movimiento de masas</i>	38
3.1.6.3.	<i>Potencial Sísmico</i>	39
3.2.	<i>Levantamiento de información</i>	39
3.2.1.	<i>Proyección demográfica</i>	40
3.2.2.3.	<i>Densidad de los residuos sólidos</i>	42
3.2.2.4.	<i>Composición física de residuos sólidos</i>	43
3.3.	<i>Diseño de la celda emergente</i>	44
3.3.1.	<i>Generación total de Residuos Sólidos</i>	44
3.3.1.1.	<i>Producción per cápita (PPC)</i>	44
3.3.1.2.	<i>Producción diaria de residuos sólidos</i>	45
3.3.1.3.	<i>Producción anual de residuos sólidos</i>	45
3.3.1.4.	<i>Generación total de residuos sólidos</i>	46
3.3.2.	<i>Volumen Total de Residuos Sólidos</i>	46
3.3.2.1.	<i>Volumen diario compactado de residuos sólidos</i>	46
3.3.2.3.	<i>Volumen diario de material de cobertura</i>	47
3.3.2.4.	<i>Volumen anual de material de cobertura</i>	47
3.3.2.5.	<i>Volumen anual estabilizado de residuos sólidos</i>	48
3.3.2.6.	<i>Volumen del relleno sanitario</i>	48
3.3.2.7.	<i>Volumen relleno sanitario acumulado</i>	48
3.3.3.	<i>Cálculo del área requerida</i>	49
3.3.3.1.	<i>Área por rellenar sucesivamente</i>	49
3.3.3.2.	<i>Área total requerida</i>	49
3.3.3.3.	<i>Área total durante la vida útil del relleno sanitario</i>	50
3.4.	<i>Diseño de la celda diaria</i>	50
3.4.1.	<i>Cálculos para el diseño</i>	50
3.4.1.1.	<i>Cantidad de Residuos sólidos a disponer</i>	51

3.4.1.2.	<i>Volumen de la celda diaria</i>	51
3.4.2.	<i>Dimensionamiento de la celda</i>	51
3.4.2.1.	<i>Área de la celda diaria</i>	52
3.4.2.2.	<i>Largo o avance de la celda diaria</i>	52
3.4.2.3.	<i>Ancho de la Celda diaria</i>	52
3.5.	<i>Diseño Manejo de Aguas Lluvia</i>	53
3.5.1.	<i>Cálculo para el manejo y control de precipitaciones</i>	53
3.5.1.1.	<i>Cálculo del caudal de escorrentía</i>	53
3.5.2.	<i>Cálculo del canal para disposición de precipitaciones</i>	56
3.5.2.1.	<i>Superficie de la sección transversal (Área)</i>	56
3.5.2.2.	<i>Cálculo del Tirante (y_1)</i>	56
3.5.2.5.	<i>Cálculo de la pendiente (S)</i>	57
3.5.2.7.	<i>Velocidad del Agua Real</i>	58
3.6.	<i>Sistema de Drenaje de Lixiviados</i>	59
3.6.1.	<i>Cálculo del Caudal</i>	59
3.6.2.	<i>Producción de lixiviado</i>	59
3.6.2.1.	<i>Cálculo de la Evapotranspiración</i>	60
3.6.3.	<i>Velocidad del frente de humedad</i>	61
3.6.4.	<i>Tiempo para que los lixiviados lleguen al fondo</i>	61
3.6.5.	<i>Volumen del lixiviado</i>	61
3.6.6.	<i>Área del pozo del lixiviado</i>	62
3.6.7.	<i>Sistema de Drenaje de Lixiviado</i>	62
3.6.7.1.	<i>Velocidad media de percolación</i>	62
3.6.7.2.	<i>Radio hidráulico granular</i>	63
3.7.	<i>Cálculo de generación de Biogás</i>	63
3.8.	<i>Elaboración de Planos</i>	64
3.8.1.	<i>Selección del método</i>	64
3.8.2.	<i>Especificaciones técnicas</i>	64
4.	<i>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</i>	66
4.1.	<i>Zona de estudio</i>	66
4.2.	<i>Cálculos para la obtención de la PPC</i>	67
4.2.1.	<i>Tamaño de la muestra</i>	67
4.2.2.	<i>Selección de viviendas a muestrear</i>	68
4.2.3.	<i>Análisis de encuestas</i>	69
4.2.4.	<i>Proyección de la población de estudio</i>	75
4.2.5.	<i>Cálculo de la producción per cápita (PPC)</i>	76
4.2.6.	<i>Densidad de los residuos sólidos</i>	78

4.2.7.	<i>Composición física de los residuos sólidos</i>	81
4.3.	Diseño de la celda emergente	82
4.3.1.	<i>Generación total de residuos sólidos</i>	82
4.3.1.2.	<i>Producción per cápita (PPC)</i>	82
4.3.1.3.	<i>Producción diaria de residuos sólidos (DSd)</i>	83
4.3.1.4.	<i>Producción anual de residuos sólidos</i>	83
4.3.1.5.	<i>Producción total de residuos sólidos</i>	83
4.3.2.	<i>Volumen total de los residuos sólidos</i>	85
4.3.2.1.	<i>Volumen diario compactado de residuos sólidos</i>	85
4.3.2.2.	<i>Volumen anual compactado de residuos sólidos</i>	85
4.3.2.3.	<i>Volumen diario de material de cobertura</i>	85
4.3.2.4.	<i>Volumen anual de material de cobertura</i>	86
4.3.2.5.	<i>Volumen anual estabilizado de residuos sólidos</i>	86
4.3.2.6.	<i>Volumen del relleno sanitario</i>	86
4.3.2.7.	<i>Volumen del relleno sanitario acumulado</i>	86
4.3.3.	<i>Área total de los residuos sólidos</i>	88
4.3.3.1.	<i>Área por rellenar sucesivamente</i>	88
4.3.3.2.	<i>Área total requerida</i>	88
4.3.3.3.	<i>Área total durante la vida útil del relleno sanitario</i>	88
4.3.3.4.	<i>Proyección del área total</i>	88
4.3.4.	<i>Diseño de la celda diaria</i>	90
4.3.4.1.	<i>Cantidad de Residuos sólidos a disponer a diario</i>	90
4.3.4.2.	<i>Volumen de la celda diaria</i>	90
4.3.5.	<i>Dimensionamiento de la celda diaria</i>	90
4.3.5.1.	<i>Área de la celda diaria</i>	90
4.3.5.2.	<i>Largo o avance de la celda diaria</i>	91
4.3.5.3.	<i>Ancho de la celda diaria</i>	91
4.3.5.4.	<i>Proyección de la celda diaria</i>	91
4.3.5.5.	<i>Parámetros a considerar en la celda diaria</i>	92
4.3.6.	<i>Diseño del canal trapezoidal - Manejo de Aguas Lluvia</i>	94
4.3.6.1.	<i>Caudal de escurrimiento superficial</i>	94
4.3.6.2.	<i>Superficie de la sección transversal</i>	94
4.3.6.3.	<i>Cálculo del tirante</i>	95
4.3.6.4.	<i>Perímetro mojado</i>	95
4.3.6.5.	<i>Radio Hidráulico</i>	95
4.3.6.6.	<i>Pendiente</i>	89
4.3.6.7.	<i>Espejo de agua</i>	96

4.3.6.8. Velocidad del agua real.....	96
4.3.6.9. Diseño del canal trapezoidal (H-canales).....	96
4.3.6.10. Programa comparativo mediante la ecuación de Chezy-Manning.....	97
4.3.7. Sistema de Drenaje de Lixiviados.....	97
4.3.7.1. Duración del día en horas.....	97
4.3.7.2. Función complejo de I.....	98
4.3.7.3. Evapotranspiración.....	98
4.3.7.4. Percolación de lixiviados.....	98
4.3.7.5. Velocidad frente de la humedad.....	99
4.3.7.6. Tiempo para que los lixiviados lleguen al fondo.....	99
4.3.7.7. Volumen del lixiviado.....	99
4.3.7.8. Área del pozo de lixiviado.....	100
4.3.7.9. Velocidad media de percolación.....	100
4.3.7.10. Radio hidráulico granular.....	100
4.3.7.11. Sección del dren.....	100
4.3.7.12. Caudal de lixiviado.....	101
4.3.7.13. Producción futura de lixiviados.....	101
4.3.8. Generación de Biogás.....	102
4.3.8.1. Proyección futura de la generación de biogás.....	102
4.3.9. Memoria de cálculo final.....	103
4.4. Elaboración de los planos.....	106
4.4.1. Selección del método de trabajo.....	106
4.4.2. Especificaciones técnicas.....	106
4.4.2.1. Arreglo general de la celda.....	106
4.4.2.2. Sistema de subdrenaje.....	107
4.4.2.3. Detalle de tuberías de subdrenaje.....	108
4.4.2.4. Volumen de almacenamiento y sistema de impermeabilización.....	108
CONCLUSIONES.....	109
RECOMENDACIONES.....	110
BIBLIOGRAFÍA	
ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2: Requerimientos para la construcción de chimeneas.	26
Tabla 1-3: Precipitaciones anuales en mm del Cantón Bucay.	36
Tabla 2-3: Temperatura media en °C del Cantón Bucay.	36
Tabla 3-3: Población del Cantón Bucay.	37
Tabla 4-3: Estación Meteorológica ubicada en el Cantón Bucay.	54
Tabla 5-3: Intensidad de Lluvia Máxima ITR (mm/h). Estación Bucay 0039.	54
Tabla 6-3: Intensidad de lluvia diaria IdTR (mm/h) de la Estación Bucay 0039.	54
Tabla 7-3: Coeficientes de escorrentía según el tipo de superficie.	55
Tabla 8-3: Selección del método de trabajo.	64
Tabla 1-4: Planimetría, coordenadas de construcción ubicación San Pedro.	66
Tabla 2-4: Datos tamaño de muestra-encuestas.	67
Tabla 3-4: Distribución de encuestas y viviendas a muestrear.	68
Tabla 4-4: Datos proyección demográfica.	76
Tabla 5-4: Proyección de la población Cantón Bucay.	76
Tabla 6-4: Datos: Pesos total de residuos sólidos promediados.	76
Tabla 7-4: Datos producción per capital (muestreo).	77
Tabla 8-4: Proyección anual de producción per capital (PPC).	77
Tabla 9-4: Datos para el cálculo del volumen.	78
Tabla 10-4: Cálculo de la Densidad sin compactar.	79
Tabla 11-4: Cálculo de la Densidad Compactada.	80
Tabla 12-4: Cálculo de la Densidad Estabilizada.	80
Tabla 13-4: Caracterización de residuos sólidos.	81
Tabla 14-4: Datos para el cálculo de la producción per cápita (PPC).	82
Tabla 15-4: Proyección de la generación total de residuos sólidos.	83
Tabla 16-4: Datos cálculo del volumen total de residuos sólidos.	85
Tabla 17-4: Proyección del volumen total de residuos sólidos.	86
Tabla 18-4: Datos cálculo del área total de residuos sólidos.	88
Tabla 19-4: Proyección del área total requerida de los residuos sólidos.	88

Tabla 20-4: Datos cálculo de la celda diaria.....	90
Tabla 21-4: Proyección de la celda diaria.	91
Tabla 22-4: Componentes de la celda diaria.....	92
Tabla 23-4: Datos cálculo de escurrimiento superficial.....	94
Tabla 24-4: Cálculo del caudal según período de años.....	94
Tabla 25-4: Datos sistema de drenaje de lixiviados.	97
Tabla 26-4: Cálculo del caudal según período de años.....	101
Tabla 27-4: Cálculo del caudal según período de años.....	102
Tabla 28-4. Memoria de cálculo generación de residuos sólidos.....	104
Tabla 29-4: Datos Geología del terreno.	106
Tabla 30-4: Especificaciones Técnicas Plano 1: Arreglo General.	107
Tabla 31-4: Especificaciones del Plano 2, Anexo D.	107

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1. Residuos sólidos generados por la población.....	7
Figura 2-1. Canal de drenaje.	7
Figura 3-1. Pozo séptico de lixiviados colapsado.....	8
Figura 4-1. Acumulación de aguas lluvia.....	8
Figura 5-1. Desfogue de lixiviados al estero Buenos Aires.	9
Figura 6-1. Inadecuada distribución de chimeneas.....	9
Figura 7-1. Presencia de vectores por malos olores (gallinazos).	10
Figura 1-2. Relleno sanitario Manual.....	18
Figura 2-2. Relleno Sanitario Mecanizado o Semi-Mecanizado.....	19
Figura 3-2. Combinación del método trinchera y método área.....	20
Figura 4-2. Drenaje interno de lixiviados.....	25
Figura 1-3. Mapa Ubicación Geográfica del Cantón Bucay.....	30
Figura 2-3. Mapa de Geología del Cantón Bucay.	31
Figura 3-3: Mapa de Pendientes del Suelo del Cantón Bucay.....	32
Figura 4-3. Taxonomía del Suelo del Cantón Bucay.....	32
Figura 5-3. Cobertura vegetal del Cantón Bucay.	33
Figura 6-3. Uso de Suelo del Cantón Bucay.....	33
Figura 7-3. Cuencas y Subcuencas del Cantón Bucay.....	34
Figura 8-3. Microcuencas del Cantón Bucay.	34
Figura 9-3. Climatología del Cantón Bucay.....	35
Figura 10-3. Precipitación del Cantón Bucay.....	35
Figura 11-3. Temperaturas promedio anuales del Cantón Bucay.	36
Figura 12-3. Densidad poblacional del Cantón Bucay.	37
Figura 13-3. Zonas propensas a inundaciones en el Cantón Bucay.....	38
Figura 14-3. Zonas propensas a sismos en el cantón Bucay.....	39
Figura 15-3. Método de cuarteo de residuos sólidos.	44
Figura 1-4. Zona de construcción en el Cantón General Antonio Elizalde Bucay.....	66
Figura 2-4. Limitación del área de construcción del relleno sanitario.	67

Figura 3-4. Distribución de las encuestas y viviendas a muestrear.....69

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-4: Porcentaje de respuesta pregunta 1.	70
Gráfico 2-4: Porcentaje de respuesta pregunta 2.	70
Gráfico 3-4: Porcentaje de respuesta pregunta 3.	71
Gráfico 4-4: Porcentaje de respuesta pregunta 4.	71
Gráfico 5-4: Porcentaje de respuesta pregunta 5.	72
Gráfico 6-4: Porcentaje de respuesta pregunta 6.	72
Gráfico 7-4: Porcentaje de respuesta pregunta 7.	73
Gráfico 8-4: Porcentaje de respuesta pregunta 8.	73
Gráfico 9-4: Porcentaje de respuesta pregunta 9.	73
Gráfico 10-4: Porcentaje de respuesta pregunta 10.	74
Gráfico 11-4: Porcentaje de respuesta pregunta 11.	74
Gráfico 12-4: Porcentaje de respuesta pregunta 12.	75
Gráfico 13-4: Porcentaje de respuesta pregunta 12.	75
Gráfico 15-4: Diseño de canal trapezoidal en H-Canales.	96
Gráfico 16-4: Diseño de canal trapezoidal en H-Canales.	97
Gráfico 17-4: Análisis de producción futura de Biogás.....	102
Gráfico 18-4: Análisis de producción futura de Biogás.....	103

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: MUESTREO GENERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS CANTÓN BUCAY

ANEXO B: DATOS MUESTREO PARA CÁLCULO DE DENSIDADES

ANEXO C: PLANO 1-ARREGLO GENERAL

ANEXO D: PLANO 2-SISTEMA DE SUBDRENAJE

ANEXO E: PLANO 3-DETALLE DE TUBERÍA DE SUB DRENAJE

ANEXO F: PLANO 4-VOLUMEN DE ALMACENAMIENTO

ANEXO G: PLANO 5-SISTEMA DE IMPERMEABILIZACIÓN

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue diseñar una celda diaria para la disposición final de los residuos sólidos del Cantón Bucay, mediante la aplicación de memorias de cálculo, plasmada en los planos que se ejecutó en AutoCAD. Se realizó el levantamiento de información mediante entrevistas, y encuestas a la población, con el fin de conocer la situación actual de la gestión integral de los residuos sólidos, desde la fuente hasta la disposición final en el actual relleno sanitario del cantón. Se realizó un muestreo consecutivo de 7 días, para conocer la caracterización y densidades de los residuos sólidos a disponer en la celda. Se formularon ecuaciones automatizadas para la obtención rápida de resultados de proyección sobre la generación de residuos sólidos, lixiviados, y gases de chimenea, los cuales serán controlados durante 25 años de vida útil de la celda. Se obtuvo que la producción per cápita de la población es de 0,46 kg/hab/día de los cuales el 64,45% son residuos orgánicos, y el 34,55% de origen inorgánico. La producción de lixiviados se estima que se obtendrá un caudal de 6487,771 m³/año y una generación de gases de chimeneas de 30,4084 ft³/año en el primer año de ejecución del proyecto. La celda diaria tendrá un área total de 5,76 hectáreas, con una generación de residuos sólidos futura de 1778,35 Tn/año, para lo cual serán necesarias una total de 12,25 m³/día como cobertura diaria. Se concluye que en base a la información obtenida se logró el diseño de 5 planos que en conjunto garantizan el buen funcionamiento de la celda diaria para la disposición final de los residuos sólidos. Se recomienda realizar el cierre técnico del actual relleno sanitario en base a la normativa ambiental vigente.

PALABRAS CLAVE: <BIOTECNOLOGÍA>, <RESIDUOS SÓLIDOS>, <LIXIVIADOS>, <BIOGÁS>, <BUCA Y (CANTÓN)>, <GUAYAS (PROVINCIA)>

0217-DBRAI-UPT-2020



SUMMARY

The objective of this work was to design a daily cell for the final disposal of solid waste in Canton Bucay, through the application of calculation memories, reflected in the plans that were executed in AutoCAD. Information was collected through interviews and surveys of the population, to find out the current situation of the integral management of solid waste, from the source to the final disposal in the current sanitary landfill of the canton. A consecutive sampling of seven days was carried out, to know the characterization and densities of the solid waste to be disposed of in the cell. Automated equations were formulated to quickly obtain projection results on the generation of solid waste, leachate, and stack gases, which will be controlled during the 25-year useful life of the cell. It was obtained that the per capita production of the population is 0.46 kg / inhab / day of which 64.45% is organic waste, and 34.55% of inorganic origin. The production of leachate is estimated to have a flow of 6487.771 m³/year and a generation of chimney gases of 30, 4084 ft³ / year in the first year of project execution. The daily cell will have a total area of 5.76 hectares, with a future solid waste generation of 1778.35 Tn / year, for which a total of 12.25 m³ / day will be necessary as daily coverage. It is concluded that based on the information obtained, the design of five plans was achieved that together guarantee the proper functioning of the daily cell for the final disposal of solid waste. It is recommended to carry out the technical closure of the current sanitary landfill based on current environmental regulations.

KEY WORDS: <BIOTECHNOLOGY>, <SOLID WASTE>, <LEACHED>, <BIOGAS>, <BUCA Y (CANTON)>, <GUAYAS (PROVINCE)>

INTRODUCCIÓN

Antaño, los residuos generados por la humanidad eran degradados por procesos naturales y así se mantenía el equilibrio, pero con el avance de la tecnología y civilización, las actividades antropológicas han producido una gran cantidad de residuos sólidos afectando la capacidad de auto depuración, lo cual con el pasar de los años ha provocado un cambio en el ambiente, es decir, en los componentes bióticos y abióticos deteriorando la calidad de vida debido a la contaminación producida.

En la actualidad, la gestión integral de residuos sólidos se considera una problemática mundial, ya que los desechos son acondicionados en forma inapropiada y poco técnica. Ecuador no es la excepción, puesto que en la etapa de disposición final el 43% de sus municipios dispone sus residuos sólidos en rellenos sanitarios, un 36% en botaderos y el 21% en celdas emergentes, según el último informe de estadística de información ambiental presentado por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC, 2017).

El relleno sanitario se considera un procedimiento de disposición final para la eliminación de residuos sólidos, los cuales, son emplazados, compactados y cubiertos diariamente en el suelo en una área lo más pequeña posible para disminuir su volumen; Estos se construyen bajo criterios de ingeniería, que disminuyen los impactos ambientales producidos por líquidos y gases generados por su descomposición.

El cantón General Antonio Elizalde más conocido como Bucay, se encuentra ubicado en la provincia del Guayas, el cual, cuenta con un relleno sanitario en mancomunidad con el cantón Cumandá y Pallatanga desde el año 2010 a cargo de la Empresa Pública Municipal EMMAI-BCP-EP; el cual carece de criterios técnicos, operativos y de gestión, además de la falta de recursos económicos para equipos, infraestructura y mantenimiento. La celda emergente donde se disponen los residuos sólidos está a punto de colapsar ocasionando contaminación y malestar en la población, por lo cual, a raíz de un llamado de atención por parte del MAE “Ministerio del Ambiente del Ecuador”, se definió la construcción de un nuevo relleno sanitario que cumpla con la normativa ambiental vigente.

El presente trabajo tuvo por objetivo diseñar una celda para la disposición final de los residuos sólidos, para lo cual, es importante un levantamiento de información y diagnóstico del problema actual, razón por lo que se propone establecer memorias de cálculo, parámetros de diseño, dimensionamiento, y elaboración de planos que abalicen técnicamente la construcción de un relleno sanitario en el lugar propuesto por la municipalidad del cantón.

JUSTIFICACIÓN

Ante la generación intensiva de residuos sólidos y su contraindicada disposición final, se contempla la necesidad de diseñar un nuevo relleno sanitario que logre satisfacer las necesidades de la población, al momento manejados por la empresa pública MMAI-BCPEP, ubicado en el cantón Cumandá, que presta servicio de recolección, transporte y disposición final. Actualmente la celda diaria donde se compactan los residuos sólidos está al 90% de su capacidad, afectando los recursos naturales circundantes sobrepasando niveles tolerables de contaminación.

Diversos elementos contribuyen al colapso prematuro de una celda diaria rebasando su capacidad máxima, uno de ellos es el hecho de disponer los residuos sólidos en mancomunidad, albergando adicionalmente residuos producidos por los cantones Pallatanga y Cumandá. Por lo que se pretende diseñar un nuevo relleno para el cantón Bucay exclusivamente.

Con el nuevo diseño elaborado técnicamente se aspira asegurar una vida útil de al menos 25 años, creando un nuevo espacio donde se dispondrán los residuos sólidos generados, cumplir con la normativa ambiental vigente, y manejarlo con personal calificado.

Según el último informe presentado por el cantón ante la Asociación de Municipalidades del Ecuador (AME), la producción de residuos sólidos per cápita diario es de 0,59 kg/hab, es decir, que genera 5,4 toneladas por día, mismos que pueden variar de acuerdo a diversas circunstancias, razón para la verificación de la información propuesta por el cantón Bucay.

Existe un convenio entre la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo y el Gobierno Autónomo descentralizado del Cantón Bucay, en el cual solicita mediante carta compromiso el apoyo técnico para el diseño y construcción de un relleno sanitario para la disposición adecuada de sus residuos sólidos, para mejorar la calidad de vida de la población del cantón, principales beneficiarios.

OBJETIVOS

Objetivo general

- Diseñar una celda diaria para la disposición final de los residuos sólidos del Cantón General Antonio Elizalde – Bucay.

Objetivos específicos

- Efectuar el levantamiento de información de la situación del manejo de residuos sólidos del cantón General Antonio Elizalde-Bucay.
- Realizar las memorias de cálculos para el dimensionamiento de la celda diaria para la disposición final de los residuos sólidos.
- Elaborar los planos de la celda diaria mediante el uso de Civil 3D con los datos obtenidos.

CAPTÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

1.1. Antecedentes

En el año 2002 con el apoyo de la OPS/OMS “Organización Panamericana de la Salud/Organización Mundial de la Salud”, se desarrolló un análisis sectorial de residuos sólidos en el Ecuador, con un encausamiento multidisciplinario e intersectorial, sin embargo, en ese año no se logró establecer estrategias por parte del Gobierno Nacional. El COOTAD “Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización” dio a conocer en su artículo 55 que las Municipalidades de los diversos cantones son los únicos responsables del manejo integral de los residuos sólidos, no obstante desde el año 2002 a 2010 no se logró un cambio significativo, ya que de 221 municipios, 160 desechan sus residuos en botaderos localizados a cielo abierto, y los 61 faltantes en lugares parcialmente controlados, logrando perjudicar el ambiente, sobre todo el recurso hídrico al igual que el suelo y el aire, producto de la descomposición de los residuos generados; En el año 2009 se dieron los comienzos de procesos administrativos y con ello los controles, por consiguiente en el 2010 se creó el PNGIDS “Programa Nacional para la Gestión Integral de Desechos Sólidos” con el objetivo de que en el año 2014, el 70% de la población dispongan sus residuos sólidos en rellenos sanitarios técnicamente manejados, y para el año 2017 el cierre técnico de todos los botaderos a cielo abierto, según el Ministerio del Ambiente (MAE, 2017).

El cantón Bucay fue creado el 9 de noviembre de 1995, siendo hasta el 2006 mediante el proyecto FORMIA “Fortalecimiento de Municipios Indígenas Alternativos”, con el asesoramiento de expertos Españoles del FELCODE “Fondo Extremeño Local de Cooperación al Desarrollo” y de la fundación IPADE “Instituto de Promoción y Apoyo al Desarrollo”, que se resolvió en cooperación afrontar el manejo de la gestión integral de residuos sólidos en mancomunidad, garantizando ser una medida viable desde el punto de vista financiero y ambiental; En el año 2008, presentaron un nuevo plan ante la citación propuesta por la AECID “Agencia Española para la Cooperación y Desarrollo” denominado “Mejora del Saneamiento ambiental de los Municipios de Pallatanga, Cumandá, y Bucay mediante una mancomunidad para la gestión de residuos”, el que fue aprobado según resolución con registro 08-PR1-434, en la que se constituye la creación de la EMMAI-BCP-EP “Empresa Pública Municipal Mancomunada de Aseo Integral de Pallatanga, Cumandá y Bucay” encargada de la recolección diferenciada (orgánico e inorgánico),

en horarios establecidos, barrido, transporte y disposición final en el centro de gestión, ubicado en el cantón Cumandá con una superficie de 24447 m². Esta empresa asumió esta responsabilidad desde el 1 de enero del 2010, y con el pasar de los años ha perdido su efectividad debido a la mala gestión de sus administrativos, razón por la cual, está a punto de colapsar ocasionando molestias debido a la contaminación producida (Barriga, 2015, pp. 21-22).

Los arquitectos (González & Pérez, 2010, pp. 42-90), realizaron el Estudio de Impacto Ambiental y Plan de Manejo Ambiental del Proyecto Construcción y Operación del "Sistema de Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos de los cantones Pallatanga, Cumandá y Bucay de las Provincias de Chimborazo y Guayas", con el que se obtuvo un levantamiento de información de la situación actual, como rutas de recolección, horarios, frecuencias, producción per cápita, caracterización, diagnóstico ambiental e impacto ambiental producido, etc., información que fue útil para implementar un nuevo relleno sanitario, el que contó con una celda diaria compuesta por el sistema para el drenaje de los lixiviados, así como un pozo para su tratamiento, chimeneas para la salida de gases, geo membrana para impermeabilizar, cobertura diaria, canal de aguas lluvia, para lo cual adicional se analizó criterios de diseño y dimensionamiento, con lo que se logró el diseño en un área dispuesta de 2 hectáreas proyectado a 10 años y alcanzo su vida útil en el año 2020, por lo que se relaciona con el trabajo técnico a realizarse, ya que sirve como guía para el diseño de la nueva celda donde se dispondrán los residuos generados por la actual población del cantón Bucay.

Según (Barriga, 2015, pp. 19-23), en su investigación sobre la "Optimización en el tratamiento integral de los derivados sólidos y líquidos (compost - biol) de la materia orgánica y de impropios (lixiviados) en la gestión integral de residuos sólidos de la EMMAI-BCP-EP", planteó la problemática existente en el relleno sanitario en mancomunidad ubicado en el cantón Cumandá que alberga los residuos de los tres cantones incluido Bucay, el cual, se enfocó especialmente en los residuos de origen orgánico, ya que existe un centro de acopio para la obtención de compost dispuesto en cuatro pilas las cuales generan líquidos como son los lixiviados que no son tratados adecuadamente, razón por la cual se considera su tratamiento para la elaboración de Biol, una vez que se analizó sus condiciones y realizó los laboratorios correspondientes para su análisis, con la que se obtuvo resultados favorables como lo es pH, relación carbono/nitrógeno y el tiempo que lleva realizarlo, se concluye que se obtiene las condiciones adecuadas en 1 mes; Es comparable con el trabajo técnico porque se obtuvo datos sobre el origen de la mancomunidad, y se conoció la problemática existente en el año 2015, por lo que se refuerza la propuesta del diseño de un celda diaria al obtener datos de producción de lixiviado, el cual es un contaminante, teniendo en cuenta que en la actualidad ya no se aplica el método de tratamiento establecido por Barriga.

1.2. Identificación del problema

La generación de residuos sólidos por parte de la humanidad, se reflexiona una problemática mundial, ya que según él (Banco Mundial, 2018), en su informe “What a Waste 2.0: Un panorama mundial de la gestión de residuos sólidos hasta el 2050”, manifiesto que en el planeta se generan hoy en día 2010 millones de toneladas de residuos sólidos municipales, y si no se realiza un adecuado manejo de los mismos, con el crecimiento de la población y urbanización, se provee que crecerán en un 70% para el 2050, es decir, que la generación incrementará a 3400 millones, por lo que, aumentaría la contaminación de los recursos hídricos y ecosistemas, el cambio climático, y por consiguiente afectando la salud humana. Se indica de igual manera que en los países de bajos ingresos, la gestión de residuos sólidos necesita un 20% del presupuesto municipal.

En Ecuador, según el Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC, 2018), en su última estadística de Información Ambiental Económica en Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales, informo que los desechos producto de la actividad humana, se recolectan con un radio de cobertura del 88,7% de barrido, en promedio 14.344 toneladas diarias de residuos sólidos, con lo que se estimó una producción per cápita de 0,58 kg/hab/día en el área urbana; solo un 37,1% de los municipios, poseen la etapa de separación de la fuente, es decir, recolección diferenciada (materiales orgánicos e inorgánicos), el 43% disponen sus residuos sólidos en rellenos sanitarios, 21% en celdas emergentes, y el 36% en botaderos. El Ministerio del Ambiente (MAE, 2017), en su PNGIDS consideró una problemática la producción excesiva de los residuos sólidos, ya que, se registró que un 23% de las familias ecuatorianas eliminan sus residuos de diferentes formas, así por medio de quemas, depósito en quebradas o ríos, terrenos baldíos, canales, etc., y el 77% en carros recolectores, generando contaminación en las diferentes regiones del territorio nacional sobre todo en la zona rural.

La Municipalidad del cantón Bucay, cuenta con una población actual de 10642 habitantes, por lo que se constató que son generadores de residuos sólidos. En la actualidad su relleno sanitario en mancomunidad está a punto de colapsar y según el Acta N°19-2018, de la sesión ordinaria que se realizó en el consejo Municipal del GAD Cumandá (Maquisaca, 2019, pp. 3-4), se dio un análisis y resolución sobre el proceso administrativo que persiguió la Dirección Provincial del Ambiente de Chimborazo en contra de la Empresa Pública Mancomunada de Aseo Integral de Pallatanga, Cumandá y Bucay EMMAI-BCP-EP, debido a un llamado de atención por el parte del Ministerio del Ambiente, en una visita al centro de gestión integral ubicado en el cantón Cumandá, donde se encontró anomalías en las fases de manejo integral de residuos sólidos, las que tienen que tienen

que ser presentadas mediante un oficio correctivo ante el MAE. Irregularidades que han sido comprobadas en este trabajo técnico mediante las visitas al lugar, las que se redactan a continuación:

En la etapa de separación en la fuente, se observó que no existe la ubicación de tachos recolectores de basura, por lo que, los desechos son depositados en las calles para su recolección, dando una mala imagen al cantón. Del mismo modo, no hay compromiso por parte de la población para lograr una recolección diferenciada de residuos orgánicos e inorgánicos, esto se evidenció, ya que las fundas plásticas que se recolectó mediante muestreos, contenían una mezcla total de residuos de diferente origen.



Figura 1-1. Residuos sólidos generados por la población.

Realizado por: MAZA, L. 2019.

En el centro de gestión ubicado en el cantón Cumandá, en la etapa de transferencia y tratamiento, se observó que, en la planta de compostaje, las pilas realizadas tenían mezcla de residuos orgánicos con inorgánicos, debido a que no hay control por parte del personal al momento de separar los residuos orgánicos, tampoco se observó un control de humedad-temperatura y además, no vigilan el adecuado drenaje de los líquidos producto de la descomposición, por lo que hubo presencia de lodo e incidencia de malos olores con presencia de vectores, con lo que se analizó que es imposible su comercialización en las condiciones.



Figura 2-1. Canal de drenaje.

Realizado por: MAZA, L. 2019.

De igual forma, el pozo séptico destinado para el drenaje de los lixiviados productos de la descomposición de las naves de compostaje se encuentra que está colapsado y se evidenció que existen residuos alrededor de la planta.



Figura 3-1. Pozo séptico de lixiviados colapsado.

Realizado por: MAZA, L. 2019.

En la celda de disposición final de los residuos sólidos, no hubo un técnico ambiental que dirija las operaciones a realizarse diariamente, por lo que la compactación y cobertura diaria de los residuos no es la adecuada, ya que en la inspección que se realizó existe movimiento en el suelo de la celda con el ingreso de los vehículos y se evidenció acumulación de las aguas lluvia debido al mal diseño del drenaje. Hubo basura botada en los alrededores transformándose el relleno sanitario en un botadero a cielo abierto.



Figura 4-1. Acumulación de aguas lluvia.

Realizado por: MAZA, L. 2019.

El sistema de drenaje de lixiviados es uno de los mayores problemas, se observó que presentan un desbordamiento de los líquidos producto de la descomposición de los residuos sólidos en cada plataforma que conforma la celda, y que hay un taponamiento en las tuberías de drenaje implementadas en el diseño. No se da un aprovechamiento a los lixiviados los cuales son depositados sin previo tratamiento en un estero que cruza a un lado de la celda, debido al colapso de la cámara de filtración.



Figura 5-1. Desfogue de lixiviados al estero Buenos Aires.

Realizado por: MAZA, L. 2019.

El sistema de captación de los gases, debido a la mala compactación de los residuos no funciona, por lo que se concluyó que existe una inadecuada distribución de las chimeneas, lo que produce una acumulación de gas debido a la descomposición de los residuos. Un empleado del lugar comentó que desde que comenzó el funcionamiento del relleno sanitario no se han encendido las chimeneas y se evidencia descuido de estas, el personal que labora advierte que es producto del desconocimiento del proceso, ya que no existen capacitaciones por parte de la empresa que maneja el centro de gestión, convirtiéndose en un peligro para la salud y gran problema de contaminación ambiental.



Figura 6-1. Inadecuada distribución de chimeneas.

Realizado por: MAZA, L. 2019.

Se observó que hay presencia de vectores a causa de mal olor casi insoportable generado por la descomposición de los residuos sólidos (lixiviados), mismo que se genera tanto en la celda de disposición final como en la planta de compostaje, lo que provoca molestias en trabajadores y las poblaciones aledañas al lugar. Se constata a simple vista la excesiva concentración sobre todo de gallinazos, moscas, sapos, y animales existentes en este tipo de ambientes. Además, el personal que labora en el lugar no cuenta con equipo de protección personal y carece de conocimientos sobre el manejo adecuado para la gestión integral de residuos sólidos.



Figura 7-1. Presencia de vectores por malos olores (gallinazos).

Realizado por: MAZA, L. 2019.

Existe incumplimiento de las normas técnicas, sanitarias, ambientales e industriales, las cuales tiene conocimiento el MAE, por lo que se debe realizar un cierre técnico del actual relleno sanitario en mancomunidad. Por estas razones la Municipalidad del cantón Bucay, decidió salirse de la mancomunidad y solicitó ayuda a la ESPOCH “Escuela Superior Politécnica de Chimborazo” para el diseño de un nuevo relleno sanitario para gestionar de manera adecuada e individual sus residuos sólidos que cumplan con toda la normativa.

CAPTÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Residuos sólidos

Según el MAE, el Código Orgánico Ambiental define residuo como “Sustancias sólidas, semisólidas, líquidas o gaseosas, o materiales compuestos resultantes de un proceso, cuya eliminación o disposición final se procede conforme a lo dispuesto en la legislación ambiental nacional o internacional aplicable y es susceptible de aprovechamiento o valorización” (COA, 2017, pp. 91-92).

Pueden definirse también a los residuos sólidos como desechos sólidos o restos, los cuales son producto de las actividades humanas ya sea industrial, comercial, o doméstica a nivel rural o urbano, que al cumplir su vida útil son considerados sin valor económico para quien los genera o desecha, que al ser expelidos al ambiente producen contaminación y pérdida de recursos naturales al descomponerse y revolverse entre sí (Brion 2007, pp. 234-235).

Según la EPA (Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos), los desechos o residuos sólidos son “Materiales no deseados, sobras de un proceso de manufacturación o basura de lugares en donde habitan humanos o animales, basura común generada por industrias, negocios, instituciones y hogares” (EPA, 2018, pp. 3-4).

Los residuos se refieren inmutablemente a la falta de uso o valor, o restos inútiles que está conectado con la composición mixta o desconocida de los mismos, que físicamente, contiene lo mismo que se encuentra en productos útiles, solo difiere de la producción útil por valor, y esta relación inversa entre el grado de mezcla y el valor es una propiedad importante de los residuos (McDougall et al. 2008, pp. 2-4).

2.2. Clasificación de los residuos sólidos

Los residuos sólidos se clasifican de acuerdo con diferentes aspectos los cuales son:

2.2.1. De acuerdo con su biodegradabilidad

2.2.1.1. Residuos orgánicos

Los residuos orgánicos provienen de la descomposición de la materia viva como son restos de alimentos, animales, estiércol, etc. Se descomponen rápidamente y se considera la porción mayoritaria en la composición de los residuos sólidos urbanos (Mora et al. 2017, pp. 3-4).

2.2.1.2. Residuos inorgánicos

Este tipo de residuos está compuesto generalmente por desechos que no se descomponen fácilmente sino en un tiempo considerable lo que causa un impacto considerable en el ambiente, en su mayoría compuestos por residuos como son el papel, cartón, botellas de plástico, vidrio, envases tetrapack, etc. (Silverio & Sánchez 2008, pp. 1-2).

2.2.2. Según su procedencia

2.2.2.1. Residuos domésticos

Los residuos de origen doméstico son productos de la actividad humana en sus viviendas, los cuales pueden ser de origen orgánico e inorgánico según el uso y utilidad que se les haya dado, estos pueden ser desperdiciados directamente o reciclados o sugerir un tratamiento en el hogar como el compostaje (Amarilis et al. 2016, pp. 4-5).

2.2.2.2. Residuos urbanos

Son los residuos que son generados en la zona urbana que compone zonas comerciales, instituciones y residenciales, los cuales luego de ser arrojados a zonas públicas son almacenados, recogidos, y son transferidos mediante transporte, para su procesamiento y evacuación de una forma que armoniza a la población ya que obtiene los mejores principios de la salud pública, estética y de otras consideraciones ambientales (Jiménez, 2015, pp. 30-32).

2.2.2.3. Residuos rurales

Se consideran a los residuos que son producidos fuera de la zona distrital o urbana, específicamente en el campo donde se compone por comunidades que se encuentran dispersas,

en la cual se presentan algunos problemas al no contar con el servicio de recolección de los residuos como en la zona urbana, al no contar con el mismo se da la acumulación de los residuos sobre todo inorgánicos que con el tiempo y desarrollo del lugar se convierten en un problema con consecuencias ambientales (Herrera et al. 2017, pp. 3-4).

2.2.2.4. Residuos industriales

Se consideran a estos residuos los generados por actividades industriales, los cuales van desde la generación, almacenaje, y transporte a empresas para el tratamiento y disposición final a vertederos. Teniendo en cuenta condicionamientos como un buen manejo técnico, legal y administrativo que aseguran el buen manejo de los residuos industriales considerados peligrosos y tóxicos (Lobo, 2017, pp. 5-6).

2.2.2.5. Residuos hospitalarios

Este tipo de residuos es generado por centros médicos componentes del sistema público y privado de salud, los cuales significan un riesgo para la salud humana y su gestión y manejo ha sido cuestionado en el mundo y por la organización mundial de la salud los cuales han difundido recomendaciones para su tratamiento. En su mayoría los residuos hospitalarios son enviados a los vertederos considerados como peligrosos obteniendo un tratamiento especial (Carril & Vásquez, 2015, pp. 68-69).

2.2.3. Según su reincorporación al ciclo productivo

2.2.3.1. Aprovechables o Reciclables

Son los residuos que una vez cumplida su vida útil pueden adquirir otro valor, ya que conserva aún propiedades que pueden generar beneficios. Para aprovechar los residuos se debe realizar una cuantificación y caracterización de los mismos, así los residuos orgánicos pueden ser reutilizados como compostaje o abono, y los residuos inorgánicos separados y clasificados para ser llevados a centros de reciclaje para que puedan ser reusados en sus procesos productivos (Ruiz, 2017, pp. 339-343).

2.2.3.2. No Aprovechables o No reciclables

Estos residuos luego de ser usados cumplen con su vida útil y no pueden ser reincorporados a su ciclo productivo, por lo que se convierten en un gran problema a nivel mundial ya que con el

desarrollo económico y la calidad de vida de la actividad humana se producen una gran cantidad de residuos por lo que aumenta la producción per capital y los rellenos sanitarios donde son dispuestos los residuos tienen problemas por la falta de infraestructura suficiente para su tratamiento adecuado (Hernández et al. 2017, pp. 12-14).

2.3. Caracterización de los residuos sólidos

Los residuos sólidos deben ser cuantificados y caracterizados para lograr la identificación en base al uso que genera una población entre los más comunes están:

2.3.1. *Papel y cartón*

Incluye periódicos, revistas, hojas de cuadernos usados, envases de papel, facturas, formularios, guías telefónicas, cajas de cartón, empaques, etc. A nivel nacional la materia prima en papel y cartón corresponden al segundo material más reciclado con un 9,4 % del total de los residuos generados (Días, 2017, pp. 153-154).

2.3.2. *Plástico*

Son considerados los residuos con mayor crecimiento y por sus polímeros con elevado peso molecular y composición en sí, se consideran uno los más abundantes por sus diferentes aplicaciones en la calidad de vida de la población (bolsas plásticas, envases, botellas de agua, etc.). En la actualidad su acopio es difícil por lo que se dan alternativas de reciclaje para disminuir su impacto en el ambiente (Morillas et al. 2017, pp. 64-65).

2.3.3. *Residuos orgánicos*

Estos residuos están constituidos por materia orgánica, es decir que se descomponen fácilmente como, restos de alimentos, restos de jardinería, restos generados por agricultura, etc. Una de las maneras de aprovechar los restos orgánicos son por medio de procesos de compostaje y vermicompostaje que ayuda a reincorporarlos y así ayudar como abono en cultivos futuros (Roca et al. 2017, pp. 85-90).

2.3.4. *Vidrio*

Este tipo de residuos puede ser reciclado eternamente debido a su composición, pero es poco conocido su valor en la cadena de reciclaje ya que una parte de los mismos son depositados en

los rellenos sanitarios sin darles un valor útil, entre estos están, envases y botellas de vidrio, vidrios de ventanas, etc., (González & Meza, 2017, pp. 216-217).

2.3.5. Metales y latas

Por lo general se encuentran en los utensilios, tuberías, aluminio, latas de conserva, acero, etc., El desarrollo en la calidad de vida y económico en torno a la producción de productos con elementos metálicos en la industria trae problemas de contaminación al ambiente por la descomposición de los mismos por lo que se consideran peligrosos (Gómez et al. 2018, pp. 135-136).

2.3.6. Textil

Se consideran residuos de origen textil a productos como telas, ropas, vestidos, etc., para su elaboración en la industria textil se usan químicos que al descomponerse en el ambiente causa contaminación y por consecuente cambio en el cambio climático como o menciona un estudio realizado por la Universidad de Cambridge que por cada kilogramo de prenda o ropa se emiten 3,6 kg de CO₂ equivalente (Carrera, 2017, pp. 25-26). Los textiles que no llegan a ser reusados pueden ser reincorporados para realizar nuevas prendas o simplemente darles otro valor como manteles o franelas para uso industrial (García, 2019, pp. 31-32).

2.4. Producción Per Cápita (PPC)

Es un indicador afín con los esquemas de proceso de producción, consumo y población del país, lo fórmula de cálculo relaciona directamente la generación de residuos sólidos en kilogramos y la cantidad de habitantes seleccionados en un determinado tiempo (Kg/hab/día), se obtiene para determinar el proceder que muestran las personas como unidad social y la producción a presente y a futuro de una población, relacionado con la evolución del balance de residuos y proyección demográfica de todo el territorio nacional (DANE, 2012, pp. 1-2).

2.5. Plan de manejo Integral de Residuos Sólidos

El ciclo de vida de los residuos sólidos consta de las siguientes fases las cuales son:

2.5.1. Minimización

Según (Castells, 2012, pp. 23-24), es la permuta de materias primas a procesos, en sí, se realizan modificaciones y optimizaciones a todos los procedimientos que originan menos residuos y

efectúen menos energía. El objetivo de la incorporación del término minimización es incorporar tecnologías limpias, que consta en reutilizar residuos que puedan incorporarse en el ciclo de vida mediante sistemáticas de regeneración y reciclaje, para el aprovechamiento de los mismos (Sánchez & Castro 2007, pp. 17-18).

2.5.2. *Generación*

Corresponde a la primera etapa del ciclo de vida de los residuos sólidos, la generación de los mismos tiene una relación directa con el incremento en el desarrollo económico y expansión poblacional, con la cual se produce una pérdida de materia prima y energía, que aumenta con la actividad humana ya que los residuos se producen diariamente por lo que se convierten en un problema para cada gobierno debido a que los costos de la gestión de los residuos aumentan y con ello el impacto visual, ambiental y conservación de recursos (Ghinea et al. 2016, pp. 80-81). Se considera residuos según su origen los siguientes: doméstica, comercial y de servicios, institucional, servicios municipales (parques, mercados, etc.), construcción y demolición de edificaciones, industrias, y agropecuarios., son distribuidos en generadores de residuos sólidos urbanos, manejo especial, residuos peligrosos, los cuales deben presentar informes al organismo de control según se considere como micro generador, pequeño generador, gran generador (Galván y Bautista 2010, p. 26-27).

2.5.3. *Separación en la fuente*

Es considerado como un proceso efectivo para mejorar la gestión integral de residuos sólidos ya que es clave para mejorar la reducción, y el reciclaje de los mismos. El proceso comienza con la ayuda de la población, ya que desde la generación de residuos se debe realizar una clasificación diferenciada para lograr contribuir al reciclaje y desviar los residuos no reciclables a un vertedero lo que ayuda a ahorrar gastos en su gestión (Zeng et al. 2016, pp. 166-167). Se debe tomar en cuenta las diferentes maneras de separación las cuales son: en origen única o múltiple, en acera, mezclado, o selectiva (Sbarato, 2006, pp. 51-55).

2.5.4. *Recolección y Transporte*

Para que el proceso de recolección y transporte de residuos sólidos sea eficaz es primordial que exista concientización en la población sobre el manejo de los residuos sólidos, ya que este mecanismo es un escaparate para evaluar el éxito del sistema y sus costos. Es considerado el proceso más costoso ya que absorbe la mayor parte del presupuesto asignado por municipios, ya

que contempla el almacenaje adecuado, servicio de barrido y recolección en espacios públicos, tachos selectivos, maquinaria, manipulación, etc., (Kallel et al. 2016, pp. 1-2).

2.5.5. *Transferencia y Tratamiento*

El mecanismo de transferencia de los residuos sólidos comienza al recoger los residuos sólidos una vez se da el proceso de separación en la fuente a través de maquinarias a centros de acopio, para lograr su tratamiento se recomienda que la recolección de residuos orgánicos e inorgánicos sea por separado. Para garantizar el sistema de tratamiento antes de su disposición final se debe tener en claro ejes como son buenas prácticas ambientales, como es el principio de producción más limpia, con el tratamiento de residuos orgánicos como el compostaje, vermicompostaje, biodigestador anaerobio, y reutilización de residuos reciclables y reincorporación a su cadena productiva (Mezúa & Domínguez, 2017, pp. 52-53).

2.5.6. *Disposición final*

Es la última etapa de la gestión integral de residuos sólidos, posterior a la recolección y transferencia, los residuos que no son reciclables son dispuestos en rellenos sanitarios o vertederos o sometidos a procesos para la reducción del volumen de los mismos, como es la incineración, o dispuestos en celdas de bioseguridad en caso de residuos peligrosos, pero en la mayoría debido a los costos de mantenimiento disponen los residuos en vertederos de cielo abierto o en celdas emergentes donde se aplican tratamientos para reducir la contaminación ambiental (Erses, 2015, pp. 284-285).

2.6. Relleno Sanitario

Es un proceso de eliminación final de residuos sólidos, que no causa molestias ni peligro para la salud y seguridad pública, no perjudica el ambiente debido a que la basura se confina en un terreno delimitado y cercado, donde no se incinera ni se producen malos olores debido a que está totalmente cubierta, y también previene los efectos que causan líquidos o lixiviados y emisiones de gases por su descomposición y existen canales para la recolección de aguas superficiales y control sanitario (Rondón et al. 2016, pp. 73-74).

El Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS), define relleno sanitario, como una técnica de ingeniería para el adecuado confinamiento de los residuos sólidos, comprende el esparcimiento, compactación, cobertura diaria, y el control de emisiones de gases,

lixiviados y la proliferación de vectores, con el propósito de evitar la contaminación del ambiente y proteger la salud de la población (CEPIS/OPS, 2000).

El Instituto de Estadística y Censo en su boletín de información ambiental sobre la gestión integral de residuos sólidos de GAD Municipales, define un relleno sanitario como “Técnica para la disposición de los desechos sólidos en el suelo sin causar perjuicio al medio ambiente y sin causar molestia o peligro para la salud y seguridad pública” (INEC, 2017).

2.6.1. Tipos de Rellenos Sanitarios

Para la disposición final de los residuos sólidos existen tres tipos diferentes de rellenos sanitarios los cuales son:

2.6.1.1. Relleno sanitario manual

Es una técnica de disposición final que se proyecta debido a que es económicamente factible, ya que se usa herramientas simples para la remoción, cobertura diaria y mantenimiento, se usa maquinaria para la construcción de vías de acceso, base de soporte, excavación de zanjas, y extracción de material de cobertura, para la manipulación y trabajo se realiza con la mano de obra de personas, siempre y cuando la generación y disposición de residuos no sobrepasen las 15 toneladas diarias, lo cual atribuye a una cantidad máxima de población de 30000 habitantes entre zonas urbanas y rurales (Coronado, 2017, pp. 2-3).

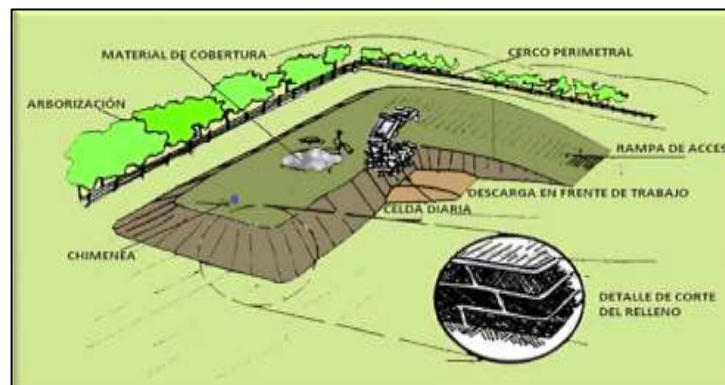


Figura 1-2. Relleno sanitario Manual.

Fuente: (ANESAPA, 2014).

2.6.1.2. Relleno Sanitario Semi-mecanizado

Es un método combinado entre un relleno sanitario manual y relleno sanitario mecanizado, es aplicado para una población mayor a 40000 habitantes que produce una cantidad de 15 a 40

toneladas diarias de residuos sólidos, los cuales llegan a su disposición final y necesita para su gestión maquinarias así como personal o mano de obra; la maquinaria usada en su mayoría son tractores agrícolas, tipo oruga y excavadoras, para la compactación de los residuos con diferentes cuchillas para ahorrar en presupuesto (Rondón et al. 2016, pp. 74-75).

2.6.1.3. Relleno Sanitario Mecanizado

La disposición final de los residuos sólidos en un relleno mecanizado, se refiere al uso de maquinaria especializada para la remoción de tierra, excavación, creación de canales o conductos de agua superficiales o aguas lluvia, disposición de sistemas de tuberías para lixiviados, sistemas de impermeabilización, conductos de chimeneas para la salida de gases producto de la descomposición, compactación de residuos sólidos diarios, cobertura diaria, etc., es decir que los municipios invierten un gran presupuesto debido a que su población supera los 50000 habitantes por lo que generan más de 40 toneladas diarias, es el método más usado (Ramos, 2016, pp. 12-13).

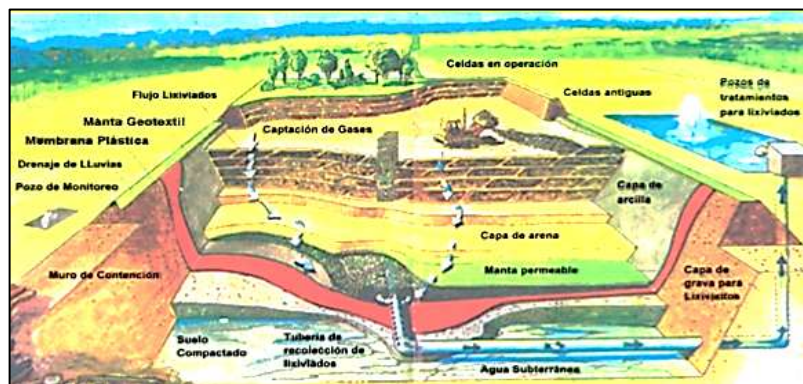


Figura 2-2. Relleno Sanitario Mecanizado o Semi-Mecanizado
Fuente:(MMAyA/VAPSB/DGGIRS, 2012).

2.6.2. Métodos de construcción de un Relleno Sanitario

Según (Rondón et al. 2016, pp. 80-90) existen diferentes métodos para la construcción de rellenos sanitarios entre los mas conocidos y usados para la disposición final en la gestión integral de residuos sólidos tomando en cuenta la topografía del terreno, tipo de suelo y nivel freático estan:

2.6.2.1. Método de trinchera o Zanja

Es una solución tecnológicamente sostenible a una adecuada escala y sobre todo a recursos, este método se beneficia de la versatilidad y eficiencia de excavadoras ya que con éstas se excavan las zanjas de unos 3 a 5 m de profundidad con gran facilidad en un tiempo menor a un mes en el relleno, una de las ventajas que tiene es que el confinamiento de los residuos a lo largo y ancho,

permiten un mayor control al momento de operar la celda diaria y el material de cobertura se coloca si es necesario, este procedimiento es menor si es comparado con el método de área, este tiene limitaciones al no poder ser aplicado para todo tipo de topografías o terrenos, ya que depende de las propiedades del suelo, hidrogeología, nivel freático, etc. Sin embargo sirve como una posibilidad para pequeñas ciudades que no tienen aún el control en la disposición final de los residuos (Oakley & Jiménez, 2012, pp. 2541-2542).

2.6.2.2. Método de área

Este método es realmente útil para terrenos planos, en donde se debe controlar la acumulación excesiva de los residuos en el área de trabajo, para lograr la compactación y la buena gestión se necesita que los desechos que llegan al acopio para su disposición final sean triturados y mezclados varias veces y llevados con la maquinaria hasta el área de trabajo donde son arrastrados y dispuestos a manera de pendientes compactadas teniendo en cuenta el talud para que se acumulen y se desvien tanto los lixiaviados hacia los drenes internos como los gases a través de chimeneas y el agua superficial logre su evacuación luego de colocar el material de cobertura que puede ser extraído desde la misma área de trabajo para evitar costos adicionales (ISWA, 2010, pp. 45-46).

2.6.2.3. Método combinado

Como su nombre lo indica es una técnica que combina las bases del método por trincheras o zanjas y el de área, debido a que proceden con metodologías similares, se aplica para terrenos planos y sirve para aprovechar topografías y el material de cobertura, cuenta con algunas ventajas como, logra mayor volumen para una mayor cantidad de compactación de residuos sólidos y facilidad para movilidad y extracción de la capa de cobertura, cuenta con algunas ventajas como, logra mayor volumen para una mayor cantidad de compactación de residuos sólidos (MINAM, 2011, pp. 44-45).

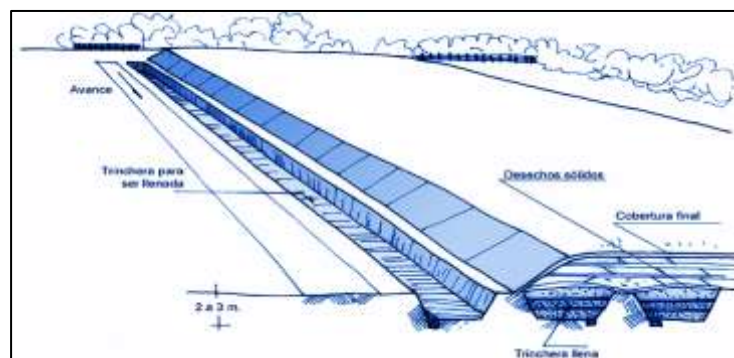


Figura 3-2. Combinación del método trinchera y método área.

Fuente: (CEPIS-BS/SDE/OPS-OMS, 2002).

2.6.3. Componentes en un relleno sanitario

Para el buen funcionamiento de un relleno sanitario debe contar con las siguientes componentes: Zona de entrada y de salida, red vial, zona de descargue, celda diaria y sistema de tratamiento de lixiviados, entre los principales, como complementarios otras obras como: caseta de información, administración y registro, zona de báscula, bodega, área social, instalaciones sanitarias, descapote, canales de aguas superficiales y escorrentía, cerramiento (Collazos, 2013, pp. 120-121).

2.7. Celda Diaria

Según lo que menciona (Panagiotakopoulos & Dokas, 2001, pp. 613-614), una celda diaria es como una caja donde se desechan los residuos que son compactados previamente y empujados en una esquina superior para dar dos pares de lados inclinados paralelos, en donde cada celda corresponde a una afluencia periódica de desechos es decir diaria que es recubierta con materia vegetal, su secuencia constituye un relleno sanitario por diferente método. La operación de un relleno sanitario comienza con una primera celda y finaliza con el sellado de la última con una cobertura final de arriba abajo cubriendo residuos antiguos (García, 2019, pp. 55-56).

La Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT, 2010, pp. 69-71), define una celda como una gran opción para la disposición final de residuos a manera de secuencias dentro de un relleno sanitario, en el cual se presentan a manera de divisiones sin entremezclarse una con otra por medio de una cobertura diaria, cuyo objetivo es controlar la producción de lixiviados, generación de gases, minimizar olores, controlar insectos, roedores y evitar el riesgo de arrastre de residuos con el viento.

En el acuerdo ministerial 052 que es la reforma al acuerdo 031 “Proceso de Cierre Técnico y Saneamiento de Botaderos de los Desechos Sólidos y Viabilidad Técnica”, definen una celda como un depósito temporal donde se disponen residuos sólidos que no son peligrosos, los que deben ser compactados y cubiertos diariamente y constar de sistemas como: drenes para la conducción, almacenamiento y tratamiento de lixiviados, chimeneas para emanación de gases, canales para desviar aguas de escorrentías, que debe estar ambientalmente regularizado (SUIA, 2013, pp. 4-5).

2.7.1. Estructura de una celda diaria

Para el diseño y construcción de una celda es necesario que cuente con una estructura que permita reducir la contaminación que se genera al descomponerse en el sitio de operación donde son

dispuestos los residuos sólidos no peligrosos, por lo que debe contar con los siguientes parámetros importantes para su control sobre todo con la emanación o producción de gases que puede ser perjudicial para la salud de los trabajadores o la producción de lixiviados debido a la combinación del agua con la descomposición de los residuos (Sillero, 2012, pp. 83-84).

2.7.1.1. Preparación de la Capa Base o Sistema de Impermeabilización

El sistema de impermeabilización protege el suelo natural del terreno y en caso de existencia las aguas subterráneas o freáticas de los lixiviados que se producen por la descomposición de los residuos sólidos dispuestos en el relleno sanitario.

2.7.1.1.1. Capa mineral de base

Para un buen sistema de impermeabilización según (MMAyA, VAPSB y DGGIRS, 2012, pp. 127-141), en su Guía para el diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario, considera que para que el terreno soporte el diseño debe contener una capa o barrera natural que debe ser de arcilla, limo o morrones, un terreno con una permeabilidad menor a 10^7 con el propósito de disminuir las filtraciones por parte de los lixiviados y así proteger la capa freática, frenar la propagación de contaminantes en el suelo para garantizar que permanezcan en la cercanía del relleno incluso si se daña la capa mineral y la capa plástica. Para una buena impermeabilización del suelo se debe colocar primeramente una capa de arcilla que debe estar compuesta por arena, arcilla y grava mezcladas homogéneamente, una vez colocada la primera se coloca una segunda y una tercera debidamente compactadas.

2.7.1.1.2. Geomembrana

Según (MMAyA, VAPSB y DGGIRS, 2012, pp. 127-141), son aislamientos o láminas poliméricas compactadas que se implementan como barreras de líquidos, gases o vapores; Son útiles en terrenos que tienen alto coeficiente de permeabilidad, debe diseñarse en base de diferentes capas, es decir, doble impermeabilización, una capa inferior de arcilla y geomembrana y una superior de arcilla, teniendo en cuenta los sistemas de drenaje. La geomembrana de polietileno no debe tener roturas o torsiones, debe ser homogéneo, impermeable al agua, resistente al calor y condiciones climáticas. Para su instalación se debe preparar la superficie, estar libre de rocas punzantes, sin vegetación, y la zona de anclaje no debe tener protuberancias y debe ser colocada desde la parte alta de la celda y sellada con una selladora a fusión o por extrusión.

2.7.1.1.3. Geotextil

Sirve como refuerzo, separación, filtración, drenaje y tiene la finalidad de proteger a la geomembrana a manera de un colchón contra punzaciones, por lo que se recomienda un geotextil tejido (MMAyA, VAPSB y DGGIRS, 2012, pp. 113-134).

2.7.1.1.4. Material de cobertura

Según el Ministerio de Ambiente y Agua del Perú (MMAyA, VAPSB y DGGIRS, 2012, pp. 113-134), es la capa final de tierra necesaria que se utiliza para cubrir los residuos sólidos, una vez han sido depositados, esparcidos y compactos en la celda de disposición final, su objetivo es controlar y prevenir la difusión de vectores o plagas como son: moscas, ratas, insectos y mosquitos, así también minimizar los malos olores producto de la descomposición de los residuos, disminuir la entrada de agua lluvia a la basura, sirve como base para vías de acceso internas, permite el crecimiento de la vegetación, evita incendios y presencia de gases y la dispersión de los residuos que se trasladan fuera del relleno por el viento. El cual puede variar dependiendo del tipo y tamaño del terreno, por lo que se considera entre el 20 al 25% del volumen de un relleno sanitario, es decir una cobertura diaria con un espesor de 15 a 20 cm de tierra compactada entre niveles de la celda de residuos sólidos, con cobertura final con un espesor no menos a 0,50 m.

2.7.1.2. Canales de drenaje pluvial

El objetivo de implementar un canal de aguas lluvia en el diseño de una celda, es evitar las filtraciones producto de las precipitaciones, sobre todo en época de invierno, ya que los residuos sólidos con su descomposición aumentan la producción de lixiviados y gases, además causa erosión en la cobertura de la compactación diaria de la celda. Una de las consideraciones importantes en el diseño es la pendiente para aseverar el escurrimiento de aguas superficiales desde el interior hacia los canales expuestos en el exterior de las plataformas, adicional, la información hidrográfica y topográfica del lugar de construcción es importante para determinar el tamaño del canal (MMAyA, VAPSB y DGGIRS, 2012, pp. 127-141).

Según la Guía para el diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario, propuesto por el Ministerio del Ambiente de Perú (MINAM, 2011, pp. 56-57), se considera una infraestructura importante en el diseño, por lo que, se debe tener en cuenta las precipitaciones de terrenos vecinos, ya que la escorrentía superficial podría dificultar el proceso de operación del relleno, por lo que se diseña un canal perimetral en forma trapezoidal alrededor de la celda para

desviar el agua y se necesita conocer los contextos de precipitación locales, tipologías del suelo, vegetación, y superficie original del terreno.

Para el dimensionamiento del canal trapezoidal se debe calcular lo siguiente: caudal de escurrimiento para lo que se toma en cuenta, área de trabajo, período de retorno, intensidad de lluvia máxima y diaria, se calcula el área del canal, el tirante, perímetro mojado, radio hidráulico, pendiente, espejo de agua, velocidad de agua real. Se usa el coeficiente de Manning para determinar el movimiento del agua en cauces ya sean naturales o artificiales en una unidad de tiempo, y depende de una sucesión de elementos como es la rugosidad, alineamiento, obstrucción, nivel, cauce, sedimentación y cambio estacional (Fernández et al. 2018, pp. 17-19).

2.7.1.3. Sistema de drenaje de Lixiviados

Los lixiviados, son producidos por la propia humedad de los residuos sólidos en descomposición, o por las precipitaciones que penetran el material de cobertura y se infiltran transportando contaminantes y materia orgánica, contaminando las aguas subterráneas en caso de existir infiltración hacia la capa freática. Para el sistema de gestión y manejo de lixiviados, se debe realizar el cálculo del volumen de lixiviado en el relleno sanitario, para lo cual influyen factores como: precipitación, escurrimiento superficial, evapotranspiración, infiltración subterránea, grado de compactación, capacidad de campo del suelo y la humedad de residuos sólidos (Riquero, 2018, pp. 74-78).

2.7.1.3.1. Método Suizo

Sirve para el cálculo de la producción de lixiviados en un determinado tiempo, es un modo rápido y sencillo para obtener el caudal de lixiviados a generarse, que tiene en cuenta variables como la precipitación anual, área de la plataforma, número de segundos en el año, y el coeficiente de grado de compactación de la basura. Para rellenos débilmente compactados, se provee una producción de lixiviados, para un peso específico de $0,4 \text{ tn/m}^3$ y $0,7 \text{ tn/m}^3$, entre el 25 y 50% y fuertemente compactados, con peso específico mayor a $0,7 \text{ tn/m}^3$, se considera entre 15 al 25% de la precipitación media anual en el área del relleno sanitario (Riquero, 2018, pp. 72-73). Según (OPS «Organización Panamericana de la Salud» 2018, pp. 115-116), se afirma que existe mayor producción de lixiviados en los meses de lluvia y que se suspende en épocas secas, por lo que se recomienda el uso de este método, ya que, calcula la generación de lixiviados en los meses de lluvia exacto y es adecuado para el diseño del drenaje y almacenamiento de los mismos.

2.7.1.3.2. Método del Balance Hídrico

Se usa para predecir la generación de lixiviados en un relleno sanitario, mediante un balance del agua, en el que se toman en cuenta los líquidos que ingresan y salen del relleno y los que se almacenan dentro del sistema; se relacionan los elementos que influyen en el balance, como la precipitación, escorrentía superficial, evapotranspiración, humedad de los residuos, capacidad de campo o retención de líquidos; La precipitación, es el principal componente influyente en el balance hídrico, que se infiltra por las coberturas ayudando a la descomposición de los residuos y por consiguiente a la producción de lixiviados (MMAyA et al. 2012, pp. 93-137).

2.7.1.3.3. Drenes de Lixiviados

Son los canales que se realizan donde reposan las tuberías que sirven para la captación, recolección y evacuación de lixiviados, se distribuyen en el zona base del terreno, pueden distribuirse a manera longitudinal o transversal, dependiendo de las condiciones climatológicas del lugar, cantidad y caracterización a disponer de residuos sólidos y del tipo de relleno sanitario, por lo general son habilitados con piedras y tuberías mediante perforaciones en las partes laterales, y se instalan en la parte central, a manera de espina de pescado y son transportados hacia un pozo de almacenamiento temporal previo a su tratamiento. La ubicación, formas y dimensionamiento de los drenes dependen de cada caso particular y el terreno, debe tener una pendiente menor a 2% que garantice que el escurrimiento de lixiviados por infiltraciones, y se deberá discutir la impermeabilización y protección de los drenes (Riquero, 2018, pp. 73-74).

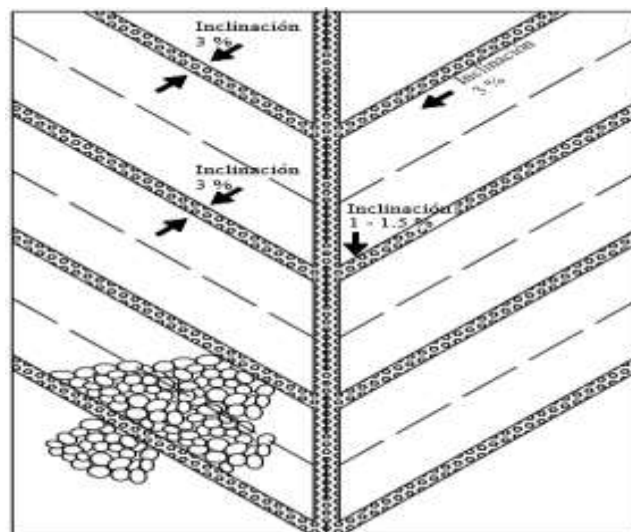


Figura 4-2. Drenaje interno de lixiviados.

Fuente: (Roben, 2002, pp. 30).

2.7.1.4. Sistema de manejo de Gases

Está constituido por drenes verticales que se proyectan desde la base del relleno sanitario, hasta la superficie proyectada para la disposición final de los residuos sólidos, los cuales, pueden ser de forma cuadrada, redonda o tipo gavión. Para el caso de los rellenos sanitarios que alberguen de 200 toneladas diarias de residuos sólidos, se debe realizar la incineración centralizada de gases, con el objetivo de minimizar la contaminación que provoca el efecto invernadero, cuando se gestiona menos de 200 toneladas, se debe realizar una quema convencional para mitigar la producción de gases, debido al metano producido por la descomposición de los residuos sólidos, aunque también se puede implementar actividades para la evaluación energética a partir de la obtención de biomasa y producción de energía, con el objetivo de obtener una tecnología limpia que ayude a reducir el impacto ambiental en la zona (Riquero, 2018, pp. 77-78).

La distribución de los drenes verticales, características, separación entre chimeneas, y sus interconexiones laterales a diferentes alturas de las plataformas de los residuos, se proporcionan en base a la masa o extensión del relleno sanitario, para un relleno manual la distribución de los drenes es cada 15 metros para un área de influencia de 225 m², un relleno semi-mecanizado y mecanizado cada 30 metros con un área de influencia de 900 m² (Riquero, 2018, pp. 78-79). En un relleno sanitario se evacua gases como metano, dióxido de oxígeno y agua producto de la descomposición de los residuos sólidos, mediante dos procesos drenaje pasivo y drenaje activo, el pasivo se refiere a la succión de los gases mediante un soplador y el pasivo a la difusión natural de los gases mediante chimeneas (MMAyA, VAPSB y DGGIRS, 2012, pp. 98-100).

Tabla 1-2: Requerimientos para la construcción de chimeneas.

Parámetro	Chimenea construida con puntales de madera	Chimenea con tubo perforado
Ancho de la chimenea	0-5 a 1 m	0,6 a 1.2 m
Material de construcción	Puntales: madera (eucalipto o guadua ya que si se siembran alrededor del relleno sirve también para retener parte de los lixiviados). Mallas: Acero, distancia entre los alambres menor a 2 m.	Plástico perforado El área total de los agujeros debe ser el 10% del área total del tubo. Diámetro de los orificios: < 2 cm. Material: Preferiblemente PEHD (Polietileno de Alta Densidad).
Material para rellenar la chimenea	Piedra bola o grava. Es importante que no contenga cal porque las piedras con alto contenido de cal se descomponen fácilmente en gas de relleno corrosivo.	
Dimensiones de la piedra	Preferiblemente, se utilizan piedras con un diámetro de <16 cm, lo que evita la obstrucción rápida debido a la entrada de materiales gruesos o sólidos en la chimenea.	

Distancia entre las chimeneas	25 - 30 m en rellenos manuales que tienen celdas con una altura de menos de 8 m. 20 - 25 m en rellenos compactados donde el cuerpo de basura tiene una altura < 15 m. 15 - 20 m en rellenos compactados donde el cuerpo de basura tiene una altura > 15 m
-------------------------------	---

Fuente: (Roben, 2002, pp. 61).

Realizado por: MAZA, L. 2019.

2.7.2. Parámetros a considerar en la operación de la celda diaria

2.7.2.1. Movimiento de Tierras

Según (Altamirano, 2012, pp. 5-6), incluye una serie de actividades de excavación, manipulación, carga, transporte hasta el límite de transporte gratuito y colocación en el depósito de desechos. El material del corte se clasifica como material suelto, roca suelta y roca fija, que se requiere para la operación. En el relleno sanitario comprende la excavación y eliminación de capas de plantas y otros materiales blandos, orgánicos y dañinos en áreas donde se excavarán movimientos de tierra y diques (terraplenes).

2.7.2.2. Excavación y nivelación

El movimiento de tierras descrito en esta sección debe incluir limpieza, remoción de turba, orgánico y arcilla, acceso a tierra prestada, construcción y mantenimiento de pasajes temporales, remoción de afloramientos rocosos, subrasante, construcción de obras de derivación y estructuras de control de erosión. En arcilla, la pendiente de relleno debe establecerse en una pendiente no mayor a 3: 1 (H: V). En suelos o rocas altamente erosionados, la pendiente no debe ser mayor a 1.5: 1 (H: V), y la pendiente no debe exceder 1: 1 (H: V), para excavación de roca dura. A menos que se indique lo contrario en los planos de construcción o en este código, las pendientes de excavación temporales de más de 1 m de profundidad en el suelo o el lecho rocoso fuertemente degradado deben ajustarse a pendientes que no excedan 1: 1. Los pozos de cimentación poco profundos y los pozos hechos de roca madre sólida con una profundidad de menos de 3 m pueden tener una pendiente vertical, mientras que la pendiente de los pozos de cimentación temporales en la roca madre sólida con una profundidad mayor que esta profundidad no será mayor que 0.5: 1 (H: V), o determinado por el área del proyecto (Quiroz, 2018, pp. 16-17).

2.7.2.3. Áreas de préstamo

Las áreas de préstamo y las excavaciones permanentes se definirán como áreas que están abiertas por más de un mes. También se conocen como depósitos de suelo, grava y roca designados para

el desarrollo y uso en el área. Terraplén, superficie de revestimiento, acera, estructura de hormigón, etc. El área centralizada de préstamos debe ubicarse fuera del derecho de paso o vía pero debido a razones económicas, generalmente está cerca del proyecto (Gadea, 2011, pp. 13-14).

Se debe mantener la estabilidad de todas las pendientes, y las pendientes consideradas inestables en el área del proyecto se deben volver a analizar para proporcionar estabilidad. En todas las áreas de préstamos, las reducciones deben hacerse durante el turno de día tanto como sea posible. La forma de la pendiente debe facilitar el drenaje y evitar la acumulación de agua.

2.7.2.4. Taludes

Se refiere a las inclinaciones que se presentan en los terrenos, debido a las enormes diferencias en los tipos de materiales y la disposición, la estabilidad del terreno debe analizarse para definir la pendiente más adecuada. Por lo general, se puede determinar que para incisiones con una altura superior a 7 m, se deben realizar estudios de estabilidad basados en principios de ingeniería geotécnica. Para alturas más bajas, casi siempre es posible definir la pendiente de acuerdo con la clasificación de rocas y suelo y el estado de eliminación del material de corte. Los taludes del terreno restante no causan erosión y puede proporcionar buena estabilidad al relleno. Estos pueden ser verticales o 3: 1 (horizontal: vertical), dependiendo del tipo de suelo (MMAyA, VAPSB & DGGIRS, 2012, pp. 125-126).

La pendiente de la superficie de la terraza o el terraplén en relación con la pendiente interna debe ser del 2% para conducir el lixiviado a la zanja de drenaje y evitar la acumulación de agua cuando se usa como un canal temporal; esto también ayuda a proporcionar estabilidad para el trabajo (MMAyA, VAPSB & DGGIRS, 2012, pp. 125-126).

2.7.2.5. Limpieza, desbroce y desencapado

El trabajo de limpieza incluirá recortar los arbustos, bejucos y pastos hasta alcanzar una altura cercana al suelo, y luego depositar los materiales retirados en el área del proyecto. El desbroce incluye la eliminación y eliminación de toda vegetación, raíces y elementos orgánicos y nocivos. Si se requiere quemar, todos los materiales quemados y no quemados (incluidas las cenizas) deben retirarse del área de construcción y colocarse en la ubicación determinada por el área del proyecto (Agüero, 2015, pp. 30-31).

El trabajo de extracción consistirá en la extracción y apilamiento de la capa superior del suelo determinado en el área del proyecto. Este requisito variará en todo el sitio, pero se estima que la

zanja es de aproximadamente 650 mm y el pozo de filtración es de aproximadamente 450 mm. En los casos en que se requiere la remoción de turba, no se requerirá el proceso de desencapado.

Los materiales extraídos durante estas etapas de limpieza, desbroce y desencapado deben apilarse o depositarse en el área aprobada determinada por el área del proyecto, que determinará cómo se deposita, compacta y forma la capa superior del suelo para volver a usarla (Agüero, 2015, pp. 30-31).

CAPTÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Diagnóstico del área de estudio

Se usó el programa de ArcGIS, software implementado en el campo de sistemas de información Geográfica.

3.1.1. Localización del proyecto

El proyecto se encuentra ubicado en el cantón Bucay, al suroeste de la Provincia del Guayas a $79^{\circ}08'15$ Este y $2^{\circ}12'00$ Sur, el cual cuenta con una extensión de 152,2 km². Sus límites son: Al norte con la Provincia de los Ríos el Cantón Babahoyo, Al sur con la Provincia de Chimborazo con el Cantón Cumanda; Al Este con la Provincia de Bolívar el Cantón Chillanes; Al Oeste con la Provincia del Guayas el Cantón Naranjito (SNI, 2015, pp. 9-12).

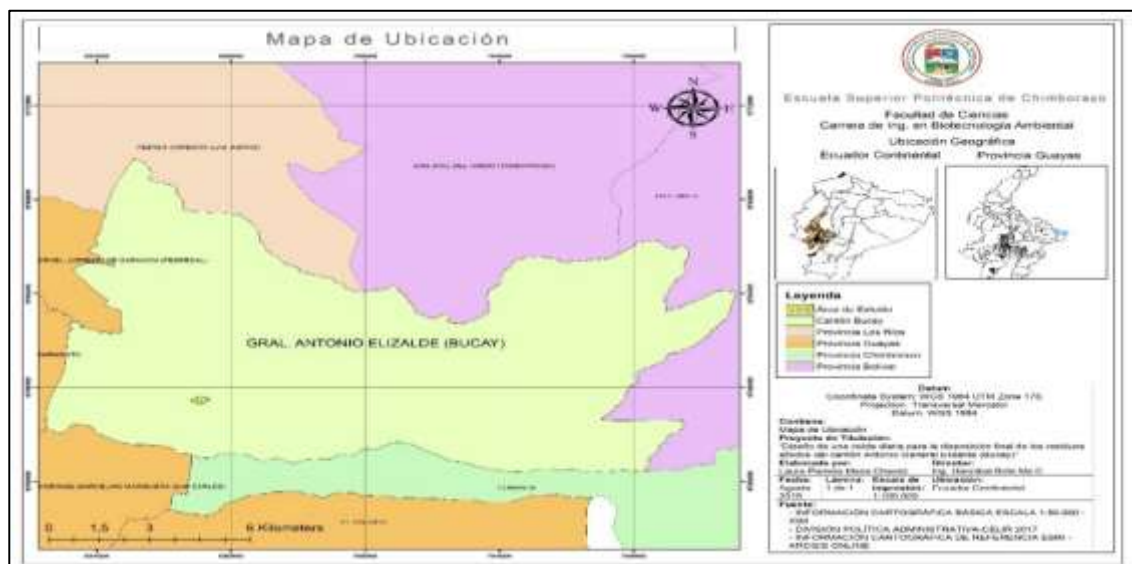


Figura 1-3. Mapa Ubicación Geográfica del Cantón Bucay.

Realizado por: MAZA, L. 2019

3.1.2. Geomorfología

3.1.2.1. Geología

Se caracteriza por tener un suelo de origen volcánico y se evidenció debido a la presencia de lava indiferenciada en los mapas y porque se conforma por terrazas aluviales que son áreas de suelo con componentes pertenecientes a la formación Cuaternaria, por lo que se consideró que su permeabilidad es moderada. Posee deposiciones aluviales las cuales arrastran rocas o material detrítico por las diferentes cuencas por causa de un flujo o aluvión. La acción de erosión ha provocado la formación de relieves socavados y montañosos y también planos y montañosos (GAD Municipal Cantón General Antonio Elizalde Bucay, 2019, p. 17).

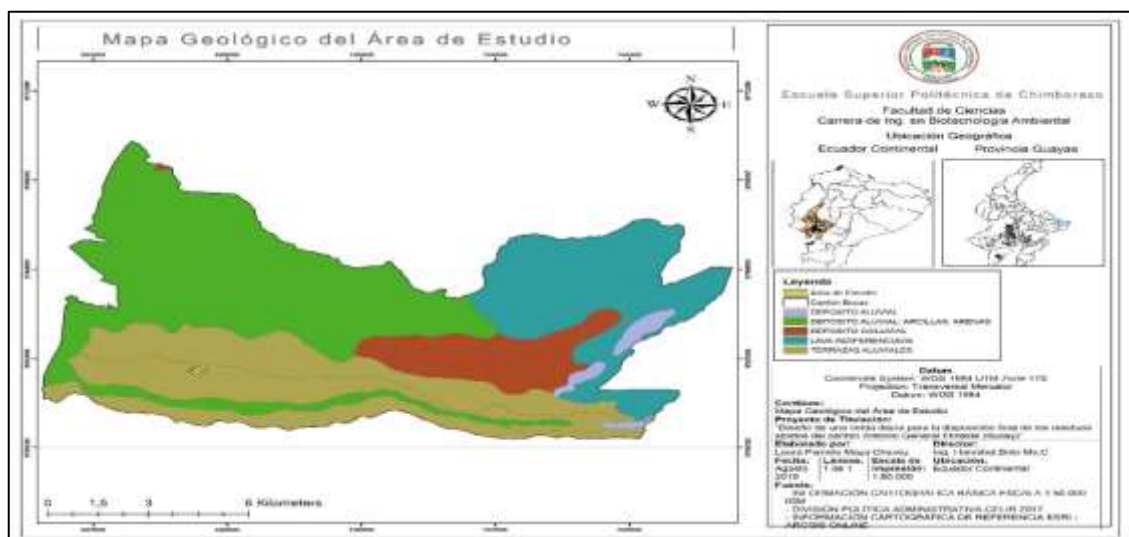


Figura 2-3. Mapa de Geología del Cantón Bucay.

Realizado por: MAZA, L. 2019

3.1.2.2. Pendientes del suelo

Una pendiente se usa para medir la inclinación del terreno y conocer la morfología y las formas del suelo, en el caso del cantón Bucay, se constituyó por pendientes abruptas, es decir elevaciones montañosas mayores a 70%, débiles planas o casi planas de 0 a 5%, fuertes o colinados de 25-50%, inclinaciones suaves o ligeramente onduladas 12-25%, y pendientes muy fuertes es decir terrenos escarpados con 50-70% (Vargas, 2009, pp. 11-13)

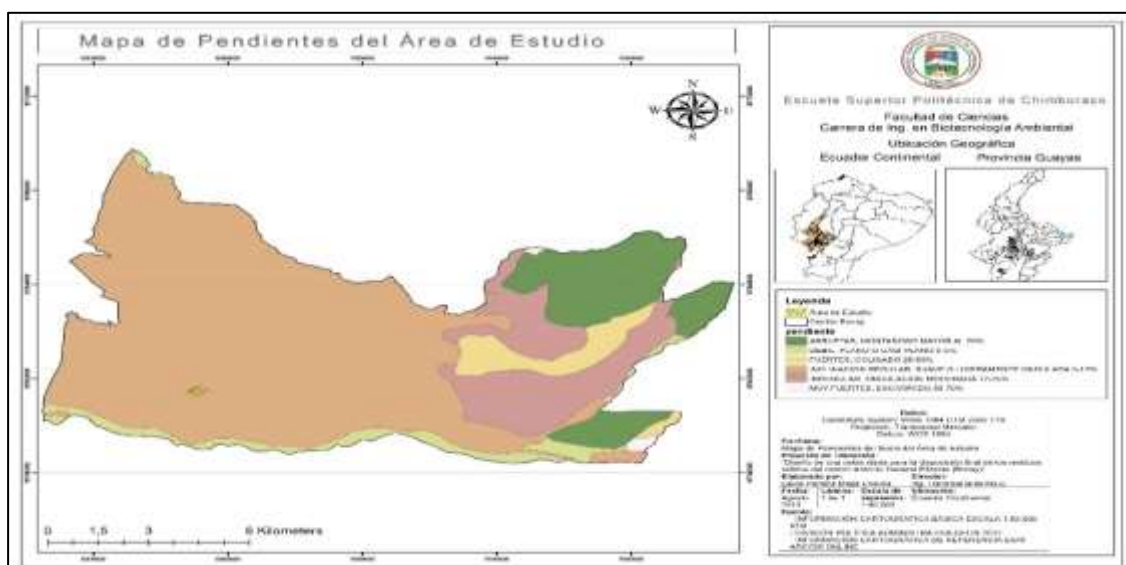


Figura 3-3. Mapa de Pendientes del Suelo del Cantón Bucay.
Realizado por. MAZA, L. 2019

3.1.2.3. Taxonomía y Textura del suelo

Existen diferentes tipos de suelo a nivel mundial según la clasificación Soil Taxonomy, pero en el territorio de estudio predominó los siguientes tipos de suelo: Entisol que se caracterizan por ser suelos jóvenes por su composición mineral; Alfisol son suelos marcados por procesos de translocación es decir iluviación de arcilla; Vertisol son muy arcillosos y expandibles que forma grietas profundas cuando se secan; Inceptisol son suelos con desarrollo es decir que son nacientes (USDA & NRCS, 2014, pp. 47-339). La textura del suelo en su mayoría se caracterizó por ser moderadamente gruesa es decir un tipo de suelo arenoso-arcilloso (Porta 2008, p. 123-125). “La saturación de sales se considera menor a 35% con un pH de 5,5 y 6,5” (Auncancela, 2015, pp. 29).

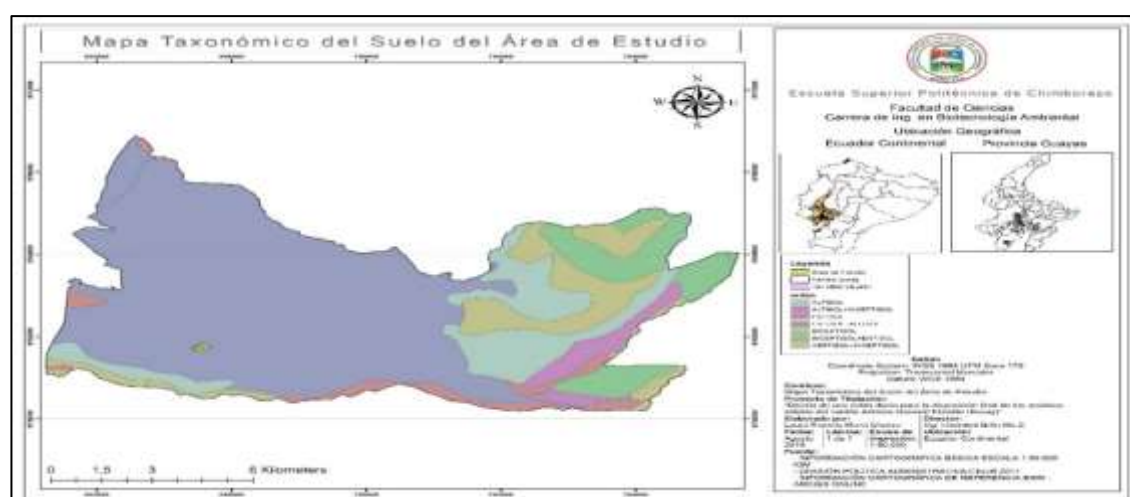


Figura 4-3. Taxonomía del Suelo del Cantón Bucay.
Realizado por: MAZA, L. 2019

3.1.2.4. Cobertura Vegetal y Uso de Suelo

Se analizó que se encuentra constituido por un 70% Arborescencia tropical, café, cultivos de ciclo corto como el maíz, vegetación arbustiva, 30% cacao y pasto cultivado. Entre la actividad agrícola en mayor porcentaje Banano, caña de azúcar, cacao, orito, café, naranja, mandarina, piña y plátano, en cambio en actividad pecuaria la mayor parte se dedica al ganado vacuno. En cuestión de conservación de recursos en su territorio se encuentra el bosque protector de Esperanza Alta que cuenta con una extensión de 1875 Ha, al cual lo protegen de la tala de árboles indiscriminada y a la conservación de especies vegetales y animales endémicas del lugar (GAD Municipal Cantón General Antonio Elizalde Bucay, 2019, pp. 19-25).

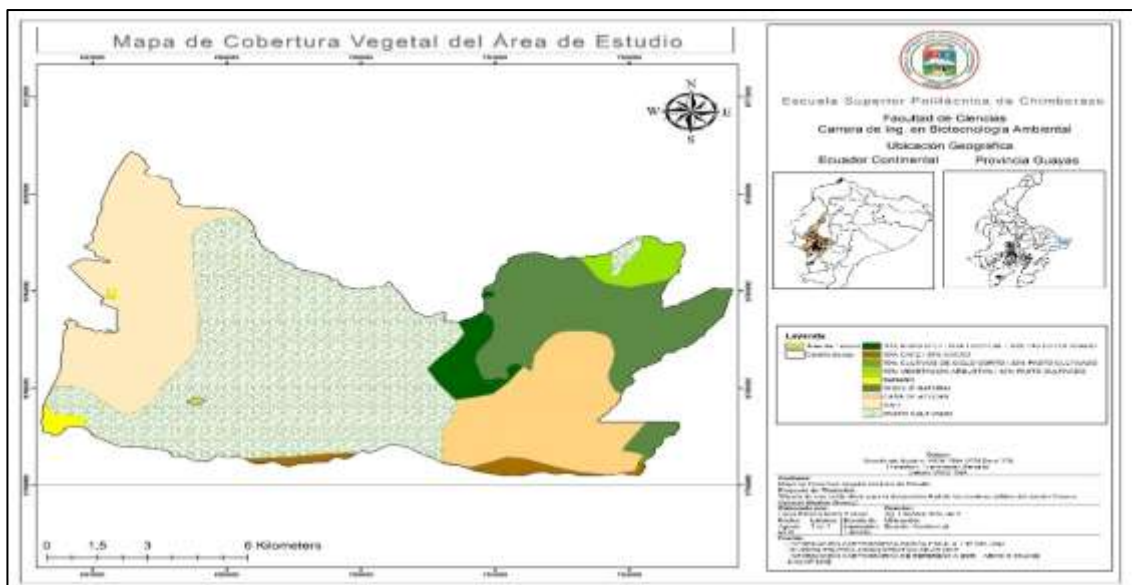


Figura 5-3. Cobertura vegetal del Cantón Bucay.

Realizado por: MAZA, L. 2019

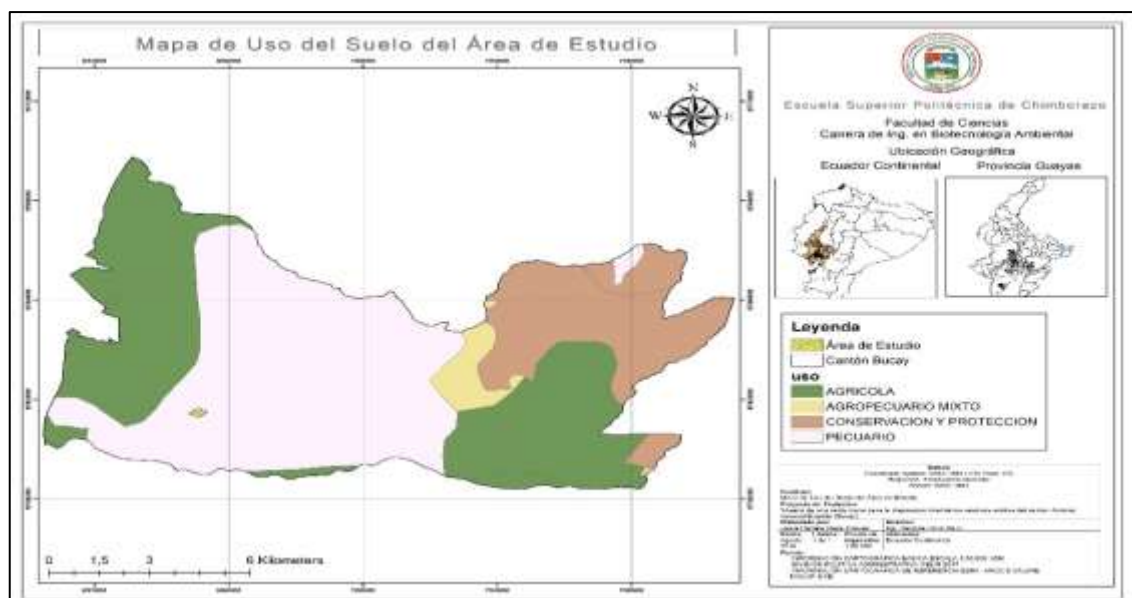


Figura 6-3. Uso de Suelo del Cantón Bucay.

Realizado por: MAZA, L. 2019

3.1.3. Hidrografía

Entre las cuencas principales se observó que se encuentra el río Chimbo, que es característico del cantón debido a que establece el límite entre el cantón Bucay y el cantón Cumanda, en el cual desembocan engrosando su caudal los ríos provenientes de la Región Sierra como es el afluente Pallatanga, y el río Victoria. Las subcuencas que se ubican dentro del territorio son los afluentes San Antonio, El Limón, Babahoyo, Yaguachi, Jujan y Chague que se subdivide en dos ramificaciones que es el río La Marín y Chague Grande. Entra las microcuencas se ubican los esteros Agua Clara, El Tigre, El Prado, Comején, Chague chico, Chilintomo y Chilintomo chico (GAD Municipal Cantón General Antonio Elizalde Bucay 2019, pp. 39-41).

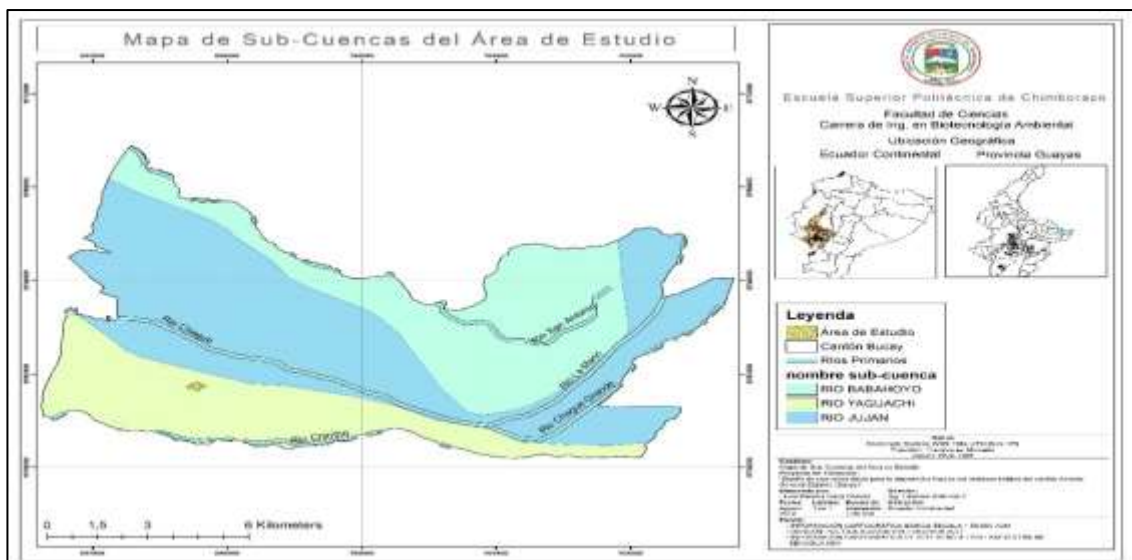


Figura 7-3. Cuencas y Subcuencas del Cantón Bucay.
Realizado por: MAZA, L. 2019

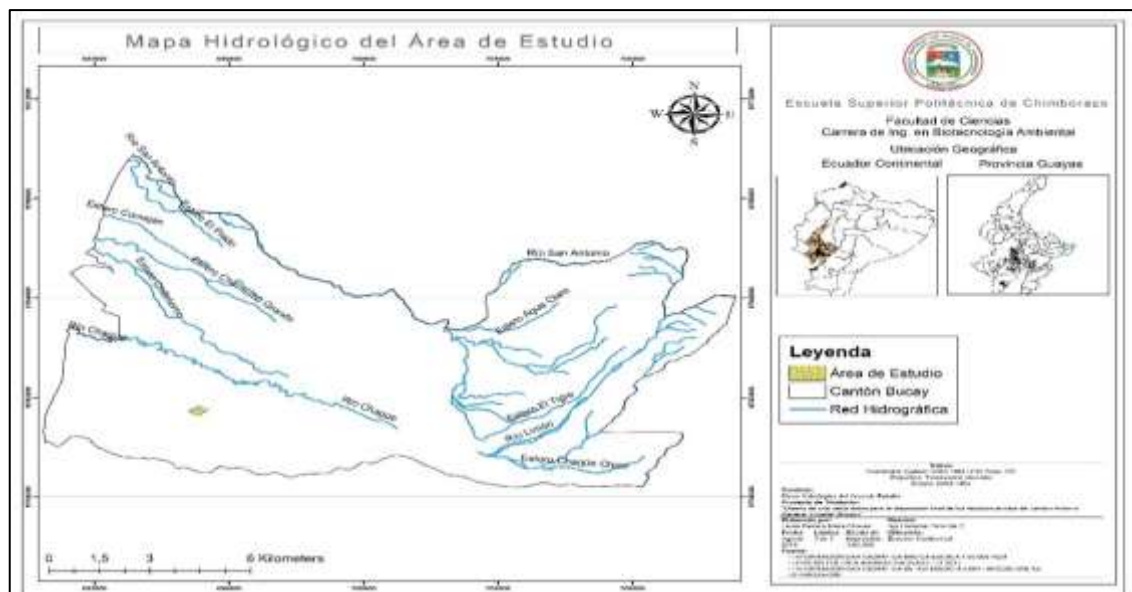


Figura 8-3. Microcuencas del Cantón Bucay.
Realizado por: MAZA, L. 2019

3.1.4. Climatología

En su territorio se logró identificar 3 tipos de climas, Ecuatorial mesotérmico semi-húmedo, Tropical megatérmico húmedo, Tropical megatérmico semi-húmedo, por lo que se concluyó que tiene un clima tropical húmedo en la mayoría de su extensión lo que puede ser debido a que se encuentra en una zona de transición entre la región Sierra y Costa.

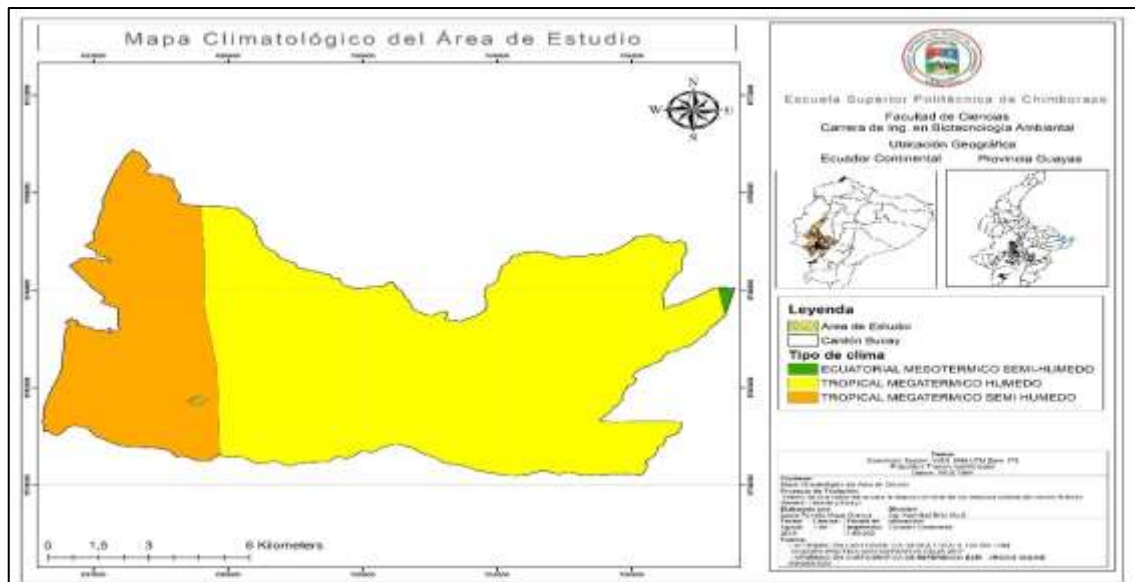


Figura 9-3. Climatología del Cantón Bucay.
Realizado por: MAZA, L. 2019

3.1.4.1. Precipitación

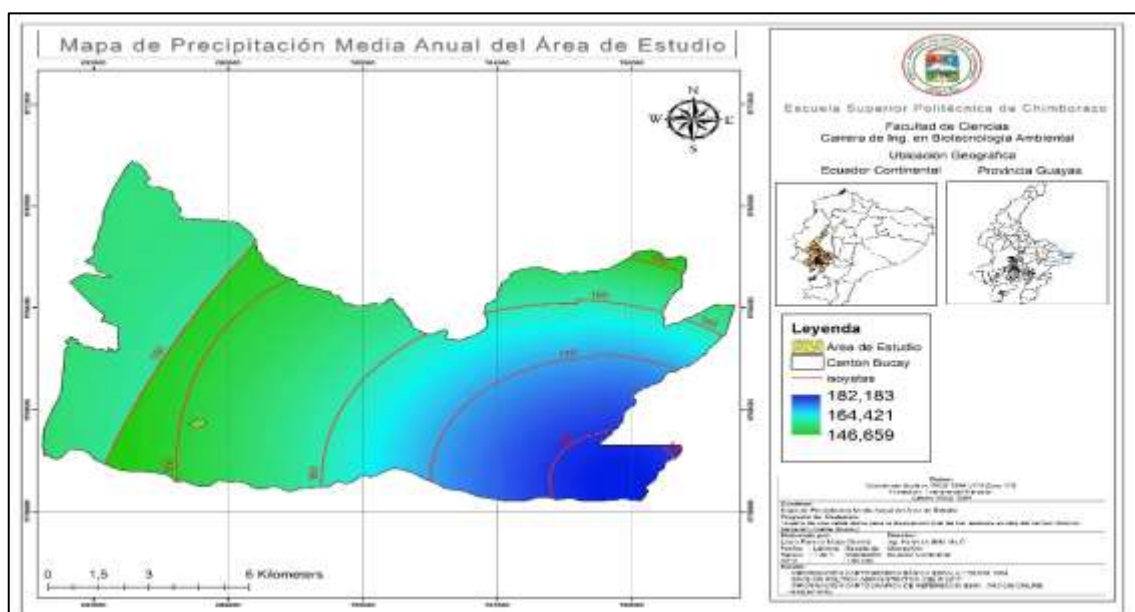


Figura 10-3. Precipitación del Cantón Bucay.
Realizado por: MAZA, L. 2019

Se caracterizó por tener un clima B₃B₃ es decir mesotérmico templado cálido, por lo que los meses con más lluvias son pocos y entre ellos están enero, febrero, marzo y abril, llegando a precipitaciones anuales que van de 2000 a 3000 mm.

Tabla 1-3: Precipitaciones anuales en mm del Cantón Bucay.

Ene	Febr	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
400	505	493	379	196	80	51	33	49	51	78	173	2488

Fuente: (INAMHI Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, 2013).

Realizado por: MAZA, L. 2019

3.1.4.2. Temperatura

Al ser un clima húmedo se caracterizó por tener temperaturas a lo largo del año que varían entre 16 y 28 °C, con temperaturas promedios anuales que van de 18 a 24,6 °C.

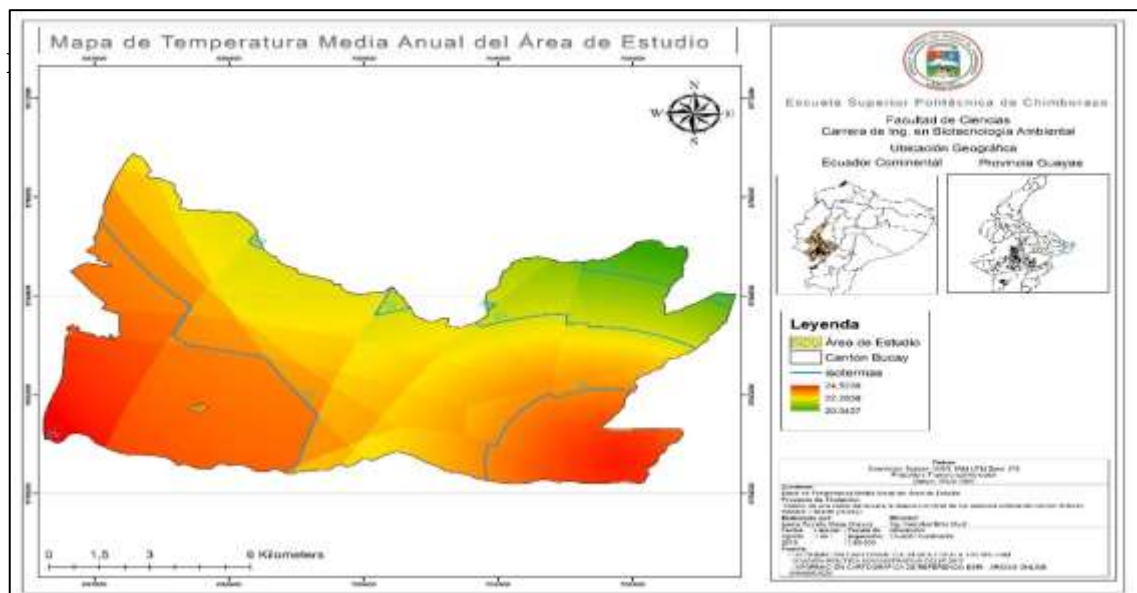


Figura 11-3. Temperaturas promedio anuales del Cantón Bucay.

Realizado por: MAZA, L. 2019

Tabla 2-3: Temperatura media en °C del Cantón Bucay.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
26,5	26,5	26,9	26,9	26,2	25,1	24,3	24,3	24,1	24,4	24,7	25,9	23,4

Fuente: (Datos Climáticos Mundiales, 2019).

Realizado por: MAZA, L. 2019.

3.1.5. Demografía

Según la información proporcionada por el Instituto Nacional de Estadística y Censo en su último levantamiento de datos en el 2010, el cantón Bucay posee una población de 10642 habitantes, de los cuales 5369 son mujeres y 5273 hombres distribuidos entre la zona rural y urbana. Cuenta con los siguientes recintos en su territorio como: Recinto Matilde Esther, El Batán, Bethania, Esperanza baja, San Pedro, El Limón, Esperanza Alta, Altos de Bucay. Su densidad poblacional es de 69.8 en todo su territorio (GAD Municipal Cantón General Antonio Elizalde Bucay, 2019, pp. 12-52).

Tabla 3-3: Población del Cantón Bucay.

Población	Hombre	Mujer	Total
Urbana	3004	3075	6079
Rural	2365	2198	4563
Total	5369	5273	10642

Fuente: (GAD Municipal Cantón General Antonio Elizalde Bucay, 2019).

Realizado por: MAZA, L. 2019

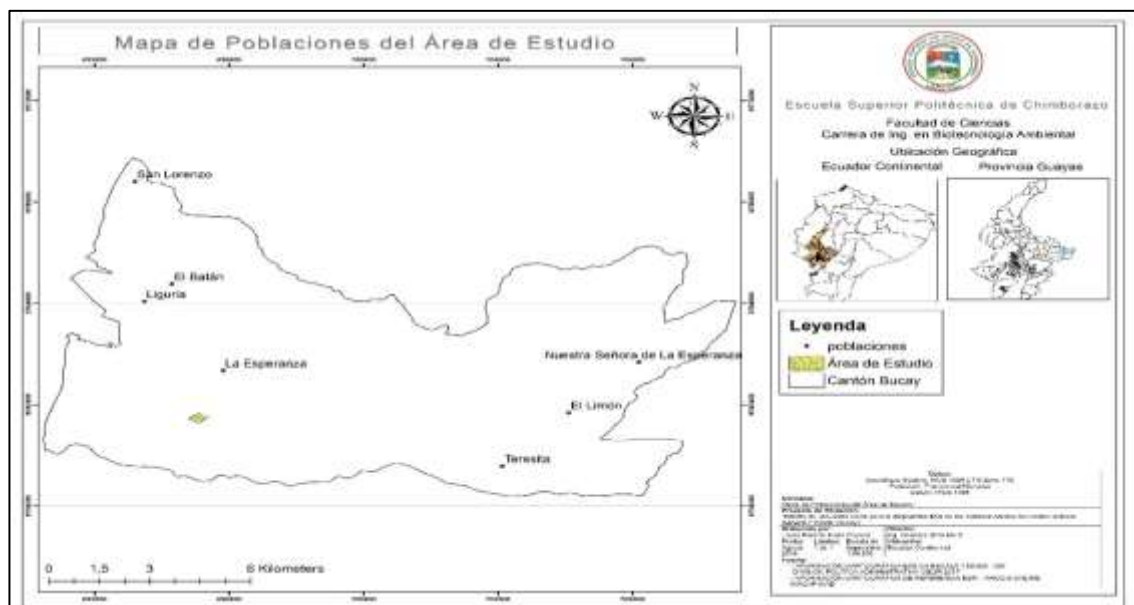


Figura 12-3. Densidad poblacional del Cantón Bucay.

Realizado por: MAZA, L. 2019

3.1.6. Amenazas naturales

3.1.6.1. Inundaciones

Las inundaciones se producen sobre todo en época de invierno donde la intensidad de las precipitaciones aumentan y debido a que el cantón General Antonio Elizalde posee un suelo que es prácticamente impermeable, es decir que tiene un mal drenaje por lo que las aguas lluvias son depositadas en las cuencas y microcuencas de los ríos ubicados en el mismo, siendo el principal el río Chimbo el cual tiene un crecimiento significativo a comparación con los demás afectando sobre todo a las poblaciones cercanas al mismo (GAD Municipal Cantón General Antonio Elizalde Bucay, 2019, pp. 43-44).

3.1.6.2. Movimiento de masas

Los deslizamientos de suelo son muy frecuentes en época de lluvia, ya que al ser intensas sobre saturan las capas de suelo sobre todo en pendientes y terraplenes, que en lo general se encuentran ubicadas cercas de las vías donde hay montañas que no cuentan con vegetación debido a la deforestación, las cuales tienen una alta susceptibilidad de movimientos de masa, las poblaciones que se encuentran en la zona alta de Bucay son los que están más expuestos al peligro (GAD Municipal Cantón General Antonio Elizalde Bucay, 2019, pp. 44-45).

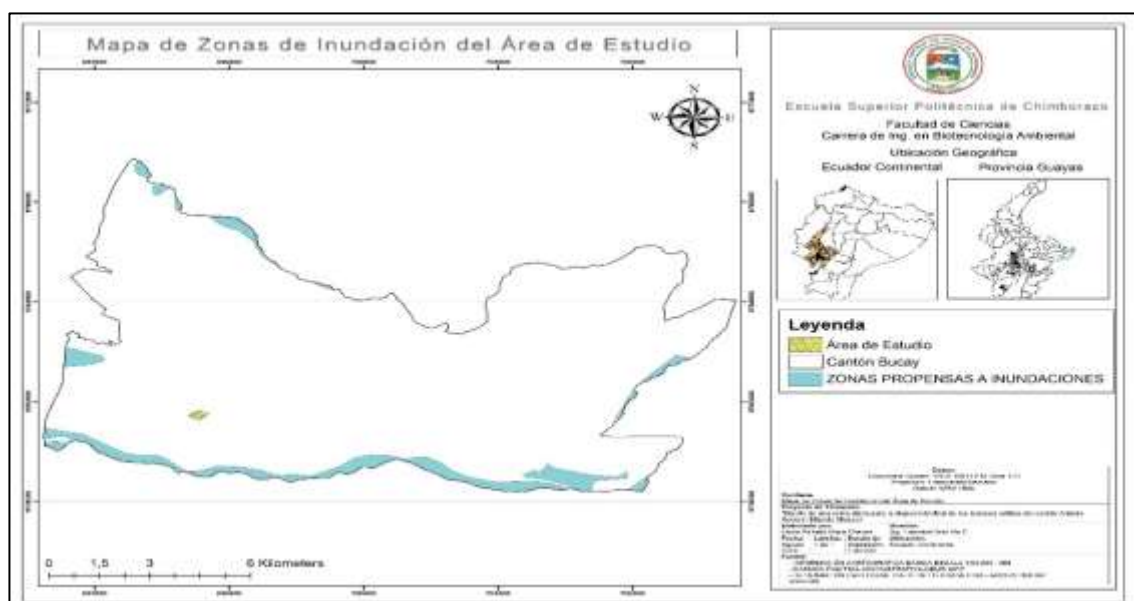


Figura 13-3. Zonas propensas a inundaciones en el Cantón Bucay.

Realizado por: MAZA, L. 2019

3.1.6.3. Potencial Sísmico

Los sismos son movimientos que se producen por la energía acumulada en el interior de la tierra que al ser liberada genera vibraciones en las capas de suelo, por lo que todos estamos expuestos a este tipo de riesgo. En el cantón Bucay se analizó que existe un riesgo moderado o bajo en ciertas zonas del mismo, ya que en la mayoría de su territorio se observó que cuenta con zonas de encuentro que son seguras ante este tipo de amenaza (GAD Municipal Cantón General Antonio Elizalde Bucay, 2019, pp. 122-123).

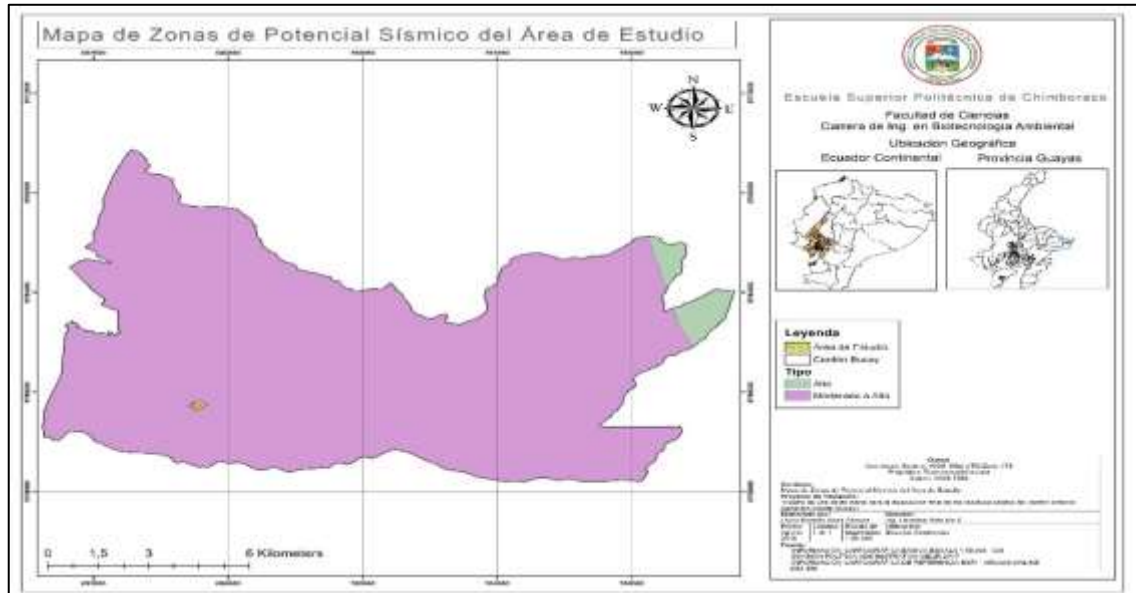


Figura 14-3. Zonas propensas a sismos en el cantón Bucay.

Realizado por: MAZA, L. 2019

3.2. Levantamiento de información

La información para el desarrollo del proyecto técnico se obtuvo con base en reuniones con el alcalde el Lcdo. Rubén Miranda en el GAD Municipal del cantón Bucay, quien delegó al Ing. Danny Heredero, responsable del departamento del ambiente quien nos facilitó toda la información oficial como el PDYOT (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial), Estudio de Impacto Ambiental y Plan de Manejo Ambiental del actual relleno sanitario, informes ambientales sobre la generación de residuos presentados ante el AME (Asociación de Municipales del Ecuador) e información sobre el manejo y gestión integral de los mismos, mapa AutoCAD de las zonas del cantón, y planimetría de la zona donde se implementara el nuevo relleno sanitario ubicado en el recinto San Pedro.

Para la realización del proyecto técnico Diseño de una celda diaria para la disposición final de los residuos sólidos del Cantón Bucay, se realizó encuestas en las viviendas sobre la situación actual

de su gestión integral de residuos sólidos y así se logró valores estadísticos, así como también se realizó visitas técnicas al actual relleno sanitario ubicado en el cantón Cumanda para la evaluación del mismo, así como al nuevo terreno donde será la nueva disposición final ubicado en el recinto San Pedro donde se realizó el levantamiento de información.

3.2.1. Proyección demográfica

Para determinar la proyección poblacional del cantón Bucay, se obtuvo datos del INEC (Instituto Nacional de Estadística y Censo) según su base de datos del último censo realizado en el 2010, la tasa de crecimiento poblacional es de 1,95% y la población actual es de 10642 habitantes (INEC, 2010). El proyecto tendrá una vida útil de 25 años, por lo cual se calculó mediante el método geométrica a partir de: (Arriaga, 2013, pp. 58-59):

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

(Ec. 1-3)

Donde:

Pf = Población futura (hab)

Pa = Población actual

r = Tasa de crecimiento poblacional

n = Años a proyectarse el proyecto.

3.2.2. Caracterización de residuos sólidos

Para determinar la caracterización de residuos sólidos, se usó la metodología propuesta por Kunitoshi Sakurai en su Guía sobre la caracterización de residuos sólidos propuesta en el CEPIS “Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente” y OPS “Organización Panamericana de la Salud” como Asesor Regional en Residuos Sólidos (Sakurai, 2000).

3.2.2.1. Realización de encuestas

Se procedió a realizar encuestas de manera aleatoria, con el objetivo de conocer la situación actual del manejo integral de residuos sólidos de la población del cantón Bucay, y así determinar el número de habitantes en el área seleccionada en el muestreo consecutivo, datos que se obtendrán para el cálculo de la producción per cápita. Para determinar el número de encuestas muestra a

realizar, se aplicó la siguiente ecuación conociendo el tamaño de la población recomendada por (Sakurai, 2000):

$$n = \frac{N \times Z^2 \times p \times q}{d^2 \times (N - 1) \times Z^2 \times p \times q}$$

(Ec. 2-3)

Donde:

n = número de encuestas

N = Población actual

Z = Constante de nivel de confianza 95%

p = Probabilidad de éxito 50%

q = Probabilidad de fracaso 50%

d = Margen de error 6.1%

3.2.2.2. Producción per cápita (PPC)

Una vez determinada el número total de muestreo de residuos sólidos, se procedió a recolectar los residuos sólidos previo a que pase el camión recolector en las viviendas seleccionadas aleatoriamente, y se pesó las fundas de basura de cada vivienda y codificó por número de cuadras las calles seleccionadas y subió a un camión facilitado por el GAD Municipal del cantón Bucay, con el fin de llevarlos al relleno sanitario actual. Al mismo tiempo se realizó una encuesta en cada vivienda para determinar el número de habitantes generadores de los residuos. Para el cálculo se basó en la ecuación propuesta por la metodología de: (Rendón, 2012, pp. 70-71):

$$PPC = \frac{Wt}{Nt}$$

(Ec. 3-3)

Donde:

PPC = Producción per cápita (Kg/Hab.día)

Wt = Peso de residuos del muestreo (Kg)

Nt = Número de habitantes en viviendas en muestreo (Hab/día).

Para tener la confiabilidad de los datos de la PPC, se realizó un muestreo continuo de 8 días, descartando el primero basándose en la metodología descrita por el CEPIS “Guía para la caracterización de Residuos Domiciliarios”. Del mismo modo, se efectuó la proyección anual de

la producción per capital (PPC) para 20 años, en la que según (MINAM 2011, p. 40), menciona que Jaramillo en su guía para el diseño de rellenos sanitarios, donde recomienda tomar en cuenta el crecimiento urbano con un aumento del 0,5% a 1% anual.

3.2.2.3. *Densidad de los residuos sólidos*

El cálculo de la densidad de residuos sólidos se realizó mediante el pesaje de los mismos obtenidos del muestreo, en este caso en un tacho al cual se tomó el peso, diámetro y altura para determinar el volumen del recipiente. Según la metodología de (Sakurai, 2000), menciona que se debe calcular tres tipos de densidades las cuales son:

3.2.2.3.1. *Densidad sin compactar o suelta:*

Se colocó los residuos sólidos en un recipiente para su pesaje sin hacer presión sobre los mismos y se calculó el volumen. Su valor promedio entre 200 a 300 kg/m³ (OPS "Organización Panamericana de la Salud", 2018, p. 7-8).

3.2.2.3.2. *Densidad compactada:*

Se realizó la aplicación de una fuerza o presión sobre los residuos sueltos en el recipiente y se procedió a tomar el nuevo pesaje con el uso de una balanza y la diferencia de altura con un flexómetro. Su valor promedio 400 a 500 kg/m³ (OPS "Organización Panamericana de la Salud", 2018, p. 7-8).

3.2.2.3.3. *Densidad estabilizada:*

Se realizó el mismo procedimiento, pero una vez compactados los residuos se tomó el nuevo pesaje y la nueva altura de los residuos sólidos. Su valor promedio 500 a 600 kg/m³ (OPS "Organización Panamericana de la Salud", 2018, p. 7-8).

La fórmula para el cálculo de la densidad independiente del tipo que sea es: (Sakurai, 2000):

$$\rho = \frac{Wt}{V}$$

(Ec. 4-3)

Donde:

ρ = Densidad de los residuos sólidos (Kg/m³)

Wt = Peso de los residuos sólidos (Kg)

V = Volumen del recipiente (m³)

Para el cálculo del volumen del recipiente se usó la fórmula propuesta por: (Lofret, 2005, pp. 28-29):

$$V = \pi \times r^2 \times h$$

(Ec. 5-3)

Donde:

V = Volumen del recipiente (m³)

π = Pi (3.1416)

r^2 = Radio (Diámetro/2) (m)

h = Altura (m)

3.2.2.4. Composición física de residuos sólidos

(Vargas, López y Cisneros 2015, pp. 86-87) sugiere que para determinar la composición de residuos sólidos de un determinado lugar se debe aplicar el método de cuarteo establecida en la norma Mexicana NMX-AA-015-1985, donde se recomienda que los residuos recolectados deben ser despojados de las fundas plásticas y depositados en una mezcla homogénea y el cuarteo se debe realizar en relación con la cantidad total de residuos y escoger dos lados opuestos y los otros dos desechar, por lo que se seleccionó los productos distintivos, los cuales fueron cartón y papel, plástico, latas, vidrios, orgánicos, infecciosos y textil y se pesó cada uno de ellos y una vez obtenido el pesaje se multiplicó por el número de particiones y se procedió al cálculo porcentual de los mismos con la siguiente fórmula:

$$Ps = \left(\frac{PL}{PT} \right) \times 100$$

(Ec. 6-3)

Donde:

Ps = Porcentaje de subproductos

PL = Cantidad de subproductos (Kg)

PT = Peso total de los residuos sólidos (kg)

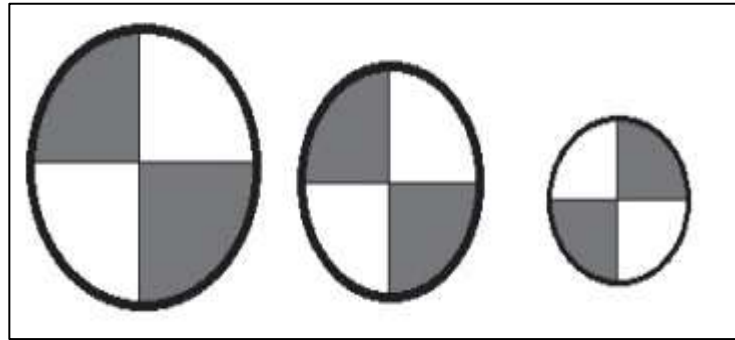


Figura 15-3. Método de cuarteo de residuos sólidos.

Fuente: (Rendón, 2012, pp. 69).

3.3. Diseño de la celda emergente

Se propuso el diseño de la celda con el propósito de tener un nuevo espacio para la compactación de los residuos sólidos, por lo que se sostuvo reuniones con las autoridades del cantón Bucay para que se disponga del lugar donde será implementado el nuevo relleno sanitario para comenzar con el estudio y el diseño de los mismos que entrara en funcionamiento una vez termine su vida útil el actual relleno donde se desechan sus residuos en mancomunidad con el cantón Cumanda y el cantón Pallatanga.

Para determinar los parámetros a considerar en el diseño se tomó en cuenta la metodología propuesta en su plataforma por la OPS “Organización Panamericana de la Salud”, en su área de Desarrollo Sostenible y Salud Ambiental, en su Guía para el Diseño y Construcción y Operación de Rellenos Sanitarios Manuales en el capítulo sobre el Diseño de Rellenos Sanitarios Manuales.

3.3.1. Generación total de Residuos Sólidos

Para calcular la generación de residuos sólidos totales a disponer en la celda, se tomó en cuenta la información presentada por el GAD Municipal Bucay ante el AME “Asociación de Municipalidades del Ecuador”, del cual se obtuvo datos de las toneladas diarias generadas al día. Se debe realizar los siguientes cálculos:

3.3.1.1. Producción per cápita (PPC)

Se realizó nuevamente el cálculo con el nuevo dato de generación de residuos sólidos, pero adicional se tomó en cuenta la cobertura de recolección de residuos que se implementará en el nuevo relleno sanitario y datos de la población actual que son datos proporcionados por el INEC

“Instituto Nacional de Estadística y Censo”. Se calculó a partir de: (OPS "Organización Panamericana de la Salud", 2018, pp. 82-83) :

$$PPC = \frac{DSr \text{ en una semana}}{Pob \times 7 \times \frac{Cob}{100}}$$

(Ec. 7-3)

Donde:

PPC = Producción per cápita por día (Kg/hab/día)

DSr = Residuos sólidos recolectados en una semana (Kg/sem)

Pob = Población total (hab)

7 = Días de la semana

Cob = Porcentaje de cobertura de recolección del servicio (%).

La producción per cápita (PPC) al realizar el cálculo de la proyección a futuro en este caso a 25 años se asumió que aumenta cada año un porcentaje de 1% según la metodología propuesta.

3.3.1.2. Producción diaria de residuos sólidos

Se ocupó los datos de la Población y la producción per cápita (PPC) calculadas previamente:
Según (Jaramillo, 2003, pp. 84):

$$DSd = Pob \times PPC$$

(Ec. 8-3)

Donde:

DSd = Producción diaria de desechos sólidos (Kg/día)

Pob = Población total (hab)

PPC = Producción per cápita (Kg/hab/día)

3.3.1.3. Producción anual de residuos sólidos

Se obtuvo al relacionar la producción diaria de los residuos sólidos y el número de días que tiene un año (365 días):

$$DSa = Dsd \times 365$$

(Ec. 9-3)

Donde:

DSa = Producción anual de residuos sólidos (Kg/año)

DSd = Producción diaria de residuos sólidos (Kg/día)

365 = Días que tiene un año (días)

3.3.1.4. Generación total de residuos sólidos

Se calculó con una proyección de 25 años teniendo en cuenta el aumento de la producción per cápita del 1% cada año para obtener la generación acumulada o total en ese tiempo de residuos sólidos a disponer en el relleno sanitario.

$$DSt = DSa (\text{año}1) + DSa (\text{año}2) + DSa (\text{año}3) \dots \dots DSa (\text{año}25)$$

(Ec. 10-3)

Donde:

DSt = Generación total de residuos sólidos a 25 años

DSa = Producción anual de residuos sólidos

3.3.2. Volumen Total de Residuos Sólidos

Para la estimación del volumen total de los residuos a disponer se analizó la densidad de los mismos, su volumen compactado y estabilizado y el material de cobertura diario de la celda (Jaramillo, 2003, pp. 92-93).

3.3.2.1. Volumen diario compactado de residuos sólidos

Se tomó en cuenta el valor de la densidad de los residuos sólidos compactados que según la bibliografía se consideró entre el rango 400 a 500 Kg/m³:

$$V_{diario} = \frac{DSd}{\rho}$$

(Ec. 11-3)

Donde:

V_{diario} = Volumen diario de residuos sólidos (m³/día)

Dsd = Producción diaria de residuos sólidos (Kg/día)

ρ = Densidad de residuos compactados (400-500 Kg/m³) (Jaramillo, 2003, pp. 92-93).

3.3.2.2. Volumen anual compactado de residuos sólidos

Se adicionó el producto de 365 días al dato que se obtuvo en la (Ec. 11-3):

$$V_{\text{anual compactado}} = V_{\text{diario}} \times 365$$

(Ec. 12-3)

Donde:

$V_{\text{anual compactado}}$ = Volumen anual recién compactado (m³/año)

V_{diario} = Volumen diario de residuos sólidos (m³/día)

365= Días en el año (año)

3.3.2.3. Volumen diario de material de cobertura

Según (Jaramillo, 2003, pp. 93) plantea que el material de cobertura equivale del 20% al 25% del volumen de residuos sólidos recién compactados por lo que calcula mediante:

$$V_{m.c. \text{ diario}} = V_{\text{diario}} \times m.c$$

(Ec. 13-3)

Donde:

$V_{m.c. \text{ diario}}$ = Volumen de material de cobertura (m³/día)

V_{diario} = Volumen diario de residuos recién compactados (m³/día)

$m.c$ = Material de cobertura asumir (0,20 o 0,25).

3.3.2.4. Volumen anual de material de cobertura

Se multiplicó el valor obtenido en la (Ec. 12-3), es decir el volumen anual compactado y el material de cobertura.

$$V_{m.c \text{ anual}} = V_{\text{anual compactado}} \times m.c$$

(Ec. 14-3)

Donde:

$V_{m.c \text{ anual}}$ = Volumen material de cobertura anual ($m^3/año$)

$V_{\text{anual compactado}}$ = Volumen anual recién compactado ($m^3/año$)

$m.c$ = Material de cobertura asumir (0,20 o 0,25).

3.3.2.5. Volumen anual estabilizado de residuos sólidos

A diferencia del volumen anual compactado en el estabilizado se ocupó el valor de la densidad estabilizada que esta entre 500 y 600 Kg/ m^3 :

$$V_{\text{estabilizado anual}} = \left(\frac{DSd}{\rho_{\text{estabilizado}}} \right) \times 365$$

(Ec. 15-3)

Donde:

$V_{\text{estabilizado anual}}$ = Volumen anual estabilizado de residuos sólidos ($m^3/año$)

DSd = Producción diaria de residuos sólidos (Kg/día).

$\rho_{\text{estabilizado}}$ = Densidad estabilizada (500-600 Kg/ m^3) (Jaramillo, 2003, pp. 93).

365= Factor de conversión de días a años.

3.3.2.6. Volumen del relleno sanitario

Se obtuvo al multiplicar el resultado de la (Ec. 12-3) y la (Ec. 14-3), es decir el volumen anual compactado y el volumen anual del material de cobertura:

$$V_{RS} = V_{\text{anual compactado}} \times V_{m.c \text{ anual}}$$

(Ec. 16-3)

Donde:

V_{RS} = Volumen anual del relleno sanitario ($m^3/año$)

$V_{\text{anual compactado}}$ = Volumen compactado anual de los residuos sólidos ($m^3/año$)

$V_{m.c \text{ anual}}$ = Volumen material de cobertura anual ($m^3/año$).

3.3.2.7. Volumen relleno sanitario acumulado

Se realizó el cálculo proyectado durante la vida útil (25 años), adicionando cada año para obtener el resultado acumulado.

$$V_{RSA} = V_{RS} (\text{año}1) + V_{RS} (\text{año}2) + V_{RS} (\text{año}3) \dots \dots V_{RS} (\text{año}25)$$

(Ec. 17-3)

Donde:

V_{RSA} = Volumen Acumulado del relleno sanitario acumulado ($\text{m}^3/\text{año}$)

V_{RS} = Volumen anual del relleno sanitario ($\text{m}^3/\text{año}$).

3.3.3. *Cálculo del área requerida*

Con el cálculo del volumen del relleno sanitario se logró calcular el área requerida para el trabajo, para lo que se consideró los parámetros más importantes los cuales son: producción diaria de residuos sólidos, su densidad de compactación, material de cobertura, factor para obras complementarias y la vida útil estimada en el proyecto (Jaramillo, 2003, pp. 94-95).

3.3.3.1. *Área por rellenar sucesivamente*

Para determinar el área en el relleno sanitario se obtuvo la altura o profundidad del mismo de acuerdo a la topografía y años de proyección total.

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

(Ec. 18-3)

Donde:

A_{RS} = Área a rellenar en el relleno sanitario ($\text{m}^2/\text{año}$)

V_{RS} = Volumen anual del relleno sanitario ($\text{m}^3/\text{año}$)

h_{RS} = Altura del relleno sanitario (m).

3.3.3.2. *Área total requerida*

Se tomó en cuenta el factor establecido debido a obras complementarias en la celda para disposición de residuos sólidos.

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

(Ec. 19-3)

Donde:

A_T = Área total requerida (m²)

A_{RS} = Área a rellenar en el relleno sanitario (m²/año)

F = Factor de aumento del área adicional debido a obras complementarias que según la metodología se asume entre el 20% y 40% (Jaramillo, 2003, pp. 95).

3.3.3.3. Área total durante la vida útil del relleno sanitario

Se logró obtener el área necesaria durante la vida útil del proyecto, es decir 25 años calculados año a año con la (Ec. 19-3), donde se sumó y el resultado final se multiplicó por un factor de seguridad de 1,3 (Jaramillo, 2003, pp. 95).

$$A_{T\ v.\ u} = \frac{(A_T \times F_{seg})}{10000}$$

(Ec. 20-3)

Donde:

$A_{T\ v.\ u}$ = Área total necesaria durante la vida útil (25 años) Ha

A_T = Área total requerida cada año (m²).

F_{seg} = Factor de seguridad (1,3).

10000 = Factor de conversión a hectáreas.

3.4. Diseño de la celda diaria

Los cálculos para dimensionar la celda diaria dependió de algunos factores como lo son la producción de residuos sólidos, densidad de compactación, altura en base a la topografía, frente de trabajo y las dimensiones de la maquinaria que será necesaria para la conformación de la misma ya que está constituida por los residuos sólidos y material de cobertura (OPS "Organización Panamericana de la Salud, 2018, pp. 119-120).

3.4.1. Cálculos para el diseño

Se realizó los siguientes cálculos mediante la metodología propuesta en la Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales por: (Jaramillo, 2003, pp. 119-122):

3.4.1.1. Cantidad de Residuos sólidos a disponer

Se calculó mediante la siguiente ecuación en base a la cantidad de residuos sólidos diarios:

$$DSd_{rs} = DS_p \times \left(\frac{7}{d_{hab}}\right)$$

(Ec. 21-3)

Donde:

DSd_{rs} = Cantidad diaria de residuos sólidos en el relleno sanitario (Kg/día)

DS_p = Cantidad diaria de residuos sólidos (Kg/día)

d_{hab} = Días hábiles laborales en la semana por el GAD Municipal que en general son de 5 a 6 días o menos en un lugar con poca población por lo que se estima su valor (Jaramillo, 2003, pp. 120).

El resultado obtenido se dispuso en toneladas por lo que se realizó su conversión.

3.4.1.2. Volumen de la celda diaria

Para su cálculo se tuvo en cuenta la densidad compactada de los residuos sólidos ya que es menor que la densidad estabilizada (Jaramillo, 2003, pp. 120).

$$V_c = \left(\frac{DSd_{rs}}{\rho_{rsm}}\right) \times m.c$$

(Ec. 22-3)

Donde:

V_c = Volumen de celda diaria (m³)

DSd_{rs} = Cantidad diaria de residuos sólidos en el relleno sanitario (Kg/día)

ρ_{rsm} = Densidad compactada de los residuos sólidos (Kg/ m³) (400-500 Kg/m³).

$m.c$ = material de cobertura (0,20 a 0,25)

3.4.2. Dimensionamiento de la celda

Los datos necesarios con lo que se realizó el cálculo, son los siguientes:

3.4.2.1. Área de la celda diaria

Se estimó la altura entre 1 m o 2 m de altura y según Flintoff también se puede asumir entre un rango de 1,5 m a 2 m considerados para el diseño de un relleno sanitario manual (Jaramillo, 2003, pp. 122).

$$A_c = \frac{V_c}{h_c}$$

(Ec. 23-3)

Donde:

A_c = Área de la celda diaria (m^2)

V_c = Volumen de celda diaria (m^3)

h_c = Altura de la celda diaria (m)

3.4.2.2. Largo o avance de la celda diaria

Se tomó el valor del ancho de la celda diaria para este cálculo, el cual se fijó de acuerdo del ancho de la maquinaria a usar para la compactación de los residuos sólidos, por lo que se considera entre 3 m a 6 m (Jaramillo, 2003, pp. 122).

$$L = \frac{A_c}{a}$$

(Ec. 24-3)

Donde:

L = Largo o avance de la celda diaria (m)

A_c = Área de la celda diaria (m^2)

a = ancho de la celda diaria (m)

3.4.2.3. Ancho de la Celda diaria

Se dio una relación entre el ancho y el largo por lo que se consideró que la celda diaria dispone los residuos sólidos como un cuadrado y el ancho fue la raíz cuadrada del área de la celda diaria (Jaramillo, 2003, pp. 122).

$$L = a : \sqrt{A_c}$$

Donde:

a = ancho de la celda diaria (m)

A_C = Área de la celda diaria (m^2)

L = Largo o avance de la celda diaria (m)

Una vez se analizó las ecuaciones que se usó en el diseño de la celda diaria se realizó la memoria de cálculo con lo que se obtuvo datos proyectados durante la vida útil del proyecto.

3.5. Diseño Manejo de Aguas Lluvia

Se realizó memorias de cálculo para el diseño del canal donde se van a disponer las aguas producto de las escorrentías con el objetivo de que las mismas sean desviadas y no depositadas directamente en la celda donde se desecharan los residuos sólidos, previniendo así la producción excesiva de los lixiviados y la contaminación del ambiente.

3.5.1. Cálculo para el manejo y control de precipitaciones

Para el diseño se necesitó datos claves como el coeficiente de escorrentía, intensidad de lluvia máxima ITR, intensidad de lluvia diaria I_{dTR} , tiempo de concentración, período de retorno TR en años, los mismos que se consiguieron de la base de datos del documento Determinación de Ecuaciones para el cálculo de intensidades máximas de precipitación de la estación Bucay con código M0039 (INAMHI «Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología», 2019). El coeficiente de escorrentía se obtuvo de la tabla ubicada en el libro de Ven Te Chow Hidrología Aplicada para ser usado en el método racional según el tipo de terreno y el período de retorno en años (Ven Te Chow, 1994, pp. 510-511).

3.5.1.1. Cálculo del caudal de escorrentía

Se obtiene con la siguiente ecuación:

$$Q = C \times I \times A$$

(Ec. 26-3)

Donde:

Q = Caudal de escorrentía superficial (m^3/s)

C = Coeficiente de escurrimiento

I = Intensidad de lluvia (m/s)

A = Área de estudio (m²)

Tabla 4-3: Estación Meteorológica ubicada en el Cantón Bucay.

Código	Nombre	Latitud	Longitud	Altitud (m.s.n.m)	Serie de datos	Número de años	Institución
M0039	Bucay	707357	9756826	480	1970-2010	40	INAMHI

Fuente: (INAMHI «Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología», 2019).

Realizado por: MAZA, L. 2019.

Tabla 5-3: Intensidad de Lluvia Máxima ITR (mm/h). Estación Bucay 0039.

Período de Retorno T (años)						
T (min)	2	5	10	25	50	100
<u>5</u>	<u>117.6</u>	<u>129.3</u>	<u>138.8</u>	<u>152.5</u>	<u>163.8</u>	<u>175.9</u>
10	95.7	105.1	112.9	124.0	133.8	143.1
15	84.8	93.1	100.0	109.9	118.0	126.8
20	77.8	85.5	91.8	100.9	108.3	116.3
30	68.3	75.1	80.8	89.0	95.7	103.0
60	48.9	53.9	58.0	63.8	68.7	73.9
120	34.5	39.5	43.7	50.0	55.4	61.3
360	15.1	17.2	19.1	21.8	24.2	26.8
1440	5.3	6.1	6.7	7.7	8.5	9.4
Intensidad Máxima (mm/h)						

Fuente: (INAMHI «Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología», 2019, pp. 50).

Realizado por: MAZA, L. 2019

Tabla 6-3: Intensidad de lluvia diaria IdTR (mm/h) de la Estación Bucay 0039.

TR (Años)	<u>5</u>	10	15	20	30	60	120	360	1440
2	<u>99.26</u>	81.41	72.49	66.77	59.46	42.00	26.82	13.18	5.37
5	<u>125.90</u>	103.26	91.95	84.69	75.42	53.27	34.02	16.71	6.82
10	<u>141.80</u>	116.30	103.56	95.38	84.94	60.00	38.32	18.82	7.68
25	<u>160.27</u>	131.45	117.06	107.81	96.01	67.82	43.31	21.28	8.68
50	<u>173.38</u>	142.20	126.63	116.63	103.86	73.36	46.85	23.02	9.39
100	<u>185.84</u>	152.42	135.73	125.01	111.32	78.64	50.22	24.67	10.06

Fuente: (INAMHI «Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología», 2019, pp. 229).

Realizado por: MAZA, L. 2019

Se escogió los valores de las tablas 7-3 y 8-3 en un periodo de retorno de 25 años y un tiempo de concentración de 5 minutos.

Tabla 7-3: Coeficientes de escorrentía según el tipo de superficie.

Tipo de superficie	Período de retorno (años)						
	2	5	10	25	50	100	500
ZONAS URBANAS							
Asfalto	0,73	0,77	0,81	0,86	0,9	0,95	1,00
Cemento, tejados	0,75	0,8	0,83	0,88	0,92	0,97	1,00
Zonas verdes (céspedes, parques, etc.)							
Condición pobre (cobertura vegetal inferior al 50% de la superficie)							
Pendiente baja (0-2%)	0,32	0,34	0,37	0,4	0,44	0,47	0,58
Pendiente media (2-7%)	0,37	0,4	0,43	0,46	0,49	0,53	0,61
Pendiente alta (>7%)	0,4	0,43	0,45	0,49	0,52	0,55	0,62
Condición media (cobertura vegetal entre el 50% y el 75% del área)							
Pendiente baja (0-2%)	0,25	0,28	0,3	0,34	0,37	0,41	0,53
Pendiente media (2-7%)	0,33	0,36	0,38	0,42	0,45	0,49	0,58
Pendiente alta (>7%)	0,37	0,4	0,42	0,46	0,49	0,53	0,6
ZONAS RURALES							
Campos de cultivo							
Pendiente baja (0-2%)	0,31	0,34	0,36	0,4	0,43	0,47	0,57
Pendiente media (2-7%)	0,35	0,38	0,41	0,44	0,48	0,51	0,6
Pendiente alta (>7%)	<u>0,39</u>	<u>0,42</u>	<u>0,44</u>	<u>0,48</u>	<u>0,51</u>	<u>0,54</u>	<u>0,61</u>
Pastizales, prados, dehesas							
Pendiente baja (0-2%)	0,25	0,28	0,3	0,34	0,37	0,41	0,53
Pendiente media (2-7%)	0,33	0,36	0,38	0,42	0,45	0,49	0,58
Pendiente alta (>7%)	0,37	0,4	0,42	0,46	0,49	0,53	0,6
Bosques, montes arbolados							
Pendiente baja (0-2%)	0,22	0,25	0,28	0,31	0,35	0,39	0,48
Pendiente media (2-7%)	0,31	0,34	0,36	0,4	0,43	0,47	0,56
Pendiente alta (>7%)	0,35	0,39	0,41	0,45	0,48	0,52	0,58

Fuente: (Ven Te Chow, 1994, pp. 510-511).

Realizado por: MAZA Laura, 2019

3.5.2. Cálculo del canal para disposición de precipitaciones

Se siguió la metodología propuesta por la FAO “Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura” donde se consiguió las ecuaciones para el diseño en este caso de un canal trapezoidal por las condiciones del terreno y por la eficacia de los mismos en conducción de aguas lluvia: (FAO, 2010):

3.5.2.1. Superficie de la sección transversal (Área)

Para determinar el área se asumió la velocidad media máxima admisible del agua en canales y conducciones elevadas que se usó dependiendo del tipo de suelo del lugar del trabajo, los datos obtenidos ya establecidos según (FAO, 2010):

$$Q = V \times A$$

$$A = \frac{Q}{V}$$

(Ec. 28-3)

Donde:

A = Área sección transversal (m^2)

Q = Caudal de escorrentía superficial (m^3/s)

V = Velocidad media máxima (m/s)

3.5.2.2. Cálculo del Tirante (y_1)

Se asumió el ancho de fondo y el talud y se calcula mediante la ecuación cuadrática:

$$A = by + zy^2$$

$$0 = y^2 + by - A$$

$$y_1 = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4zA}}{2z}$$

(Ec. 29-3)

Donde:

y_1 = Tirante (m)

b = ancho de fondo del canal (m)

z = Talud

$A = \text{Área sección transversal (m}^2\text{)}$

3.5.2.3. *Perímetro mojado (P)*

$$P = b + 2y \sqrt{1 + z^2}$$

(Ec. 30-3)

Donde:

$P =$ perímetro mojado (m)

$y =$ Tirante (m)

$b =$ ancho de fondo del canal (m)

$z =$ Talud

3.5.2.4. *Radio Hidráulico (R)*

Se calculó mediante:

$$R = \frac{A}{P}$$

(Ec. 30-3)

Donde:

$R =$ Radio hidráulico (m)

$A =$ Área sección transversal (m²)

$P =$ perímetro mojado (m)

3.5.2.5. *Cálculo de la pendiente (S)*

Se tomó en cuenta el coeficiente de rugosidad del canal y se usó la ecuación de Manning que se obtuvo de la tabla donde relacionan las condiciones del caudal del agua y el tipo de terreno proporcionada por: (FAO, 2010):

$$S = \left(\frac{V \times n}{R_3^2} \right)^2$$

(Ec. 31-3)

Donde:

S = Pendiente

V = Velocidad media máxima (m/s)

R = Radio hidráulico (m)

n = Coeficiente de rugosidad o Manning

3.5.2.6. Espejo de Agua (T)

$$T = b + 2zy$$

(Ec. 32-3)

Donde:

T = Espejo de agua o anchura parte superior (m)

b = ancho de fondo del canal (m)

z = Talud

y = Tirante (m)

3.5.2.7. Velocidad del Agua Real

Se calculó según la ecuación de Manning:

$$V = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}}$$

(Ec. 33-3)

Donde:

V = Velocidad del agua real (m/s)

n = Coeficiente de rugosidad o Manning

R = Radio hidráulico (m)

S = Pendiente

Se comprobó los datos obtenidos para el diseño del canal trapezoidal y se llevó datos como el caudal, ancho de solera, talud, coeficiente de rugosidad y pendiente obtenidos mediante las ecuaciones proporcionadas por la FAO “Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura” al programa H-CANALES.

3.6. Sistema de Drenaje de Lixiviados

Se planteó un drenaje tipo Dren Francés con el objetivo de captar y transportar lixiviados, mediante zanjas a manera de canaletas de forma cuadrada rellenas de material filtrante, mediante tubería perforada que forma parte del sistema de drenes transversales y longitudinales dispuestos a manera de espina de pescado (Soto, 2013, pp. 64-65), para lo cual, se realizó los siguientes cálculos:

3.6.1. Cálculo del Caudal

Para estimar el caudal de lixiviados, se usó el método Suizo, que relaciona la humedad de los residuos y la precipitación media anual en el lugar de estudio, por medio de la siguiente ecuación, según: (Pesántes et al. 2018, pp. 236-237):

$$Q = \frac{1 \times P \times A \times K}{t}$$

(Ec. 34-3)

Donde:

Q = Caudal de lixiviados en (L/mes)

P = Precipitación máxima mensual (mm/mes)

A = Área superficial del terreno (m²)

K = Coeficiente de compactación de la basura

t = Número de segundos en un año (s/año).

Según (OPS "Organización Panamericana de la Salud, 2018, pp. 115-116), se considera un coeficiente de compactación de basura de 0,25 a 0,50 para rellenos débilmente compactados con peso específico de 0,4 a 0,7 tn/m³, o de 0,15 a 0,25 para rellenos fuertemente compactados con peso específico menor a 0,7 tn/m³.

3.6.2. Producción de lixiviado

Se aplicó el método de balance hídrico que expresa la igualdad entre el agua que ingresa que sale y que se almacena en el relleno mediante la siguiente ecuación: (MMAyA et al. 2012, pp. 96-97):

$$C = P(1 - Ces) - S - Etp$$

(Ec. 35-3)

Donde:

C = Percolación total en la base del suelo (mm)

P = Precipitación promedio anual (mm/año)

Ces = Coeficiente de escorrentía

S = Almacenamiento del agua dentro del suelo (mm)

Etp = Evapotranspiración promedio anual (mm).

El coeficiente de escorrentía se estableció de acuerdo al tipo de superficie según la tabla 9-3, la precipitación medio anual de la tabla 1-3 y suponiendo que los componentes del suelo han alcanzado una máxima capacidad de campo, el almacenamiento en el suelo es 0 mm.

3.6.2.1. Cálculo de la Evapotranspiración

Se estimó mediante el método de Thornthwaite, para lo que se realizó cálculos adicionales como la duración del día en base a la temperatura y la función compleja del mismo, según: (Montaner & Sánchez, 1988, pp. 225-226):

$$Etp = 16 \times \frac{1}{12} \times \frac{N}{30} \times \left(\frac{10T}{I}\right)^{\alpha}$$

(Ec. 36-3)

Donde:

Etp = Evapotranspiración promedio anual (mm)

T = Temperatura media mínima (°C)

N = Número de días en un mes

I = Duración del día en horas (10,8)

α = Función compleja de I .

$$\alpha = (675 \times 10^{-9} \times I^3) - (771 \times 10^{-7} \times I^2) + (1,972 \times 10^{-5} \times I) + 0,49239$$

(Ec. 37-3)

Donde:

α = Función compleja de I

I = Duración del día en horas.

$$I = \left(\frac{T}{5}\right)^{1,514}$$

(Ec. 38-3)

Donde:

I = Duración del día en horas

T = Temperatura media mínima (°C).

3.6.3. Velocidad del frente de humedad

(Flores & Guerrero, 2017, pp. 104-105), consideran la velocidad del frente de humedad, donde se relacionó la capacidad de campo y la percolación total de los lixiviados en la capa del suelo:

$$V_h = \frac{C}{S_{cp}}$$

(Ec. 39-3)

Donde:

V_h = Velocidad del frente de humedad (m/año)

C = Percolación total en la base del suelo (mm/año)

S_{cp} = Capacidad de campo (mm).

3.6.4. Tiempo para que los lixiviados lleguen al fondo

$$t_1 = \frac{h_c}{V_h}$$

(Ec. 40-3)

Donde:

t_1 = Tiempo para que los lixiviados lleguen al fondo (años)

h_c = Altura de las plataformas que conforman la celda (m)

V_h = Velocidad del frente de humedad.

3.6.5. Volumen del lixiviado

La (OPS "Organización Panamericana de la Salud, 2018, pp. 115-116), propone el cálculo del volumen del lixiviado mediante la siguiente ecuación:

$$V = Q \times t$$

(Ec. 41-3)

Donde:

V = Volumen del lixiviado que será almacenado (L)

Q = Caudal de lixiviados en (L/mes)

t = Número de meses máximo con lluvia (mes).

3.6.6. Área del pozo del lixiviado

$$A = \frac{V}{h}$$

(Ec. 42-3)

Donde:

A = Área del pozo de almacenamiento temporal de lixiviado (m²)

V = Volumen del lixiviado que será almacenado (m³)

h = Altura del pozo del lixiviado (m)

3.6.7. Sistema de Drenaje de Lixiviado

Para el dimensionamiento de los drenes principales a manera de espina de pescado, se usó el método de Wilkins que considera la pendiente con medio granular en su interior y la ecuación de Manning según: (Flores y Guerrero 2017, pp. 104-105):

3.6.7.1. Velocidad media de percolación

$$V = 52,45P \times Rh^{0,5} \times J^{0,25}$$

(Ec. 43-3)

Donde:

V = Velocidad media de percolación (cm/s)

P = Porosidad del medio granular (cm)

Rh = Radio hidráulico granular (cm)

J = Pendiente del dren (m/m)

3.6.7.2. Radio hidráulico granular

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

(Ec. 44-3)

Donde:

Rh = Radio hidráulico granular (cm)

D_s = Diámetro equivalente del material granular (cm)

P = Porosidad del medio granular (cm)

3.6.7.3. Sección del dren

$$S' = f \times \frac{Q}{V}$$

(Ec. 45-3)

Donde:

S' = Sección del dren (m²)

f = Factor de seguridad de la sección del dren

Q = Caudal de lixiviado (m³/s)

V = Velocidad media del lixiviado (cm/s)

3.7. Cálculo de generación de Biogás

Para obtener el cálculo proyectado de generación de biogás, se usó el método de aproximación simple, el cual, se nutre de conocimientos de expertos en el área que establecen que por cada libra de basura se generan 0,05 a 0,20 pies cúbicos de gas, y es usado en proyecciones a largo plazo ya que solo requiere saber la cantidad de toneladas de basura generados al año, razón por la cual, es recomendado por la EPA “Environmental Protection Agency” mediante la ecuación, según: (Colmenares & Santos, 2007, pp. 14-15):

$$GAB = 0,10 \frac{ft^3}{lb} \times 2000 \frac{lb}{Tn} \times CBD Tn$$

(Ec. 46-3)

Donde:

GAB = Generación Anual de Biogás (ft³)

CBD = Cantidad de Basura Depositada (Tn).

3.8. Elaboración de Planos

3.8.1. Selección del método

Mediante la Guía para la Implementación, Operación y Cierre de Rellenos Sanitarios, según (ANESAPA, 2014, p. 30), se especificó los términos de selección del método de trabajo en base a la realidad del terreno donde se empleó el diseño de la celda diaria, detallado a continuación:

Tabla 8-3: Selección del método de trabajo.

Prioridad	Características del Sitio	Primicias de Selección	Métodos Recomendados
1	Condiciones topográficas	Áreas planas o llanuras	Método de Área o Trinchera
		Área con pendientes hasta 12°	Método de Área o Trinchera
		Áreas con pendientes mayores a los 12°	Método de Trinchera
		Depresiones naturales o artificiales	Método de Área
2	Profundidad de la capa freática	Profundidad >6 metros	Método de Trinchera
		Profundidad <6 metros	Método de Área
3	Permeabilidad de los suelos	$K < a 10^{-6}$ cm/seg	Método de Trinchera
		$K > a 10^{-6}$ cm/seg	Método de Área
4	Disponibilidad de banco de préstamo para cobertura	Existe disponibilidad de material	Método de Área
		Existe material de cobertura en sitios cercanos	Método de Área
		No existe material de cobertura	Método de Trinchera

Fuente: (ANESAPA, 2014, p. 30).

Realizado por: MAZA Laura, 2019

3.8.2. Especificaciones técnicas

Se detalló las especificaciones técnicas en base a los datos obtenidos, mediante la implementación de las ecuaciones planteadas previamente y en base a la guía para la implementación, operación y cierre de rellenos sanitarios según (Roben, 2002, pp. 21-36), los cuales se aplicaron a cada plano, que en conjunto conforma la celda diaria para la disposición final de los residuos sólidos y se diseñó en los planos en el software AutoCAD Civil 3D.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Zona de estudio

Se realizó el levantamiento de información, planimetría y diagnóstico ambiental del nuevo lugar para la disposición final en el cantón Bucay, detallado a continuación:

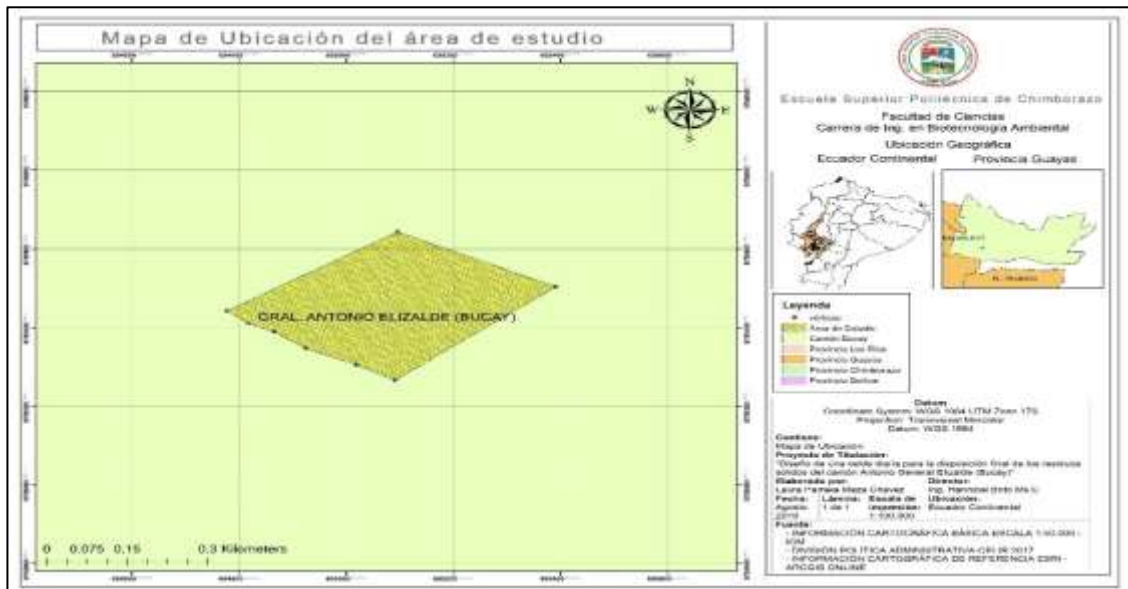


Figura 1-4. Zona de construcción en el Cantón General Antonio Elizalde Bucay.

Realizado por: MAZA, L. 2019.

El área destinada para la disposición final es de 117412.06 m², el cual está ubicado en el recinto San Pedro, elegido por estar a una distancia considerable desde el cantón y es parte de terrenos Municipales. El mismo está limitado por propietarios que no hacen uso de los terrenos y estos están abandonados por lo que no se consideró un gran impacto ambiental en la zona, adicional a esto, está cerca de una vía de acceso por lo que se consideró una ventaja en el transporte de residuos sólidos a la zona de disposición final.

Tabla 1-4: Planimetría, coordenadas de construcción ubicación San Pedro.

Vértice	Lado	Distancia	Angulo	Este	Norte
p1	P1-P2	377,22	289°55'46''	694776,492	9759442,127
p2	P2-P3	326,71	237°28'54''	695095,657	9759643,191
p3	P3-P4	382,84	296°20'39''	695391,095	9759503,714

p4	P4-P5	82,92	246°43'23''	695091,000	9759266,000
p5	P5-P6	102,58	175°37'47''	695018,018	9759305,362
p6	P6-P7	73,09	191°22'14''	694924,279	9759347,036
p7	P7-P8	52,15	168°45'5''	694864,656	9759389,313
p8	P8-P1	51,37	193°46'12''	694817,046	9759410,601

Fuente: Municipalidad del Cantón General Antonio Elizalde Bucay, 2019.

Realizado por: MAZA, L. 2019.

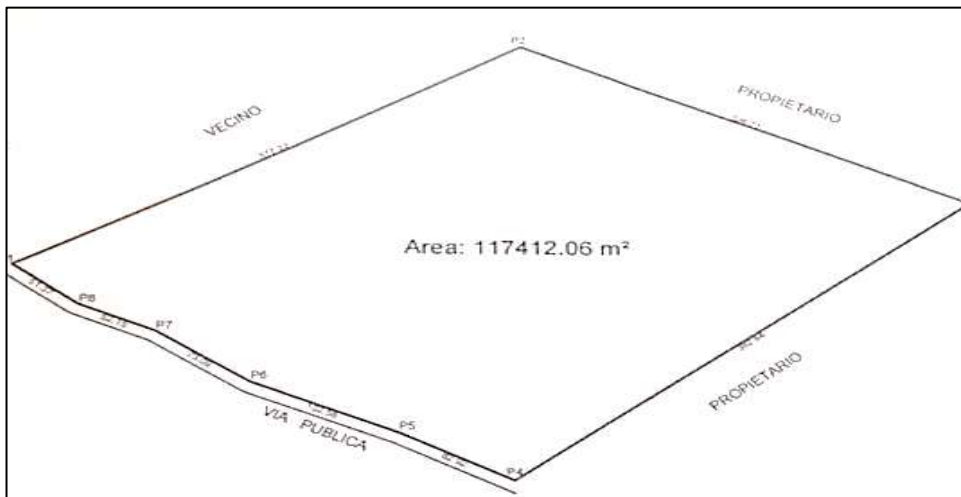


Figura 2-4. Limitación del área de construcción del relleno sanitario.

Realizado por: MAZA, L. 2019.

4.2. Cálculos para la obtención de la PPC

4.2.1. Tamaño de la muestra

Para obtener el radio para el análisis de encuestas en el cantón Bucay, se tomó en cuenta los siguientes datos:

Tabla 2-4: Datos tamaño de muestra-encuestas.

Tamaño de la población (N)	10642 Habitantes
Nivel de confianza (Z)	95% (1,96)
Probabilidad de éxito (p)	50% (0,5)
Probabilidad de fracaso (q)	50% (0,5)
Error máximo admisible (d)	6,1% (0,61)

Realizado por: MAZA, L. 2019.

$$n = \frac{N \times Z^2 \times p \times q}{d^2 \times (N - 1) + Z^2 \times p \times q}$$

$$n = \frac{10642 \times 1,96^2 \times 0,5 \times 0,5}{0,061^2 \times (10642 - 1) + 1,96^2 \times 0,5 \times 0,5}$$

$$n = 262,42 \cong 262 \text{ Encuestas.}$$

4.2.2. Selección de viviendas a muestrear

Se realizó una planificación conjunta con las autoridades de la municipalidad del cantón, razón por la cual, se seleccionó viviendas de manera aleatoria en las diferentes zonas por donde actualmente se presta el servicio de recolección de residuos sólidos urbanos. En total se escogió 15 zonas codificadas como cuadras, de las cuales se eligió viviendas al azar y de acuerdo con la colaboración de las personas, se realizó el muestreo semanal, de igual manera se efectuaron las encuestas, las que se detallan a continuación:

Tabla 3-4: Distribución de encuestas y viviendas a muestrear.

Codificación	Nombres de las calles principales (bloques)	Número de Encuestas	Número de Viviendas (muestreo)
C1	Avenida Mayor Raúl Banderas, Ambato, Calle 11 y Río Chimbo.	12	5
C2	Avenida Mayor Raúl Banderas, Las Peas Velazco Ibarra, Ambato y Río Chimbo.	19	5
C3	Avenida Mayor Raúl Banderas, Eloy Alfaro, Ambato y Río Chimbo.	17	1
C4	Avenida García Moreno, Eloy Alfaro, Caridi Catani y Malecón Enrique Valdéz.	14	1
C5	Avenida García Moreno, 16 de julio, Caridi Catani y Malecón Enrique Valdéz.	11	2
C6	Avenida García Moreno, Santo Eduardo seis, 16 de Julio y Malecón Enrique Valdéz.	12	4
C7	Avenida García Moreno, Riobamba, Santo Eduardo seis y Malecón Enrique Valdéz.	14	2
C8	Avenida García Moreno, Santo Eduardo seis, Esmeralda 18 y Malecón Enrique Valdéz.	16	8
C9	Avenida García Moreno, Zamora, Calle 18 y Malecón Enrique Valdéz.	13	3

C10	Babahoyo, Calle A-2, Santo Eduardo Seis, y Centenario Gando.	25	12
C11	Avenida García Moreno, Santo Eduardo Seis, Tena y Paquisha.	23	5
C12	Avenida García Moreno, Calle 20, Babahoyo y Paquisha.	15	1
C13	Avenida García Moreno, Santo Eduardo Seis, Paquisha y 19 de Agosto.	28	49
C14	Avenida Eloy Alfaro, 19 de Agosto, Paquisha y 17 de Septiembre.	25	29
C15	Avenida Paquisha, centenario gando, 19 de agosto.	18	12

Realizado por: MAZA, L. 2019.



Figura 3-4. Distribución de las encuestas y viviendas a muestrear.

Realizado por: MAZA, L. 2019.

4.2.3. *Análisis de encuestas*

Una vez se realizó las encuestas se tabuló los resultados en Excel.

La encuesta constó de una serie de preguntas con el objetivo de analizar la situación actual de la gestión integral que se le da a los residuos sólidos generados por la población del cantón Bucay, distribuidas de manera aleatoria en su territorio, las cuales son concisas y son analizadas a continuación:

4.2.3.1. *¿Ha adoptado el GAD municipal una política oficial para reducir la generación residuos sólidos y mejorar la gestión de los mismos?*

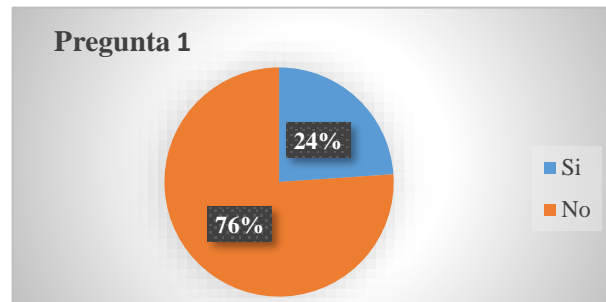


Gráfico 1-4: Porcentaje de respuesta pregunta 1.

Realizado por: MAZA, L. 2019

Del total de personas encuestadas, se observó que el 76% desconoce que existe una política oficial para mejorar el manejo de gestión integral de los residuos sólidos, mientras que solo un 24% conoce que existan normas empleadas por el GAD Municipal.

4.2.3.2. *¿Existe algún cuerpo coordinador o agencia responsable de supervisar la implementación de políticas oficiales para la mejora del Manejo de Residuos Sólidos a nivel Municipal?*

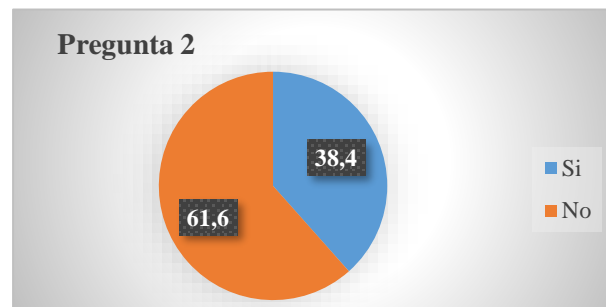


Gráfico 2-4: Porcentaje de respuesta pregunta 2.

Realizado por: MAZA, L. 2019.

De acuerdo a la información que se obtuvo, el 61,6% de los encuestados conocen que existe una agencia encargada de manejo y control de los residuos sólidos generados, mientras el 38,4% lo desconoce, sin embargo manifestaron que no están al tanto de las políticas que emplea la agencia de la mancomunidad a cargo.

4.2.3.3. *En cuanto a la disposición final de los desechos peligrosos, ¿son preparados o aislados de los otros residuos urbanos?*

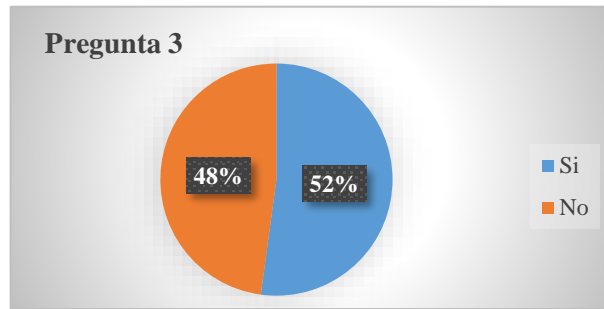


Gráfico 3-4: Porcentaje de respuesta pregunta 3.

Realizado por: MAZA, L. 2019.

El 52% desconoce que se realice un tratamiento a los residuos sólidos peligrosos en la etapa de disposición final, sin embargo el personal que labora en el relleno sanitario supo manifestar que separan los desechos peligrosos del total de residuos sólidos en la clasificadora antes de ser compactados, y son enviados a otro lugar ya que no existen una gran generación de los mismos, en cambio el 48% de los encuestados conoce el procedimiento realizado.

4.2.3.4. *¿Existen medios utilizados para educar y concientizar al público con relación a la política de las "tres erres" (reducir, reutilizar, reciclar) los residuos?*

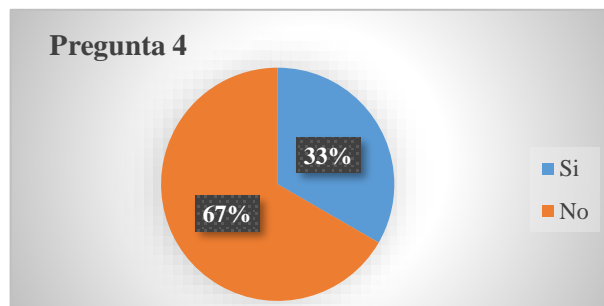


Gráfico 4-4: Porcentaje de respuesta pregunta 4.

Realizado por: MAZA, L. 2019.

La población encuestada en un 67% supo manifestar que ni el municipio ni la agencia encargada de la gestión integral de los residuos sólidos, dan a conocer el procedimiento que realizan y sus limitaciones, sin embargo, el 33% conoce la política gracias a sus hijos y la educación que reciben en sus centros educativos de formación académica.

4.2.3.5. *¿Existen Cooperativas de Recuperadores Informales de Residuos en el municipio?*

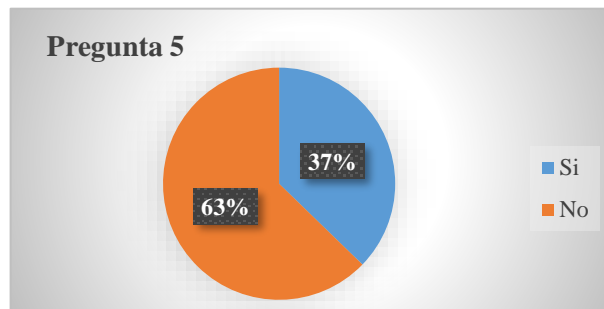


Gráfico 5-4: Porcentaje de respuesta pregunta 5.

Realizado por: MAZA, L. 2019.

El 63% da a conocer que no existen cooperativas a cargo de la municipalidad que tengan relación con los recolectores informales, mientras que el 37% opina lo contrario, debido a que observó que existen personas que recolectan residuos reciclables de las calles, comúnmente llamados “chamberos”. Cabe destacar que en el centro de disposición final no se observó la presencia de alguien particular aparte de los trabajadores del lugar.

4.2.3.6. *¿Tiene vehículo propio?*

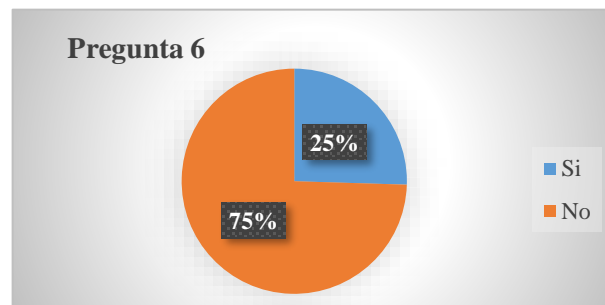


Gráfico 6-4: Porcentaje de respuesta pregunta 6.

Realizado por: MAZA, L. 2019.

Se examinó que el 75% del total de los encuestados, no cuentan con un vehículo propio, mientras que el 25% tiene la posibilidad de tener un vehículo en que movilizarse.

4.2.3.7. ¿Cuántas personas viven en esta casa?

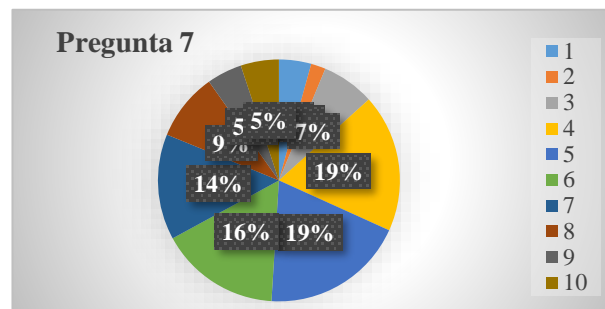


Gráfico 7-4: Porcentaje de respuesta pregunta 7.

Realizado por: MAZA, L. 2019.

Del total de las personas encuestadas se obtuvo que el 4,3% viven solos, 2% en pareja, 7,1% entre 3 personas, 18,4% 4 personas, 19,2% 5 personas, 16,1% 6 personas, 14,1% 7 personas, 9% 8 personas, 4,7% 9 personas y el 5,1% familias de 10 personas, por lo tanto, se obtiene que la mayor parte de la población convive en un promedio de 5 personas.

4.2.3.8. ¿Estás de acuerdo con el servicio de recolección de la basura?

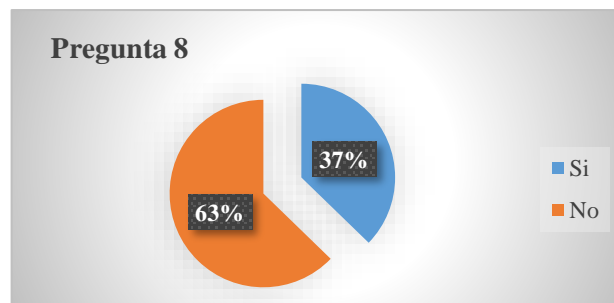


Gráfico 8-4: Porcentaje de respuesta pregunta 8.

Realizado por: MAZA, L. 2019.

El 63% de los encuestados está de acuerdo con el servicio de recolección de basura, mientras que el 37% opinó lo contrario.

4.2.3.9. ¿Estás de acuerdo con el pago de la tasa de recolección de basura?

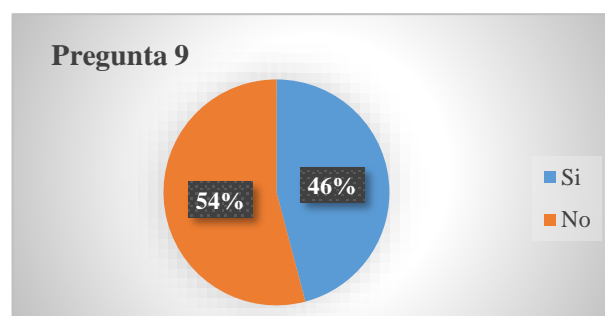


Gráfico 9-4: Porcentaje de respuesta pregunta 9.

Realizado por: MAZA, L. 2019.

En base a los datos obtenidos, se analizó que el 54% de la población está de acuerdo con el aporte que se realiza para que se dé el sistema de gestión integral de residuos sólidos mensualmente, mientras que, el 46% no está de acuerdo y comentan que ni siquiera tienen conocimiento que se paga una tasa mensual por el servicio.

4.2.3.10. ¿Qué cantidad de basura genera en su hogar?

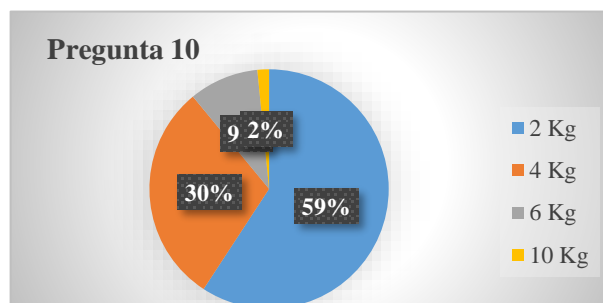


Gráfico 10-4: Porcentaje de respuesta pregunta 10.
Realizado por: MAZA, L. 2019.

El 59% de encuestados, adicióno que al día aproximadamente producen 2 kg de residuos, el 29,8% 4 kg, 9,4% 6 kg, y el 1,6% 10 kg, indicando que la encuesta fue individual y no cuenta la totalidad de kg producidos por todos los integrantes de la familia.

4.2.3.11. ¿Estaría de acuerdo a clasificar los residuos sólidos?

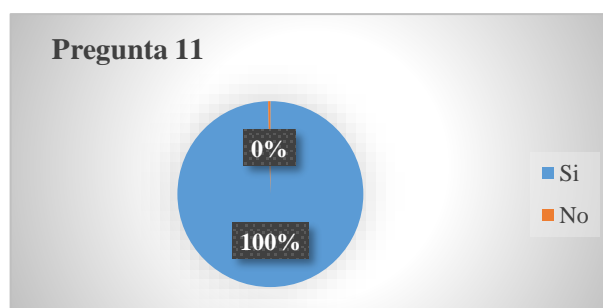


Gráfico 11-4: Porcentaje de respuesta pregunta 11.
Realizado por: MAZA, L. 2019.

El 100% de las personas encuestadas están de acuerdo con clasificar los residuos sólidos, pero adicionaron que tanto la agencia a cargo del manejo de residuos como la municipalidad debe realizar capacitaciones sobre el tema.

4.2.3.12. ¿Qué tipo de basura genera?

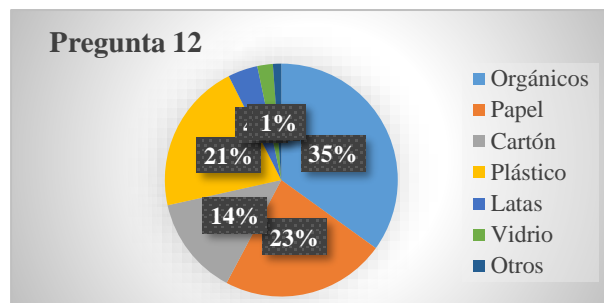


Gráfico 12-4: Porcentaje de respuesta pregunta 12.

Realizado por: MAZA, L. 2019.

Del 100% de los encuestados, se obtiene que el 34,9% genera residuos de origen orgánico, el 22,8% papel, 13,7% cartón, 21% plástico, 4,1% latas, 2,2% vidrio y 1,2% de otros residuos, como textiles. Datos que concuerdan en relación con la caracterización de residuos, realizados mediante muestreo en la población del cantón Bucay.

4.2.3.13. ¿Cuánto cree que debería pagar mensualmente por la recolección de residuos sólidos?

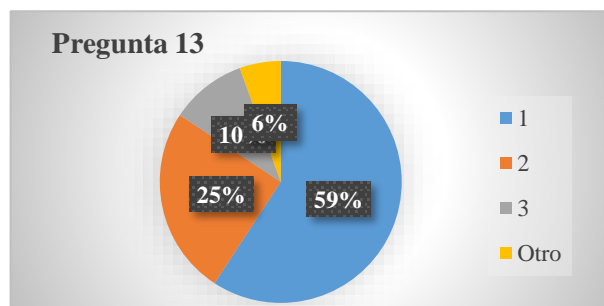


Gráfico 13-4: Porcentaje de respuesta pregunta 12.

Realizado por: MAZA, L. 2019.

El 59,2% de los encuestados manifestó que aportaría 1 dólar mensualmente por la recolección de residuos sólidos, el 25,1% 2 dólares, el 10,2% 3 dólares y el 5,5% aportó que no aportarían con estas cantidades ya que actualmente contribuyen con un porcentaje y no se da un servicio de calidad.

4.2.4. Proyección de la población de estudio

Se usó los datos obtenidos del INEC (Instituto Nacional de Estadística y Censo), para lo cual se obtuvo los siguientes resultados:

Tabla 4-4: Datos proyección demográfica.

Población actual (Pa)	10642 Habitantes
Tasa de crecimiento poblacional (r)	1.95%
Años proyectados (n)	25 años (2020-2045)

Fuente: (INEC, 2010).

Realizado por: MAZA, L. 2019

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

$$Pf = 106042 \text{ hab} \left(1 + \frac{1,95}{100}\right)^{25}$$

$$Pf = 17247 \text{ Habitantes}$$

Se analizó que para el año 2045 la población del cantón Bucay será de 17247 habitantes. Al tomar en cuenta la tasa de crecimiento poblacional 1,95% se realizó un análisis detallado del crecimiento de la población a continuación:

Tabla 5-4: Proyección de la población Cantón Bucay.

Año	Población	Año	Población	Año	Población	Año	Población	Año	Población
2020	10642	2026	11949	2032	13417	2038	15066	2044	16917
2021	10850	2027	12182	2033	13679	2039	15360	2045	17247
2022	11061	2028	12420	2034	13946	2040	15659		
2023	11277	2029	12662	2035	14218	2041	15964		
2024	11497	2030	12909	2036	14495	2042	16276		
2025	11721	2031	13161	2037	14778	2043	16593		

Realizado por: MAZA, L. 2019

4.2.5. Cálculo de la producción per cápita (PPC)

Se presentó datos obtenidos durante 8 días consecutivos en el Anexo A, descartando el primer día para el cálculo final, una vez elegidas las viviendas como se muestra en la tabla 11-4, se obtuvo los siguientes resultados:

Tabla 6-4: Pesos totales de residuos sólidos promediados.

Cuadras	Kg/día	Cuadras	Kg/día	Cuadras	Kg/día
C1	36,8	C6	36,8	C11	41,4

C2	49,3	C7	16	C12	7,7
C3	7,9	C8	67,7	C13	406,3
C4	13,5	C9	29,2	C14	258,2
C5	20,3	C10	108	C15	93,3
			TOTAL	1192,61	

Realizado por: MAZA, L. 2019.

Tabla 7-4: Datos producción per capital (muestreo).

Peso total de residuos (Wt)	1192,61 kg/día
Número de habitantes en viviendas (Nt)	2570 habitantes

Realizado por: MAZA, L. 2019.

$$PPC = \frac{Wt}{Nt}$$

$$PPC = \frac{1192,61 \text{ kg/día}}{2570 \text{ hab}}$$

$$PPC = 0,46 \frac{\text{kg}}{\text{hab}}/\text{día}$$

Se calculó una PPC de 0,46 kg/hab/día, donde según (Roben, 2002, p. 6), aquí en el Ecuador, se estima una PPC de 0,5 a 0,6 kg/hab/día en la zona urbana, y de 0,4 a 0,5 en zonas rurales, sin embargo en datos más actualizados, en el boletín técnico de gestión de residuos sólidos presentado por él AME “Asociación de Municipalidades del Ecuador” ante el Instituto Nacional de Estadística y Censo, en las zonas urbanas produce un promedio de 0,58 kg/hab/día (INEC, 2018, p. 10).

Tabla 8-4: Proyección anual de producción per capital (PPC).

Año	PPC kg/hab/día	Año	PPC kg/hab/día	Año	PPC kg/hab/día	Año	PPC kg/hab/día	Año	PPC kg/hab/día
2020	0,46	2026	0,49	2032	0,52	2038	0,55	2044	0,58
2021	0,46	2027	0,49	2033	0,52	2039	0,55	2045	0,59
2022	0,47	2028	0,50	2034	0,53	2040	0,56		
2023	0,47	2029	0,50	2035	0,53	2041	0,56		
2024	0,48	2030	0,51	2036	0,54	2042	0,57		

2025	0,48	2031	0,51	2037	0,54	2043	0,58		
------	------	------	------	------	------	------	------	--	--

Realizado por: MAZA, L. 2019.

Como se visualiza en la tabla 8, cada año se toma en cuenta un crecimiento anual del 1,01%, por lo que se rescata que la producción per capital se mantiene casi constante, como lo menciona (MMAyA, VAPSB y DGGIRS, 2012, p. 19), en su guía para el diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de rellenos sanitarios.

4.2.6. Densidad de los residuos sólidos

Para obtener la densidad compactada, suelta y estabilizada, se calculó el volumen del tacho, donde se realizó el pesaje de los residuos y se obtuvo lo siguiente:

Tabla 9-4: Datos para el cálculo del volumen.

Diámetro (D)	63 cm - 0,63 m	Radio
Altura (h)	78 cm - 0,78 m	r= D/2
Peso	10 kg	r= 0,63 m
Pi (π)	3,141592654	r= 0,315 m

Realizado por: MAZA, L. 2019.

$$V = \pi \times r^2 \times h$$

$$V = 3,141592654 \times (0,315m)^2 \times 0,78 m$$

$$V = 0,2431 m^3$$

Para adquirir facilidad para el cálculo de las densidades, se efectuó el pesaje combinando las cuadras, es decir, el pesaje de los residuos de dos cuadras o tres en un mismo tacho, tomando en cuenta las alturas, como se analiza en el Anexo B. En base a las memorias de cálculo realizadas en Excel se obtiene:

$$\rho = \frac{Wt}{V}$$

$$\rho = \frac{74 kg}{0,2431m^3}$$

$$\rho = 0,3043 kg/m^3$$

Tabla 10-4: Cálculo de la Densidad sin compactar.

Cuadras	Peso (Kg)	Peso Total (Kg)	Volumen (m ³)	Densidad (kg/m ³)	Densidad (Tn/m ³)
C1-C3	42	74	0,2431	304,3450	0,3043
	32				
C4-C5	23	57	0,2431	234,4279	0,2344
	34				
C6-C7	29	96	0,2431	394,8259	0,3948
	35				
	32				
C8-C9-C10	28	91	0,2431	374,2621	0,3743
	29				
	34				
C11	25	57	0,2431	234,4279	0,2344
	32				
C12	30	56	0,2431	230,3151	0,2303
	26				
C13	35	124	0,2431	509,9835	0,5100
	28				
	32				
	29				
	41	117	0,2431	481,1941	0,4812
	34				
	42				
	36	66	0,2431	271,4428	0,2714
	30				
	92	92	0,2431	378,3748	0,3784
59	59	0,2431	242,6534	0,2427	
C14	30	89	0,2431	366,0365	0,3660
	31				
	28				
	31	81	0,2431	333,1344	0,3331
	50				
	32	74	0,2431	304,3450	0,3043
42					
C15	60	60	0,2431	246,7662	0,2468
DENSIDAD TOTAL				327,102	0,3271

Realizado por: MAZA, L. 2019.

Según la (OPS "Organización Panamericana de la Salud", 2018, p. 7-8), el valor promedio de la densidad sin compactar esta entre 200 a 300 kg/m³, por lo que, se corrobora que guarda relación con los datos obtenidos en el muestreo, con una densidad de 327,102 kg/m³.

Para el cálculo de la densidad compactada, el volumen varía, debido a que se usó la diferencia de alturas, entre la altura del tacho y la altura que alcanzó los residuos en el recipiente, para lo cual se aplicó:

Tabla 11-4: Cálculo de la Densidad Compactada

Cuadras	Peso Total (Kg)	Altura (z ₁) cm	Altura (z ₁) m	Volumen (m ³)	Densidad (Kg/m ³)	Densidad (Tn/m ³)
C1-C3	115	74	0,74	0,2307	498,5344	0,4985
C4-C5	86	60	0,60	0,1870	459,8077	0,4598
C6-C7	120	77	0,77	0,2400	499,9419	0,4999
C8-C9-C10	98	76	0,76	0,2369	413,6581	0,4136
C11	80	68	0,68	0,2120	377,4071	0,3774
C12	94	65	0,65	0,2026	463,9204	0,4639
C13	154	77	0,77	0,2400	641,5921	0,6415
	158	75	0,75	0,2338	675,8104	0,6758
	107	70	0,70	0,2182	490,3597	0,4903
	127	78	0,78	0,2431	522,3218	0,5223
	120	43	0,43	0,1340	279,0698	0,2790
C14	130	70	0,70	0,2182	185,7143	0,1857
	125	74	0,74	0,2307	541,8852	0,5418
	115	76	0,76	0,2369	485,4151	0,4854
C15	101	76	0,76	0,2369	426,3211	0,4263
DENSIDAD TOTAL					464,1173	0,4641

Realizado por: MAZA, L. 2019.

El valor promedio de la densidad compactada esta entre 400 a 500 kg/m³, según la (OPS "Organización Panamericana de la Salud", 2018, p. 7-8), y según los resultados se analizó una densidad promedio de 464,117 kg/m³, resultado que se considera dentro del rango.

Tabla 12-4: Cálculo de la Densidad Estabilizada.

Cuadras	Peso Total (Kg)	Altura (z ₂) cm	Altura (z ₂) m	Volumen (m ³)	Densidad (Kg/m ³)	Densidad (Tn/m ³)
C1-C3	98	47	0,47	0,1465	668,8939	0,6688
C4-C5	77	45	0,45	0,1403	548,9177	0,5489
C6-C7	86	52	0,52	0,1621	530,5473	0,5305
C8-C9-C10	111	38	0,38	0,1185	937,0622	0,9370
C11	78	47	0,47	0,1465	532,3849	0,5323
C12	77	52	0,52	0,1621	475,0249	0,4750

C13	125	51	0,51	0,1590	786,2648	0,7862
	127	51	0,51	0,1590	798,8451	0,7988
	86	48	0,48	0,1496	574,7596	0,5747
	98	61	0,61	0,1902	515,3773	0,5153
	79	27	0,27	0,0842	292,5926	0,2925
C14	109	41	0,41	0,1278	265,8537	0,2658
	101	43	0,43	0,1340	753,4977	0,7534
	84	38	0,38	0,1185	709,1281	0,7091
C15	83	46	0,46	0,1434	578,8277	0,5788
DENSIDAD TOTAL					597,8652	0,5978

Realizado por: MAZA, L. 2019.

Una vez que se compactó los residuos con la ejecución de una fuerza sobre los mismos, se estabilizó y adquirió una nueva altura, con la que se obtuvo una densidad estabilizada de 597,8652 kg/m³, que está dentro del rango que se considera un rango óptimo, el cual es, 500 – 600 kg/m³ (OPS "Organización Panamericana de la Salud", 2018, pp. 7-8).

4.2.7. Composición física de los residuos sólidos

Los datos obtenidos de los pesajes del muestreo realizado, se adiciono a una tabla de Excel, donde se tomó en cuenta el método del cuarteo para su cálculo, y se obtuvo los siguientes resultados:

$$P_s = \left(\frac{PL}{PT} \right) \times 100$$

$$P_s = \left(\frac{160}{2480} \right) \times 100$$

$$P_s = 6,45\%$$

Tabla 13-4: Caracterización de residuos sólidos.

Cuadra	Residuo	Peso cuarteo (Kg)	Peso Total (Kg)	Peso Total Suma(Kg)	Composición porcentual %
CT	Cartón y papel	2	32	160	6,45
		4	64		
		2	32		
		2	32		
	Plástico	20	320	560	22,58
		15	240		
	Latas	3	48	48	1,94
	Vidrio	5,2	83,2	83,2	3,35
	Orgánico	48	768	1622,4	64,5
		23	368		

		30	480		
	Infeccioso	0,40	6,4	6,4	0,26
	Textil	0,4	6,4	6,4	0,26
			TOTAL	2480	100%

Realizado por: MAZA, L. 2019.

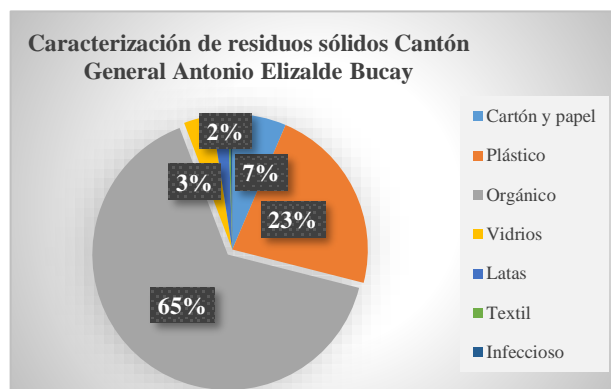


Gráfico 14-4: Composición física - residuos sólidos.
Realizado por: MAZA, L. 2019.

Con base a los resultados obtenidos se puede apreciar, que el 64,5% de los residuos sólidos son orgánicos, el 22,58% son plásticos, 6,45% cartón y papel, 3,35% vidrio, 1,94% latas, 0,26% textil e infeccioso respectivamente, por lo que se analizó que el 34,84% son residuos de origen inorgánico. Según el Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC, 2017, p. 13), en el informe de gestión de residuos sólidos presentado por los GAD Municipales AME, en el Ecuador se estima que el 66% de residuos producidos son de origen orgánico, mientras que el 35% son de origen inorgánico. Hay que resaltar que los datos expuestos guardan relación con los resultados obtenidos en el muestreo realizado.

4.3. Diseño de la celda emergente

4.3.1. Generación total de residuos sólidos.

4.3.1.2. Producción per cápita (PPC)

Tabla 14-4: Datos para el cálculo de la producción per cápita (PPC).

Residuos sólidos recolectados en una semana (DSr).	32400 Kg/sem
Población actual (Pob).	10642 hab
Cobertura de servicio de recolección.	95%

Realizado por: MAZA, L. 2019.

$$PPC = \frac{DSr \text{ en una semana}}{Pob \times 7 \times \frac{Cob}{100}}$$

$$PPC = \frac{324000 \frac{Kg}{sem}}{10642 \text{ hab} \times \frac{7 \text{ días}}{sem} \times \frac{95\%}{100}}$$

$$PPC = 0,46 \frac{Kg}{hab} / día$$

En base a la metodología y memorias de cálculo, se calculó nuevamente la producción per cápita pero se usó el peso en kilogramos de los residuos sólidos que llegan al relleno sanitario actual del cantón Bucay, dato que se obtuvo por la mancomunidad a cargo de la gestión integral de sus residuos, el cual fue de 3240000 kg/sem.

4.3.1.3. Producción diaria de residuos sólidos (DSd)

$$DSd = Pob \times PPC$$

$$DSd = 10624 \text{ hab} \times 0,46 \frac{Kg}{hab} / día$$

$$DSd = 4872,18 \text{ Kg/día}$$

4.3.1.4. Producción anual de residuos sólidos

$$DSa = Dsd \times 365 \frac{días}{año} \times \frac{1Tn}{1000Kg}$$

$$DSa = 4872,18 \frac{Kg}{día} \times 365 \frac{días}{año} \times \frac{1Tn}{1000Kg}$$

$$DSa = 1778,35 \text{ Tn/año}$$

4.3.1.5. Producción total de residuos sólidos

Tabla 15-4: Proyección de la generación total de residuos sólidos.

Año (25 años)	Población (hab)	PPC 1% (Kg/hab/día)	Generación diaria (Kg/día)	Generación al año (Tn/año)	Residuos Acumulada (Ton/año)
2020	10642	0,46	4872,18	1778,35	1778,35
2021	10850	0,46	5016,86	1831,15	3609,50

2022	11061	0,47	5165,84	1885,53	5495,03
2023	11277	0,47	5319,23	1941,52	7436,55
2024	11497	0,48	5477,19	1999,17	9435,72
2025	11721	0,48	5639,83	2058,54	11494,26
2026	11949	0,49	5807,31	2119,67	13613,93
2027	12182	0,49	5979,76	2182,61	15796,54
2028	12420	0,50	6157,33	2247,42	18043,97
2029	12662	0,50	6340,17	2314,16	20358,13
2030	12909	0,51	6528,44	2382,88	22741,01
2031	13161	0,51	6722,30	2453,64	25194,65
2032	13417	0,52	6921,92	2526,50	27721,15
2033	13679	0,52	7127,47	2601,53	30322,68
2034	13946	0,53	7339,12	2678,78	33001,45
2035	14218	0,53	7557,05	2758,32	35759,78
2036	14495	0,54	7781,46	2840,23	38600,01
2037	14778	0,54	8012,53	2924,57	41524,58
2038	15066	0,55	8250,46	3011,42	44536,00
2039	15360	0,55	8495,46	3100,84	47636,85
2040	15659	0,56	8747,73	3192,92	50829,77
2041	15964	0,56	9007,50	3287,74	54117,50
2042	16276	0,57	9274,97	3385,37	57502,87
2043	16593	0,58	9550,39	3485,89	60988,76
2044	16917	0,58	9833,99	3589,41	64578,17
2045	17247	0,59	10126,01	3695,99	68274,16

Realizado por: MAZA, L. 2019.

A partir de las fórmulas planteadas, se desarrolló una plantilla, en la que se analizó que para el primer año habrá una producción anual de residuos sólidos de 1778,35 Tn/año, y a futuro para el año 2045 se obtendrá una generación de 68274,16 Tn/año, esto debido al incremento de la población, sin embargo se tuvo en cuenta que el 64,5% se consideran residuos de origen orgánico

y se planea el tratamiento de los mismos por lo que disminuye el impacto ocasionado por la acumulación y compactación total de los residuos.

4.3.2. Volumen total de los residuos sólidos.

4.3.2.1. Volumen diario compactado de residuos sólidos

Tabla 16-4: Datos cálculo del volumen total de residuos sólidos.

Producción diaria de residuos sólidos (DSd)	4872,18 Kg/día
Densidad de residuos compactados (ρ)	464,12 Kg/m ³
Cobertura de servicio de recolección.	95%
Material de cobertura (m.c)	0,20
Densidad de residuos estabilizada (pres)	597,87 Kg/m ³

Realizado por: MAZA, L. 2019.

$$V_{diario} = \frac{DSd \times \frac{7}{6}}{\rho c}$$

$$V_{diario} = \frac{4872,18 \frac{Kg}{día} \times \frac{7}{6}}{464,12 \frac{kg}{m^3}}$$

$$V_{diario} = 12,25 m^3/día$$

4.3.2.2. Volumen anual compactado de residuos sólidos

$$V_{anual compactado} = V_{diario} \times 365 \frac{días}{año}$$

$$V_{anual compactado} = 12,25 \frac{m^3}{día} \times 365 \frac{días}{año}$$

$$V_{anual compactado} = 4470,29 m^3/año$$

4.3.2.3. Volumen diario de material de cobertura

$$V_{m.c. diario} = V_{diario} \times m.c$$

$$V_{m.c. diario} = 12,25 \frac{m^3}{día} \times 0,20$$

$$V_{m.c. diario} = 2,45 m^3/día$$

4.3.2.4. Volumen anual de material de cobertura

$$V_{m.c \text{ anual}} = V_{\text{anual compactado}} \times m.c$$

$$V_{m.c \text{ anual}} = 4470,29 \frac{m^3}{\text{año}} \times 0,20$$

$$V_{m.c \text{ anual}} = \mathbf{894,058 m^3/año}$$

4.3.2.5. Volumen anual estabilizado de residuos sólidos

$$V_{\text{estabilizado anual}} = \frac{DSd \times \frac{7}{6}}{\rho_{\text{res}}}$$

$$V_{\text{estabilizado anual}} = \frac{4872,18 \frac{Kg}{\text{día}} \times \frac{7}{6}}{597,87 \frac{kg}{m^3}}$$

$$V_{\text{estabilizado anual}} = 9,51 \frac{m^3}{\text{día}} \times 365 \frac{\text{días}}{\text{año}}$$

$$V_{\text{estabilizado anual}} = \mathbf{3471,15 m^3/año}$$

4.3.2.6. Volumen del relleno sanitario

$$V_{RS} = V_{\text{anual compactado}} + V_{m.c \text{ anual}}$$

$$V_{RS} = 4470,2 \frac{m^3}{\text{año}} + 894,06 \frac{m^3}{\text{año}}$$

$$V_{RS} = \mathbf{5364,34 m^3/año}$$

4.3.2.7. Volumen del relleno sanitario acumulado

Tabla 17-4: Proyección del volumen total de residuos sólidos.

Año (25 años)	Generación diaria (Kg/día)	Volumen de residuos compactados				Volumen estabiliza do anual (m ³ /año)	Volumen total	
		Diario (m ³ /día)	m.c (m ³ /día)	Anual (m ³ /año)	m.c (m ³ /año)		(DS + m.c) Anual	Acumula do anual (m ³ /año)
2020	4872,18	12,25	2,45	4470,29	894,06	3470,24	5364,34	5364,34
2021	5016,86	12,61	2,52	4603,03	920,61	3573,29	5523,64	10887,98
2022	5165,84	12,99	2,60	4739,72	947,94	3679,40	5687,66	16575,64

2023	5319,23	13,37	2,67	4880,46	976,09	3788,66	5856,56	22432,20
2024	5477,19	13,77	2,75	5025,39	1005,08	3901,16	6030,47	28462,67
2025	5639,83	14,18	2,84	5174,62	1034,92	4017,01	6209,54	34672,21
2026	5807,31	14,60	2,92	5328,28	1065,66	4136,29	6393,93	41066,14
2027	5979,76	15,03	3,01	5486,50	1097,30	4259,12	6583,80	47649,94
2028	6157,33	15,48	3,10	5649,42	1129,88	4385,60	6779,31	54429,25
m	6340,17	15,94	3,19	5817,18	1163,44	4515,83	6980,62	61409,87
2030	6528,44	16,41	3,28	5989,92	1197,98	4649,92	7187,91	68597,78
2031	6722,30	16,90	3,38	6167,80	1233,56	4788,00	7401,35	75999,13
2032	6921,92	17,40	3,48	6350,95	1270,19	4930,18	7621,14	83620,27
2033	7127,47	17,92	3,58	6539,54	1307,91	5076,58	7847,45	91467,72
2034	7339,12	18,45	3,69	6733,73	1346,75	5227,33	8080,48	99548,20
2035	7557,05	19,00	3,80	6933,69	1386,74	5382,56	8320,43	107868,62
2036	7781,46	19,56	3,91	7139,58	1427,92	5542,39	8567,50	116436,12
2037	8012,53	20,14	4,03	7351,59	1470,32	5706,98	8821,91	125258,04
2038	8250,46	20,74	4,15	7569,90	1513,98	5876,44	9083,88	134341,92
2039	8495,46	21,36	4,27	7794,69	1558,94	6050,95	9353,63	143695,54
2040	8747,73	21,99	4,40	8026,15	1605,23	6230,63	9631,38	163244,31
2041	9007,50	22,64	4,53	8264,49	1652,90	6415,65	9917,39	173456,20
2042	9274,97	23,31	4,66	8509,90	1701,98	6606,16	10211,88	183971,32
2043	9550,39	24,01	4,80	8762,60	1752,52	6802,33	10515,12	194798,69
2044	9833,99	24,72	4,94	9022,81	1804,56	7004,32	10827,37	205947,58
2045	10126,01	25,45	5,09	9290,74	1858,15	7212,32	11148,89	163244,31

Realizado por: MAZA, L. 2019.

Los resultados que se alcanzó como el volumen de los residuos sólidos compactados, se obtuvo para estimar la capacidad de la celda diaria, la cual a 25 años será de 9290,74 kg/m³, en cambio se analizó que se necesitan 9290,74 kg/m³ de volumen estabilizado, el cual es un dato importante para determinar el volumen del relleno sanitario y así garantizar la estabilidad y vida útil del mismo según (Cantanhede & Sandoval, 2010, pp 9-10).

4.3.3. Área total de los residuos sólidos.

Tabla 18-4: Datos cálculo del área total de residuos sólidos.

Altura del relleno sanitario (h _{RS})	5 m
Factor de aumento (F)	1,4
Factor de seguridad	1,3

Realizado por: MAZA, L. 2019.

4.3.3.1. Área por rellenar sucesivamente

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

$$A_{RS} = \frac{5364,34 \text{ m}^3}{5\text{m}}$$

$$A_{RS} = 1072,87\text{m}^2$$

4.3.3.2. Área total requerida

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

$$A_T = 1072,87\text{m}^2 \times 1,4$$

$$A_T = 1502,02 \text{ m}^2$$

4.3.3.3. Área total durante la vida útil del relleno sanitario

$$A_{T\text{v.u.}} = \frac{(A_T \times F_{seg})}{10000}$$

$$A_{T\text{v.u.}} = \frac{1502,02\text{m}^2 \times 1,3}{10000}$$

$$A_{T\text{v.u.}} = 0,1502 \text{ m}^2$$

4.3.3.4. Proyección del área total

Tabla 19-4: Proyección del área total requerida de los residuos sólidos.

Año (25 años)	Población (hab)	Volumen total		Área total del relleno sanitario		
		(DS + m.c) Anual	Acumulado anual (m ³ /año)	Área por rellenar (m ²)	Área total requerida (m ²)	Área total requerida (Ha)

2020	10642	5364,34	5364,34	1072,87	1502,02	0,1502
2021	10850	5523,64	10887,98	2177,60	3048,63	0,3049
2022	11061	5687,66	16575,64	3315,13	4641,18	0,4641
2023	11277	5856,56	22432,20	4486,44	6281,02	0,6281
2024	11497	6030,47	28462,67	5692,53	7969,55	0,7970
2025	11721	6209,54	34672,21	6934,44	9708,22	0,9708
2026	11949	6393,93	41066,14	8213,23	11498,52	1,1499
2027	12182	6583,80	47649,94	9529,99	13341,98	1,3342
2028	12420	6779,31	54429,25	10885,85	15240,19	1,5240
2029	12662	6980,62	61409,87	12281,97	17194,76	1,7195
2030	12909	7187,91	68597,78	13719,56	19207,38	1,9207
2031	13161	7401,35	75999,13	15199,83	21279,76	2,1280
2032	13417	7621,14	83620,27	16724,05	23413,68	2,3414
2033	13679	7847,45	91467,72	18293,54	25610,96	2,5611
2034	13946	8080,48	99548,20	19909,64	27873,49	2,7873
2035	14218	8320,43	107868,62	21573,72	30203,21	3,0203
2036	14495	8567,50	116436,12	23287,22	32602,11	3,2602
2037	14778	8821,91	125258,04	25051,61	35072,25	3,5072
2038	15066	9083,88	134341,92	26868,38	37615,74	3,7616
2039	15360	9353,63	143695,54	28739,11	40234,75	4,0235
2040	15659	9631,38	163244,31	30665,39	42931,54	4,2932
2041	15964	9917,39	173456,20	32648,86	45708,41	4,5708
2042	16276	10211,88	183971,32	34691,24	48567,73	4,8568
2043	16593	10515,12	194798,69	36794,26	51511,97	5,1512
2044	16917	10827,37	205947,58	38959,74	54543,63	5,4544
2045	17247	11148,89	163244,31	41189,52	57665,32	5,7665

Realizado por: MAZA, L. 2019.

Se logró analizar que al séptimo año de la proyección es necesaria 1 hectárea de terreno, por lo que se determinó que será una implementación de diseño por avances, siendo necesarias un total

de 5 a 6 hectáreas para la disposición final de la generación total de los residuos sólidos a 25 años. Cabe recalcar que la Municipalidad del cantón Bucay tiene habilitadas 11 hectáreas de terreno, las restantes de las calculadas para la construcción del relleno, serán destinadas para la construcción de estructuras afines para el buen funcionamiento del mismo.

4.3.4. Diseño de la celda diaria.

Tabla 20-4: Datos cálculo de la celda diaria.

Cantidad diaria de residuos sólidos (DS _p)	4,872 Tn/día
Días hábiles	6 días
Material de cobertura	0,6

Realizado por: MAZA, L. 2019.

4.3.4.1. Cantidad de Residuos sólidos a disponer a diario

$$DSd_{rs} = DS_p \times \left(\frac{7}{d_{hab}}\right)$$

$$DSd_{rs} = 4,872 \frac{Tn}{día} \times \left(\frac{7}{6} día\right)$$

$$DSd_{rs} = 4,18 Tn/día$$

4.3.4.2. Volumen de la celda diaria

$$V_c = \left(\frac{DSd_{rs}}{m.c}\right)$$

$$V_c = \left(\frac{4,872 \frac{Tn}{día}}{0,6}\right)$$

$$V_c = 8,12 m^3$$

4.3.5. Dimensionamiento de la celda diaria

4.3.5.1. Área de la celda diaria

$$A_c = \frac{V_c}{h_c}$$

$$A_c = \frac{8,12m^3}{1,5 m}$$

$$A_c = 5,41m^2$$

4.3.5.2. Largo o avance de la celda diaria

$$L = \frac{A_c}{a}$$

$$L = \frac{5,41m^2}{2}$$

$$L = 2,71m$$

4.3.5.3. Ancho de la celda diaria

$$L = a : \sqrt{A_c}$$

$$L = 2 : \sqrt{5,41}$$

$$L = 2 : 2,32$$

4.3.5.4. Proyección de la celda diaria

Tabla 21-4: Proyección de la celda diaria.

Año (25 años)	Generación de residuos (Kg/día)	Generación de residuos (Tn/año)	Cantidad de residuos a disponer (Tn)	Volumen de la celda (m ³)	Área de la celda (m ²)	Largo de la celda (m)	Volumen de tierra (m ³)
2020	4872,18	4,872	4,18	8,12	5,41	2,71	0,002
2021	5016,86	5,017	4,30	8,36	5,57	2,79	0,002
2022	5165,84	5,166	4,43	8,61	5,74	2,87	0,002
2023	5319,23	5,319	4,56	8,87	5,91	2,96	0,002
2024	5477,19	5,477	4,69	9,13	6,09	3,04	0,002
2025	5639,83	5,640	4,83	9,40	6,27	3,13	0,002
2026	5807,31	5,807	4,98	9,68	6,45	3,23	0,002
2027	5979,76	5,980	5,13	9,97	6,64	3,32	0,002
2028	6157,33	6,157	5,28	10,26	6,84	3,42	0,002
2029	6340,17	6,340	5,43	10,57	7,04	3,52	0,002
2030	6528,44	6,528	5,60	10,88	7,25	3,63	0,002
2031	6722,30	6,722	5,76	11,20	7,47	3,73	0,002

2032	6921,92	6,922	5,93	11,54	7,69	3,85	0,003
2033	7127,47	7,127	6,11	11,88	7,92	3,96	0,003
2034	7339,12	7,339	6,29	12,23	8,15	4,08	0,003
2035	7557,05	7,557	6,48	12,60	8,40	4,20	0,003
2036	7781,46	7,781	6,67	12,97	8,65	4,32	0,003
2037	8012,53	8,013	6,87	13,35	8,90	4,45	0,003
2038	8250,46	8,250	7,07	13,75	9,17	4,58	0,003
2039	8495,46	8,495	7,28	14,16	9,44	4,72	0,003
2040	8747,73	8,748	7,50	14,58	9,72	4,86	0,003
2041	9007,50	9,007	7,72	15,01	10,01	5,00	0,003
2042	9274,97	9,275	7,95	15,46	10,31	5,15	0,003
2043	9550,39	9,550	8,19	15,92	10,61	5,31	0,004
2044	9833,99	9,834	8,43	16,39	10,93	5,46	0,004
2045	10126,01	10,126	8,68	16,88	11,25	5,63	0,004

Realizado por: MAZA, L. 2019.

Con el desarrollo de la memoria de cálculo, se diferencié la celda diaria de la celda emergente en general, ya que en la misma serán dispuestas y compactadas a diario los residuos sólidos, por lo que se obtuvo datos al año que deberán ser manejados por el personal a cargo para evitar el colapso de esta. Se analizó también que las celdas tendrán un área de 5,41 m² el primer año, la cual aumentara a la par con la generación de residuos con el paso de los años. De igual manera no se requiere de un gran volumen de movimiento o remoción de tierras, lo que disminuye costos en la implementación del diseño.

4.3.5.5. Parámetros por considerar en la celda diaria

Tabla 22-4: Componentes de la celda diaria.

Parámetros	Unidades	Años
		25
Residuos dispuestos en el relleno sanitario	Tn/día	4,87
Celda de relleno		
Densidad en relleno	Kg/m ³	464,12

Volumen día de relleno	m ³ /día	8,12
Ancho	m	3,00
Alto	m	1,50
Largo (FT)	m	1,80
Cobertura de celda diaria		
Alto de cobertura	m	0,25
Área de cobertura	m ²	15,33
Volumen de material cobertura	m ³ /día	2,45
Área de relleno sanitario		
Primer año	m ³	205947,58
Toneladas totales en 25 años	Ton	6874,16
Volumen de relleno 25 años	m ³	205947,582
Volumen cobertura 25 años	m ³	1858
Volumen a rellenar	m ³	205947,58
Altura de relleno (capa 1)	m	1,50
Número de capa		5
Período diseño 25 años	Ha	0,85
Altura de relleno	m	5
Demanda de material cobertura	m ³	1858,148
Lado cuadro aprox.	m	92,20
Área taludes berma	Ha	1,75
Área cinturón de seguridad	Ha	1,84
Área del relleno Total	Ha	4,45
Área de faciidades	Ha	1,33
TOTAL	Ha	5,78

Realizado por: MAZA, L. 2019.

Al observar los parámetros necesarios para la celda diaria, se corroboró el cálculo del área total necesaria para la implementación del diseño del relleno sanitario, ya que la acumulación de celdas conforma el relleno sanitario.

4.3.6. Diseño del canal trapezoidal - Manejo de Aguas Lluvia

Tabla 23-4: Datos cálculo de escurrimiento superficial.

Intensidad de la lluvia (I)	160,27 m/s
Coefficiente de escorrentía (C)	0,48
Tiempo de concentración (Tc)	5 minutos
Ancho de solera (b)	0,6 m
Talud (z)	1 m
Coefficiente de manning (n)	0,0014

Realizado por: MAZA, L. 2019.

4.3.6.1. Caudal de escurrimiento superficial

$$Q = C \times I \times A$$

$$Q = 0,48 \times 4,23611 \times 10^{-5} \frac{m}{s} \times 57665,32 m^2$$

$$Q = 1,17 m^3/s$$

Tabla 24-4: Cálculo del caudal según período de años.

Área de Trabajo (m ²)	Período de retorno en años (Kg/día)	Coefficiente de escorrentía	Intensidad de Lluvia diaria IdTR (mm/h)	Tc (min)	Intensidad de lluvia máxima ITR (mm/h)	Intensidad de lluvia máxima ITR (m/s)	Caudal de aguas lluvia Q (m ³ /s)
57665,32	2	0,39	99,26	5	117,6	3,26667E-05	0,734656
	5	0,42	125,90		129,3	3,59167E-05	0,869881
	10	0,44	141,80		138,8	3,85556E-05	0,978260
	25	0,48	160,27		152,5	4,23611E-05	1,172528
	50	0,51	185,84		163,8	0,0000455	1,338124

Realizado por: MAZA, L. 2019.

4.3.6.2. Superficie de la sección transversal

$$Q = V \times A$$

$$A = \frac{Q}{V}$$

$$A = \frac{1,172 \frac{m^3}{s}}{1,5 \frac{m}{s}}$$

$$\mathbf{A = 0,78 m}$$

4.3.6.3. Cálculo del tirante

$$A = by + zy^2$$

$$0 = y^2 + by - A$$

$$y_1 = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4zA}}{2z}$$

$$y_1 = \frac{-(0,6m) \pm \sqrt{(0,6 m)^2 - 4(1)(-0,78 m)}}{2(1 m)}$$

$$\mathbf{y_1(T) = 0,630 m}$$

4.3.6.4. Perímetro mojado

$$P = b + 2y \sqrt{1 + z^2}$$

$$P = 0,6m + 2(0,630m) \sqrt{1 + (1)^2}$$

$$\mathbf{P = 2,382 m}$$

4.3.6.5. Radio Hidráulico

$$R = \frac{A}{P}$$

$$R = \frac{0,78m^2}{2,382 m}$$

$$\mathbf{R = 0,3282 m}$$

4.3.6.6. Pendiente

$$S = \left(\frac{V \times n}{R^2} \right)^2$$

$$S = \left(\frac{1,5 \frac{m}{s} \times 0,014}{(0,3282 m)^2} \right)^2$$

$$\mathbf{S = 0,0017}$$

4.3.6.7. Espejo de agua

$$T = b + 2zy$$

$$T = 0,6 \text{ m} + 2(1)(0,630\text{m})$$

$$T = 1,86 \text{ m}$$

4.3.6.8. Velocidad del agua real

$$V = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}}$$

$$V = \frac{1}{0,014} \times (0,3283\text{m})^{\frac{2}{3}} \times (0,002)^{\frac{1}{2}}$$

$$V = 1,40 \text{ m/s}$$

4.3.6.9. Diseño del canal trapezoidal (H-canales)

Ingeniería Civil UAP	Proyecto: Diseño de Celda Diaria Lugar: Cant. General Antonio Elizalde Bucay Tramo: 5,76 Ha	
Datos :		
Caudal (Q):	<input type="text" value="1,17"/>	m ³ /s
Ancho de Solera (b):	<input type="text" value="0,60"/>	m
Talud (Z):	<input type="text" value="1"/>	
Rugosidad (n):	<input type="text" value="0,014"/>	
Pendiente (S):	<input type="text" value="0,001"/>	m/m
		
Resultados :		
Tirante Normal (y):	<input type="text" value="0,6912 m"/>	
Área Hidráulica (A):	<input type="text" value="0,8926 m<sup>2</sup>"/>	
Espejo de Agua (T):	<input type="text" value="1,9825 m"/>	
Número de Froude (F):	<input type="text" value="0,5331"/>	
Tipo de Flujo:	<input type="text" value="F.Subcrítico"/>	
Perímetro (p):	<input type="text" value="2,5551 m"/>	
Radio Hidráulico (R):	<input type="text" value="0,3493 m"/>	
Velocidad (v):	<input type="text" value="1,1204 m/s"/>	
Energía Específica (E):	<input type="text" value="0,7562 m·kg/kg"/>	

Gráfico 15-4: Diseño de canal trapezoidal en H-Canales.

Realizado por: MAZA, L. 2019.

4.3.6.10. Programa comparativo mediante la ecuación de Chezy-Manning

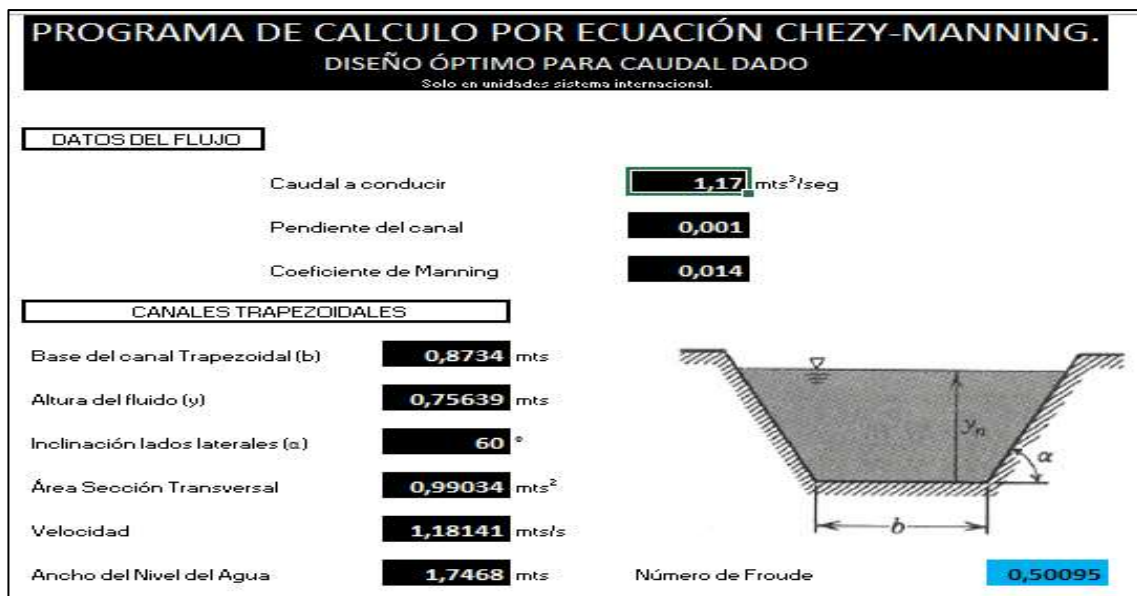


Gráfico 16-4: Diseño de canal trapezoidal en H-Canales.

Realizado por: MAZA, L. 2019.

Con la aplicación de las ecuaciones se obtuvo los datos expuestos, los mismos que son verificados mediante el programa de H-Canales y el programa de cálculo por la ecuación de Chezy-Manning, en donde se observó que en ambos el número de froude es de $F=0,50$ y varían solo en los decimales, al igual que el resto de los resultados, y se concluyó que el flujo es subcrítico, es decir que el agua en el canal irá aguas abajo ya que el número de froude es menor a 1 ($F < 1$), lo que significó que está bien dimensionado el canal.

4.3.7. Sistema de Drenaje de Lixiviados

Tabla 25-4: Datos sistema de drenaje de lixiviados.

Precipitación media anual (P)	207,33 mm/año
Área (A)	57665,32 m ²
Coefficiente de escorrentía	0,3900
Capacidad de campo (S _{CP})	216,50 mm

Realizado por: MAZA, L. 2019.

4.3.7.1. Duración del día en horas

$$I = \left(\frac{T}{5}\right)^{1,514}$$

$$I = \left(\frac{24,72}{5}\right)^{1,514}$$

$$I = 10,8$$

4.3.7.2. Función complejo de I

$$a = (675 \times 10^{-9} \times I^3) - (771 \times 10^{-7} \times I^2) + (1,972 \times 10^{-5} \times I) + 0,49239$$

$$a = (675 \times 10^{-9} \times (10,8)^3) - (771 \times 10^{-7} \times (10,8)^2) + (1,972 \times 10^{-5} \times (10,8)) + 0,49239$$

$$a = 0,68$$

4.3.7.3. Evapotranspiración

$$Etp = 16 \times \frac{1}{12} \times 0,918 \times \left(\frac{10T}{I}\right)^a$$

$$Etp = 16 \times \frac{1}{12} \times 0,918 \times \left(\frac{10(24,72^\circ C)}{10,8}\right)^{0,68}$$

$$Etp = 111,7635 \frac{mm}{mes}$$

Se obtuvo un valor de 111,7635 mm/mes, el cual debe ser transformado a años para el cálculo de la percolación de lixiviados.

$$Etp = 111,7635 \frac{mm}{mes} \times 12 \frac{meses}{año}$$

$$Etp = 1341,1621 mm/año$$

Sin embargo, se corroboró el resultado de la evapotranspiración una vez transformada a días, la cual dio un valor de 3,71 mm/día, dicho valor guardó concordancia con la evapotranspiración promedio de la provincia del Guayas que varía entre 2,9 y 3,18 mm/día, según (Pardo 2018, pp. 21-22).

4.3.7.4. Percolación de lixiviados

$$C = P(1 - Ces) - S - Etp$$

$$C = 207,330 \frac{mm}{año} \times (1 - 0,3900) - 0 - 1341,1621 \frac{mm}{año}$$

$$C = 176,5179 \frac{mm}{año}$$

El valor de la percolación fue transformado a m^3/s , por lo que se multiplicó el valor obtenido por el área de la celda diaria.

$$C = 176,5179 \frac{mm}{año} \times \frac{0,001 m}{1 mm} \times 57665,32 m^2 \times \frac{1 año}{3153600 seg}$$

$$C = 0,00321 \frac{m^3}{seg}$$

4.3.7.5. Velocidad frente de la humedad

$$Vh = \frac{C}{S_{cp}}$$

$$Vh = \frac{176,5179 \frac{mm}{año}}{\frac{216,50 mm}{4 m}}$$

$$Vh = 3,2612 \frac{m}{año}$$

La capacidad de campo en la provincia de Guayas es de 216,50 mm y se divide para 4 debido a que el cantón Bucay tiene un clima muy húmedo ya que se encuentra en una zona de transición entre la región Sierra y Costa, por lo que se obtuvo un valor de velocidad de 3,2 m/año.

4.3.7.6. Tiempo para que los lixiviados lleguen al fondo

$$t_1 = \frac{h_c}{V_h}$$

$$t_1 = \frac{1,5 m}{3,2612 m/año}$$

$$t_1 = 0,46 año \times \frac{1 año}{12 meses}$$

$$t_1 = 5,52 meses \cong 6 meses$$

El tiempo que se demoran los lixiviados en llegar al fondo de la celda es de 6 meses aproximadamente, se tomó en cuenta que la altura de cada celda diaria será de 1,5 m.

4.3.7.7. Volumen del lixiviado

$$V = Q \times t$$

$$V = 0,25 \frac{m^3}{mes} \times 3 meses$$

$$V = 0,75 m^3$$

Se obtuvo un valor de 0,75 m³, considerando que en la región se dan 3 meses consecutivos de lluvia.

4.3.7.8. Área del pozo de lixiviado

$$A = \frac{V}{h}$$

$$A = \frac{0,75 m^3}{1,5}$$

$$A = 0,5 m^2$$

El área del pozo recolector de lixiviados procedentes de la descomposición de los residuos sólidos tendrá un área de 0,5 m², los mismos que pasaran a la planta de tratamiento de lixiviados.

4.3.7.9. Velocidad media de percolación

$$V = 52,45P \times Rh^{0,5} \times J^{0,25}$$

$$V = 52,45(0,45) \times (0,754)^{0,5} \times (0,02)^{0,25}$$

$$V = 7,37 \frac{cm}{s} \cong 0,0737 \frac{m}{s}$$

4.3.7.10. Radio hidráulico granular

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

$$Rh = \frac{0,45 \times 6}{6(1 - 0,45)}$$

$$Rh = 0,754 m$$

4.3.7.11. Sección del dren

$$S' = f \times \frac{Q}{V}$$

$$S' = 2 \times \frac{0,000323 \frac{m^3}{s}}{0,0737 \frac{m}{s}}$$

$$S' = 0,00876 \text{ m}^2$$

4.3.7.12. Caudal de lixiviado

$$Q = \frac{1 \times P \times A \times K}{t}$$

$$Q = \frac{1 \times 207,330 \frac{\text{mm}}{\text{año}} \times 57665,32\text{m}^2 \times 0,25}{12 \frac{\text{meses}}{\text{año}}}$$

$$Q = 249078,154 \text{ Lts/mes}$$

$$Q = 249,08 \text{ m}^3/\text{mes}$$

Mediante las ecuaciones se obtuvo que el caudal de lixiviados es de 249,08 m³/mes, por lo que transformado a días es 8,03 m³/día aproximadamente. En un estudio realizado en San Miguel de los Bancos provincia de Pichincha, el cual tiene una población y producción de residuos sólidos similar a la de estudio, es decir, de 17573 habitantes y 5,1 Tn/día, con lo generan de 221,50 m³/mes a 510 m³/mes de lixiviados, se pudo analizar que tiene relación con los datos obtenidos, según (Pesántes et al., 2018, pp. 3-4).

4.3.7.13. Producción futura de lixiviados

Tabla 26-4: Cálculo del caudal según período de años.

Año	Caudal de Lixiviados Lts/año	Año	Caudal de Lixiviados Lts/año	Año	Caudal de Lixiviados Lts/año	Año	Caudal de Lixiviados Lts/año	Año	Caudal de Lixiviados Lts/año
2020	6487,771	2026	49666,418	2032	101132,447	2038	162476,474	2044	235594,407
2021	13168,195	2027	57629,033	2033	110623,346	2039	173788,984	2045	249078,154
2022	20046,995	2028	65828,098	2034	120396,076	2040	185437,418		
2023	27130,062	2029	74270,634	2035	130459,008	2041	197431,753		
2024	34423,459	2030	82963,870	2036	140820,759	2042	209782,259		
2025	41933,434	2031	91915,253	2037	151490,202	2043	222499,514		

Realizado por: MAZA, L. 2019.

El caudal de lixiviados aumentó conforme a los años de proyección según lo muestra la gráfica respectiva. Se tomó en cuenta que los lixiviados también aumentan o varían debido a la transición

de los meses con lluvia y sequía (Pesántes et al., 2018, p. 4). Cabe recalcar que los lixiviados serán tratados para reducir la contaminación e impacto ambiental de los mismos.

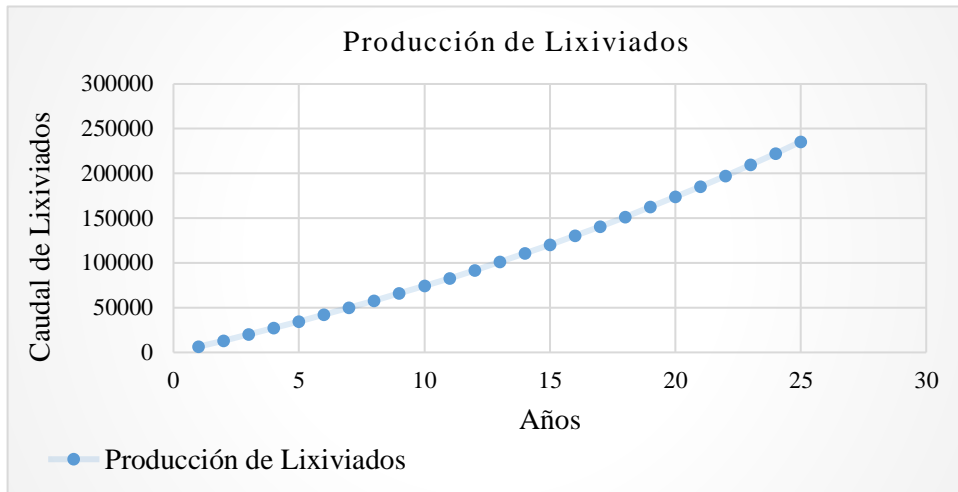


Gráfico 17-4: Análisis de producción futura de Biogás.

Realizado por: MAZA, L. 2019.

4.3.8. Generación de Biogás

$$GAB = 0,10 \frac{ft^3}{lb} \times 2,2046 \frac{lb}{kg} \times 0,02831 \times CBD \frac{Kg}{año}$$

$$GAB = 0,10 \frac{ft^3}{lb} \times 2,2046 \frac{lb}{kg} \times 0,02831 \times 4872,18 \frac{Kg}{año}$$

$$GAB = 30,4084 \frac{ft^3}{año}$$

Se estimó una producción de biogás es de 30,40084 ft³/año, y a pesar de que se consideró un impacto negativo, tanto para el medio ambiente como para la salud humana, se puede usar como fuente de energía potencial debido a su poder calórico, pero para ello se debe realizar un nuevo estudio una vez se implemente el relleno sanitario (Vélez & Camargo, 2009, pp. 5-6).

4.3.8.1. Proyección futura de la generación de biogás

Tabla 27-4: Cálculo del caudal según período de años.

Año	Generación de Biogás ft ³ /año	Año	Generación de Biogás ft ³ /año	Año	Generación de Biogás ft ³ /año	Año	Generación de Biogás ft ³ /año	Año	Generación de Biogás ft ³ /año
2020	30,4084	2026	36,2447	2032	43,2012	2038	51,4930	2044	61,3761
2021	31,3113	2027	37,3210	2033	44,4841	2039	53,0220	2045	63,1987

2022	32,2411	2028	38,4292	2034	45,8051	2040	54,5965		
2023	33,1985	2029	39,5704	2035	47,1652	2041	56,2178		
2024	34,1844	2030	40,7454	2036	48,5658	2042	57,8872		
2025	35,1995	2031	41,9554	2037	50,0080	2043	59,6061		

Realizado por: MAZA, L. 2019.

Se realizó una proyección anual estimada durante los 25 años, donde se observó que al igual que los lixiviados aumenta con el pasar de los años. Se implementarán chimeneas para la salida de los gases procedentes de la descomposición de los residuos y como reducción principal del gas metano se realizara la quema del biogás, como principal solución.

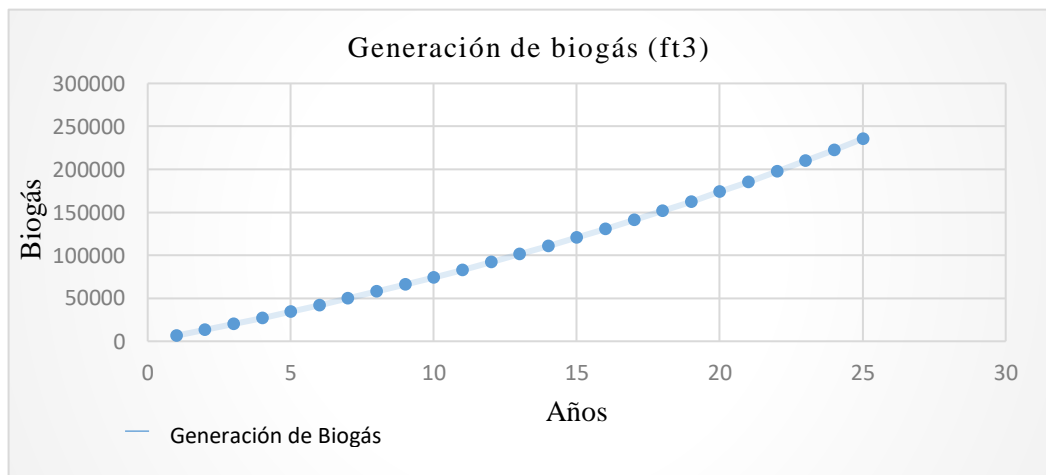


Gráfico 18-4: Análisis de producción futura de Biogás.

Realizado por: MAZA, L. 2019.

4.3.9. Memoria de cálculo final

Se analizó los resultados resumidos en la memoria de cálculo a continuación, lo mismo que facilitó la interpretación y análisis de los datos obtenidos con las formulas expresadas en páginas anteriores.

Tabla 28-4. Memoria de cálculo generación de residuos sólidos.

GENERACIÓN ACUMULADA DE RESIDUOS SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO CANTÓN GENERAL ANTONIO ALIZALDE BUCAY (PROYECCIÓN)																	
Año	Población (Hab)	1% (Kg/hab* día)	Residuos Sólidos			Volumen Desechos Sólidos							Área Requerida			Generación De Lixiviados - Caudal (m³/Año)	Generación De Gas (Ft³)
			Generación diaria (Kg/día)	Generación al año (365*GD/1000) Kg/año	Residuos Acumulada (Ton/año)	Compactados				Estabilizados Anual m³	Rellenos Sanitarios		Relleno sanitario (m²)	Área Total (Ha)			
						Diario (m³)	m.c (m³/día)	Anual (m³)	m.c (m³/año)		(DS+m.c) Anual	Acumulado (m³)		15 (m²)	16 (Ha)		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15 (m²)	16 (Ha)	17	18
2020	10642	0,46	4872,18	1778,35	1778,35	12,25	2,45	4470,29	894,06	4470,29	5364,34	5364,34	1072,87	1502,02	0,1502	6487,771	30,4084
2021	10850	0,46	5016,86	1831,15	3609,50	12,61	2,52	4603,03	920,61	4603,03	5523,64	10887,98	2177,60	3048,63	0,3049	13168,195	31,3113
2022	11061	0,47	5165,84	1885,53	5495,03	12,99	2,60	4739,72	947,94	4739,72	5687,66	16575,64	3315,13	4641,18	0,4641	20046,995	32,2411
2023	11277	0,47	5319,23	1941,52	7436,55	13,37	2,67	4880,46	976,09	4880,46	5856,56	22432,20	4486,44	6281,02	0,6281	27130,062	33,1985
2024	11497	0,48	5477,19	1999,17	9435,72	13,77	2,75	5025,39	1005,08	5025,39	6030,47	28462,67	5692,53	7969,55	0,7970	34423,459	34,1844
2025	11721	0,48	5639,83	2058,54	11494,26	14,18	2,84	5174,62	1034,92	5174,62	6209,54	34672,21	6934,44	9708,22	0,9708	41933,434	35,1995
2026	11949	0,49	5807,31	2119,67	13613,93	14,60	2,92	5328,28	1065,66	5328,28	6393,93	41066,14	8213,23	11498,52	1,1499	49666,418	36,2447
2027	12182	0,49	5979,76	2182,61	15796,54	15,03	3,01	5486,50	1097,30	5486,50	6583,80	47649,94	9529,99	13341,98	1,3342	57629,033	37,3210
2028	12420	0,50	6157,33	2247,42	18043,97	15,48	3,10	5649,42	1129,88	5649,42	6779,31	54429,25	10885,85	15240,19	1,5240	65828,098	38,4292
2029	12662	0,50	6340,17	2314,16	20358,13	15,94	3,19	5817,18	1163,44	5817,18	6980,62	61409,87	12281,97	17194,76	1,7195	74270,634	39,5704
2030	12909	0,51	6528,44	2382,88	22741,01	16,41	3,28	5989,92	1197,98	5989,92	7187,91	68597,78	13719,56	19207,38	1,9207	82963,870	40,7454
2031	13161	0,51	6722,30	2453,64	25194,65	16,90	3,38	6167,80	1233,56	6167,80	7401,35	75999,13	15199,83	21279,76	2,1280	91915,253	41,9554

2032	13417	0,52	6921,92	2526,50	27721,15	17,40	3,48	6350,95	1270,19	6350,95	7621,14	83620,27	16724,05	23413,68	2,3414	101132,447	43,2012
2033	13679	0,52	7127,47	2601,53	30322,68	17,92	3,58	6539,54	1307,91	6539,54	7847,45	91467,72	18293,54	25610,96	2,5611	110623,346	44,4841
2034	13946	0,53	7339,12	2678,78	33001,45	18,45	3,69	6733,73	1346,75	6733,73	8080,48	99548,20	19909,64	27873,49	2,7873	120396,076	45,8051
2035	14218	0,53	7557,05	2758,32	35759,78	19,00	3,80	6933,69	1386,74	6933,69	8320,43	107868,62	21573,72	30203,21	3,0203	130459,008	47,1652
2036	14495	0,54	7781,46	2840,23	38600,01	19,56	3,91	7139,58	1427,92	7139,58	8567,50	116436,12	23287,22	32602,11	3,2602	140820,759	48,5658
2037	14778	0,54	8012,53	2924,57	41524,58	20,14	4,03	7351,59	1470,32	7351,59	8821,91	125258,04	25051,61	35072,25	3,5072	151490,202	50,0080
2038	15066	0,55	8250,46	3011,42	44536,00	20,74	4,15	7569,90	1513,98	7569,90	9083,88	134341,92	26868,38	37615,74	3,7616	162476,474	51,4930
2039	15360	0,55	8495,46	3100,84	47636,85	21,36	4,27	7794,69	1558,94	7794,69	9353,63	143695,54	28739,11	40234,75	4,0235	173788,984	53,0220
2040	15659	0,56	8747,73	3192,92	50829,77	21,99	4,40	8026,15	1605,23	8026,15	9631,38	153326,93	30665,39	42931,54	4,2932	185437,418	54,5965
2041	15964	0,56	9007,50	3287,74	54117,50	22,64	4,53	8264,49	1652,90	8264,49	9917,39	163244,31	32648,86	45708,41	4,5708	197431,753	56,2178
2042	16276	0,57	9274,97	3385,37	57502,87	23,31	4,66	8509,90	1701,98	8509,90	10211,88	173456,20	34691,24	48567,73	4,8568	209782,259	57,8872
2043	16593	0,58	9550,39	3485,89	60988,76	24,01	4,80	8762,60	1752,52	8762,60	10515,12	183971,32	36794,26	51511,97	5,1512	222499,514	59,6061
2044	16917	0,58	9833,99	3589,41	64578,17	24,72	4,94	9022,81	1804,56	9022,81	10827,37	194798,69	38959,74	54543,63	5,4544	235594,407	61,3761
2045	17247	0,59	10126,01	3695,99	68274,16	25,45	5,09	9290,74	1858,15	9290,74	11148,89	205947,58	41189,52	57665,32	5,7665	249078,154	63,1987

Realizado por: MAZA, L. 2019.

4.4. Elaboración de los planos

4.4.1. Selección del método de trabajo

Se determinó el método de trabajo, mediante el análisis de los datos obtenidos en el levantamiento de información, y con la realización de los mapas geográficos en ArcGis del terreno donde se implementará el relleno sanitario, los cuales se detallan a continuación:

Tabla 29-4: Datos Geología del terreno.

Edad	Cuaternario	Textura	Moderada - arena gruesa
Tipo	Entisol-Arcilloso	Permeabilidad	Impermeable, pero puede ser modificado por el cambio en la vegetación y descomposición.
Clase	Arcilla-Arenosa	Coefficiente de permeabilidad	10^{-7} cm/seg
Diámetro	1-0,5 mm	Pendiente	Inclinación regular, suave, ligeramente ondulada del 5-12%.
Potencial de succión del frente húmedo	23,90	Conductividad eléctrica	0,06

Realizado por: MAZA, L. 2019.

Se comparó estos datos con la tabla 8-3, y se designó que el método a emplear puede ser o de área o de trinchera, así que se realizó el diseño de una celda diaria mediante el método combinado (área-trinchera), tipo semimecanizado, es decir con el empleo de maquinaria y mano de obra del personal a trabajar en la operación de la celda.

4.4.2. Especificaciones técnicas

4.4.2.1. Arreglo general de la celda

Se analizó el Anexo C, donde consta el plano 1: Arreglo general, en el que se observó el plano en planta, que detalla de manera general como será el nuevo lugar de disposición final de los residuos del cantón Bucay, el cual constará de un cerco eléctrico, puerta de entrada, rampa de acceso, y las plataformas, aunque cabe recalcar que se vera de esa manera en 25 años de proyección, ya que cada año tendrá un avance. Se resaltan las especificaciones más importantes a continuación:

Tabla 30-4: Especificaciones Técnicas Plano 1: Arreglo General.

Descripción	Cantidad
Talud Banco	1:5H:1V
Ancho de rampa de acceso	3.5 m
Altura total de la celda	5 m
Área de proyección horizontal	57665,32 m ²
Área de proyección horizontal	5,76 Ha

Realizado por: MAZA, L. 2019.

4.4.2.2. Sistema de subdrenaje

Cabe mencionar que al decir sistema de subdrenaje se refiere al drenaje de lixiviados y gases de chimenea. El sistema de drenaje de lixiviados se distribuyó en la celda a manera de espina de pescado, y se repartió en dren principal y dren secundario, como se observa en el Anexo D, detallado a continuación:

Tabla 31-4: Especificaciones del Plano 2, Anexo D.

Longitud de tuberías de drenaje (Dren secundario)		
Descripción	Longitud	Pendiente
L1	8,18	2%
L2	7,07	1%
L3	6,24	1%
L4	5,03	1%
L5	6,13	1%
L6	7,13	1%
L7	7,63	1%
Longitud total		47,68 m
Dren principal		
Longitud total		180 m

Realizado por: MAZA, L. 2019.

Se detalló también en el Anexo D: Plano 2: Sistema de subdrenaje, las especificaciones técnicas de construcción de chimeneas, donde se aconseja el uso de chimeneas con el diámetro de 0,6 m, con altura de 4 m, tubería de HDPE con diámetro de 4 pulgadas, protegida por grava cuyo diámetro puede ser variable, rocas con diámetro de 10 a 15 cm, los cuales estarán revestidos por geotextil no tejido, malla metálica comúnmente conocida como de gallinero, y como soporte parantes de madera de eucalipto de 3 x 3 cm, las cuales estarán separadas por un ancho de 0,4 m.

4.4.2.3. Detalle de tuberías de subdrenaje

En el Anexo E, se analizó la tubería de drenaje a usarse para la recolección de lixiviados, donde se detalló que la tubería principal será de HDPE corrugada perforada PD de 6" envuelta en geotextil, y las uniones entre dren principal y secundario serán por medio de una YEE de HDPE de 4 a 6 pulgadas, mientras que los canales de 0,6 m de ancho, por donde pasara la tubería deberán ser rellenas con grava para drenaje, y si el terreno presenta condiciones óptimas mientras se instala la tubería no será necesaria una cama de arena de 0,1 de ancho.

4.4.2.4. Volumen de almacenamiento y sistema de impermeabilización

Se analizó que en el Anexo F y G consta del plano 4: volumen de almacenamiento y plano 5: sistema de impermeabilización, en los cuales se visualizó los cortes A-A y B-B, en ambos se observó los componentes para el buen funcionamiento de la celda, entre los que está el sistema de drenaje de lixiviados, las chimeneas para la evacuación de gases, canales de aguas lluvia, y como se dispondrán las celdas diarias. Se detalló las capas de relleno en la celda, la que constó de material de cobertura de material orgánico, y los residuos sólidos compactados, pero cabe recalcar que la cobertura diaria se puede extraer del mismo terreno para minimizar costos. Sin embargo, en el plano 5, se detalló el canal de anclaje a la celda el que tendrá 0,5 m de ancho y 0,5 de alto, y de 1 m de ancho de separación de la celda.

CONCLUSIONES

- Se logró diseñar la celda diaria para la disposición final de residuos sólidos del cantón Bucay, la misma que cuenta con, componentes como el sistema de impermeabilización, material de cobertura, sistema de drenaje de los lixiviados, canal de aguas de escorrentía o aguas lluvia, sistema de generación de gases mediante chimeneas, los mismos que garantizan el correcto funcionamiento y operación del relleno sanitario a implementarse. Cabe recalcar que el diseño de la planta de lixiviados no se contempló ya que no se analizan en los objetivos.
- En el cantón Bucay, mediante la información levantada, se analizó que requiere de un nuevo relleno sanitario, ya que el actual está a punto de colapsar, por lo que se realizó la referenciación de mapas geográficos del nuevo terreno dispuesto para la implementación del relleno sanitario. De igual manera, se efectuó el análisis de la situación socioeconómica de la población mediante encuestas, donde se obtuvo que hay desinformación en la población sobre el manejo de gestión de residuos sólidos por parte de la mancomunidad, y desconocimiento de la tasa que se paga por la recolección y mantenimiento del actual relleno sanitario.
- En base a las guías de implementación, operación y cierre de relleno sanitario previamente citadas, se logró realizar las memorias de cálculos automatizadas en Excel para la obtención rápida de resultados, de la cual, se resalta que la celda diaria tendrá una vida útil de 25 años, con un área total de 5,76 hectáreas, con una generación de residuos sólidos futura de 1778,35 Tn/año, para lo cual serán necesarias una total de 12,25 m³/día como cobertura diaria, sin embargo, habrá una producción de lixiviados de 249,08 m³/mes y 30,4084 ft³/año de generación de gases, los cuales serán tratados para reducir la contaminación ambiental.
- El uso del programa Autodesk AutoCAD Civil 3D, facilitó la elaboración de los planos de la celda diaria, en la cual se detalló las especificaciones necesarias para el buen funcionamiento y operación de la celda diaria, los cuales se verifican en 5 planos, el primero detalla el arreglo general de la celda, el segundo el sistema de subdrenaje, el tercero las tuberías para el sistema de drenaje de lixiviados las que están dispuestas a manera de espina de pescado, el cuarto el volumen de almacenamiento y canal de lluvias, y por último el sistema de impermeabilización, que en conjunto certificara la operación de la celda.

RECOMENDACIONES

- Realizar capacitaciones a la población sobre la adecuada gestión integral de los residuos sólidos que se deben implementar en el cantón, y dar a conocer las autoridades a cargo.
- Colocar contenedores de residuos en el cantón, incentivando al reciclaje mediante colores y simbología en base a la normativa vigente.
- Realizar el cierre técnico del actual relleno sanitario, en base al acuerdo ministerial 0.52 que es una reforma al acuerdo ministerial 0.31.
- Implementar en el nuevo relleno sanitario un sistema de tratamiento de lixiviados y gases producto de la descomposición de los residuos.

BIBLIOGRAFÍA

- AGUERO, R.**, 2015. Topografía aplicada a la construcción del sistema de lixiviados en Valle para la explotación de Minerales Auríferos a tajo abierto, caso minas en San Juan, Veladero. [en línea]. Técnico. Chile: Universidad Nacional de San Juan. Disponible en: ftp://ftp.unsj.edu.ar/agrimensura/Trabajo%20Final/TrabajoFinal_AgueroR.pdf.
- ALTAMIRANO, J.**, 2012. Mejoramiento y rehabilitación de camino vecinal Uchpapampa-Marías-Maynas-Gorgor. Especificaciones Técnicas. [en línea]. Disponible en: https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/docs/foniprel/Exposicion_TALLER_16_04_12/Auxiliares%20seguimiento/estudio/ESTUDIO%20DE%20PREINVERSION/PDF%20MARIAS%20UCHPAPAMPA/06%20ESPECIFICACIONES%20TECNICAS%20MARIAS.pdf.
- AMARILIS, A., GEORGINA, G., PETRA, L., ISABEL, L. y ROMELIA, M.**, 2016. Programa de aprovechamiento y tratamiento de los residuos sólidos doméstico del sector Care de Guatire, Estado Miranda, Venezuela. Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portuga, vol. 16, pp. 12. ISSN 1317-2255.
- ANESAPA**, 2014. Guía para la Implementación, Operación y Cierre de Rellenos Sanitarios. MMAyA «Ministerio del medio ambiente y Agua» [en línea]. Disponible en: <http://www.anesapa.org/wp-content/uploads/2014/12/GuiaRellenosSanitarios.pdf>.
- ARRIAGA, E.**, 2013. Métodos de proyección de poblaciones. Algunas consideraciones sobre los más usados. Revista de Economía y Estadística, vol. 11, no. 1-2 : 1º y 2º Trimestre, pp. 55-68.
- AUNCANCELA, F.**, 2015. Diseño del edificio municipal para la ciudad General Antonio Elizalde y parroquias rurales (Cantón Bucay) Provincia del Guayas, período 2014- 2015. [en línea]. Técnico. Guayaquil-Ecuador: Universidad de Guayaquil. [Consulta: 23 noviembre 2019]. Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/9474/1/TESIS%20DE%20MUNICIPIO%20DE%20BUCA%20Y%20POR%20FREDDY%20AUCANCELA.pdf>.
- BANCO MUNDIAL**, 2018. Informe del Banco Mundial: Los desechos a nivel mundial crecerán un 70 % para 2050, a menos que se adopten medidas urgentes. What a Waste 2.0 [en línea]. Whashington, 20 septiembre 2018. [Consulta: 24 octubre 2019]. ISSN 2018/037/SURR. Disponible en: <https://www.bancomundial.org/es/news/immersive->

story/2018/09/20/what-a-waste-an-updated-look-into-the-future-of-solid-waste-management.

BARRIGA, P., 2015. Optimización en el tratamiento integral de los derivados sólidos y líquidos (compost - biol) de la materia orgánica y de impropios (lixiviados) en la gestión integral de residuos sólidos de la EMMAI-BCP-EP [en línea]. Investigativo. Riobamba: ESPOCH "Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. [Consulta: 23 octubre 2019]. Disponible en:

<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/4795/1/96T00330%20UDCTFC.pdf>.

BRION, J., 2007. Disposición final de residuos sólidos urbanos [en línea]. Buenos Aires-Argentina: ANI - Academia Nacional de Ingeniería. [Consulta: 28 octubre 2019]. Disponible en:

<http://ebookcentral.proquest.com/lib/esPOCHsp/detail.action?docID=3190860>.

CANTANHEDE, A. y SANDOVAL, L., 2010. Rellenos Sanitarios Manuales. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. Organización Panamericana de la Salud. [en línea]. Disponible en: <http://reciclario.com.ar/wp-content/uploads/Rellenos-Sanitarios.pdf>.

CARRERA, E., 2017. Los retos sostenibilistas del Sector Textil. Revista de Química e Industria Textil, no. 220, pp. 20-32. ISSN 2385-4804. Universitat Politècnica de Catalunya

CARRIL, V. y VÁSQUEZ, A., 2015. Evaluación de los procesos de gestión ambiental de residuos sólidos hospitalarios en el Departamento de Tumbes. Revista Manglar. Revista de Investigación Científica, vol. 10, no. 2, pp. 67-76. ISSN 1816-7667.

CASTELLS, X.E., 2012. Reciclaje de residuos industriales: Residuos sólidos urbanos y fangos de depuradora. 2da. Edición. Madrid: Díaz de Santos, S.A. ISBN 978-84-9969-366-8.

CEPIS-BS/SDE/OPS-OMS, 2002. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente/Unidad de Saneamiento Básico/Área de Desarrollo Sostenible/Salud Ambiental de la Organización Panamericana de la Salud. Curso de Autoaprendizaje: «Diseño, Construcción y Operación de Rellenos Sanitarios Manuales» [en línea]. [Consulta: 23 octubre 2019]. Disponible en: http://www.bvsde.paho.org/cursoa_rsm/e/unidad3.html.

CEPIS/OPS. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales [en línea], 2002.

[Consulta: 19 octubre 2019]. Disponible en:
<http://www.bvsde.paho.org/eswww/fulltext/curso/relleno/capitulo2.html>.

COA. El Código Orgánico del Ambiente [en línea], 2017. [Consulta: 17 octubre 2019].
Disponible en: <http://www.ambiente.gob.ec/codigo-organico-del-ambiente-coa/>.

COLLAZOS, H., 2013. Diseño y Operación de Rellenos Sanitarios. 4tha. Edición. S.l.: Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. ISBN 978-958-8726-12-0.

COLMENARES, W. y SANTOS, K., 2007. Generación y manejo de gases en sitios de disposición final. Generación y manejo de gases en rellenos sanitarios [en línea]. [Consulta: 27 octubre 2019]. Disponible en:
<https://www.ingenieriaquimica.org/system/files/relleno-sanitario.pdf>.

CORONADO, M., 2017. Rellenos Sanitarios Manuales. Docsity. Guías, Proyectos, Investigaciones de Ingeniería Ambiental [en línea]. [Consulta: 19 octubre 2019].
Disponible en: <https://www.docsity.com/es/rellenos-sanitarios-manuales/2168361/>.

DANE, 2012. Información Estadística. Hoja metodológica de Indicadores. Residuos sólidos generados per cápita. Cuenta Satélite Ambiental (CSA) [en línea]. [Consulta: 27 octubre 2019].
Disponible en: https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/pib/ambientales/cuentas_ambientales/indicadores/cuenta-ambiental-y-economica-de-flujo-de-materiales/residuos-solidos-percapita/hm-residuos-solidos-percapita.pdf.

DATOS CLIMÁTICOS MUNDIALES, 2019. Clima Bucay: Temperatura, Climograma y Tabla climática para Bucay. Temperatura media anual [en línea]. [Consulta: 6 diciembre 2019]. Disponible en: <https://es.climate-data.org/america-del-sur/ecuador/provincia-del-guayas/bucay-177915/>.

DÍAS, J., 2017. El negocio inclusivo de reciclaje entendido como una estrategia empresarial a desarrollar por la industria manufacturera de papel y cartón en la ciudad de Cuenca-Ecuador. Revista Economía y Política, vol. 24, pp. 147-167. ISSN 2477-9075. DOI 10.25097/rep.n24.2016.06.

EPA. Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos [en línea], 2018. [Consulta: 15 octubre 2019]. Disponible en: <https://espanol.epa.gov/>.

- ERSES, S.**, 2015. Application of life cycle assessment (LCA) for municipal solid waste management: a case study of Sakarya. *Journal of Cleaner Production*. ScienceDirect, vol. 94, pp. 284-293. ISSN 0959-6526. DOI 10.1016/j.jclepro.2015.01.089.
- FAO**, 2010. Estructura de conducción de Agua. Diseño de Canales. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [en línea]. [Consulta: 29 octubre 2019]. Disponible en: http://www.fao.org/tempref/FI/CDrom/FAO_Training/FAO_Training/General/x6708s/x6708s08.htm.
- FERNÁNDEZ, C., LEÓN, A., RODRÍGUEZ, Y., MARTÍNEZ, P. y MENESES, D.**, 2018. Influencia del método de estimación en el coeficiente de Manning para cauces naturales. *Rvt. SciELO. Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, vol. 39, no. 1, pp. 17-31. ISSN 1680-0338.
- FLORES, S. y GUERRERO, R.**, 2017. Diseño de un sistema de gestión integral de residuos sólidos para la parroquia Misahualli Cantón Tena. [en línea]. Proyecto Técnico. Riobamba: ESPOCH "Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. [Consulta: 27 octubre 2019]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/7854/1/236T0288.pdf>.
- GAD MUNICIPAL CANTÓN GENERAL ANTONIO ELIZALDE BUCAY**, 2019. PDYOT «Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial». Dirección de Planificación. [en línea]. 9 abril 2019. S.l.: s.n. [Consulta: 22 noviembre 2019]. Disponible en: http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdiagnostico/0960001620001_0960001620001_PDOT%20DIAGNOSTICO%20ACTUALIZADO%20BUCAY_15_15-01-2015_09-53-50_12-04-2016_12-15-27.pdf.
- GADEA, C.**, 2011. Especificaciones técnicas generales Ambientales. Manual de carreteras de Paraguay. Medio Ambiente y Fiscalización de Obras [en línea]. Disponible en: <https://www.mopc.gov.py/userfiles/files/Especificaciones%20Tecnicas%20Generales%20Ambientales.pdf>.
- GALVÁN, F. y BAUTISTA, M.**, 2010. Breviario sobre prevención y gestión integral de residuos [en línea]. México, D.F.: Ediciones Arlequín. [Consulta: 19 noviembre 2019]. ISBN 978-968-7463-91-9. Disponible en: <http://ebookcentral.proquest.com/lib/esPOCHsp/detail.action?docID=3197977>.

- GARCÍA, R.**, 2019a. Gestión de residuos inertes. UF0286 [en línea]. La Rioja, SPAIN: Tutor Formación. [Consulta: 29 octubre 2019]. ISBN 978-1-5129-6915-3. Disponible en: <http://ebookcentral.proquest.com/lib/epochsp/detail.action?docID=5809969>.
- GARCÍA, R.**, 2019b. Tratamiento de residuos urbanos o municipales. UF0285 [en línea]. La Rioja, SPAIN: Tutor Formación. [Consulta: 29 octubre 2019]. ISBN 978-1-5129-6920-7. Disponible en: <http://ebookcentral.proquest.com/lib/epochsp/detail.action?docID=5809981>.
- GHINEA, C., DRAGOI, E., COMANITA, E., GAVRILESCU, Marius, CAMPEAN, T., CURTEANU, S. y GAVRILESCU, María**, 2016. Forecasting municipal solid waste generation using prognostic tools and regression analysis. *Journal of Environmental Management*. ScienceDirect, vol. 182, pp. 80-93. ISSN 0301-4797. DOI 10.1016/j.jenvman.2016.07.026.
- GÓMEZ, I., GONZÁLES, L., CRESPO, A. y QUINTANA, R.**, 2018. Alternativa de recuperación de elementos metálicos en residuos sólidos industriales. *Revista Centro Azúcar*, vol. 46, no. 2, pp. 35-44. ISSN 2223- 4861.
- GONZÁLES, S. y MEZA, V.**, 2017. Percepción de la formalidad de la cadena de reciclaje de vidrio en Lima Zona Norte. *Fundación Dialnet*. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima-Perú, vol. 78, no. 2, pp. 216-224. ISSN 2519-7398. DOI <http://dx.doi.org/10.21704/ac.v78i2.1059>.
- GONZÁLEZ, F. y PÉREZ, A.**, 2010. Estudio de Impacto Ambiental y Plan de Manejo Ambiental del Proyecto Construcción y Operación del "Sistema de Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos de los cantones Pallatanga, Cumandá y Bucay de las Provincias de Chimborazo y Guayas. [en línea]. 2010. S.l.: s.n. [Consulta: 23 octubre 2019]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/339413433/ESTUDIO-DE-IMPACTO-AMBIENTAL-Y-PLAN-DE-MANEJO-AMBIENTAL-DEL-PROYECTO-DE-CONSTRUCCION-Y-OPERACION-DE2-docx>.
- HERNÁNDEZ, M., AGUILAR, Q., TABOADA, P., LIMA, R., ELJAIEK, M., MÁRQUEZ, L. y BUENROSTRO, O.**, 2017. Generación y composición de los residuos sólidos urbanos en América Latina y el Caribe. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, vol. 32, no. 0, pp. 11-22. ISSN 01884999. DOI 10.20937/RICA.2016.32.05.02.

- HERRERA, S.G., MARTÍNEZ, K.L. y FUENTES, A.,** 2017. Cabañas ecológicas un recurso para potenciar el desarrollo turístico de las comunidades rurales. *Revista Ciencias Pedagógicas e Innovación*, vol. 5, no. 3, pp. 1-6. ISSN 1390-7603. DOI 10.26423/rcpi.v5i3.198.
- INAMHI «INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA»**, 2019. Determinación de ecuaciones para el cálculo de intensidades máximas de precipitación. Actualización del Estudio de lluvias Intensas [en línea]. [Consulta: 29 octubre 2019]. Disponible en: http://www.serviciometeorologico.gob.ec/Publicaciones/Hidrologia/ESTUDIO_DE_INTENSIDADES_V_FINAL.pdf.
- INEC**, 2010. Instituto Nacional de Estadística y Censos. Información Censal. Población y tasas de crecimiento intercensal de 2010-2001-1990 por sexo, según parroquias. [en línea]. [Consulta: 6 diciembre 2019]. Disponible en: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/informacion-censal-cantonal/>.
- INEC**, 2017. Estadística de Información Ambiental Económica en Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales. Instituto Nacional de Estadística y Censos [en línea]. [Consulta: 23 octubre 2019]. Disponible en: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/segun-la-ultima-estadistica-de-informacion-ambiental-cada-ecuatoriano-produce-058-kilogramos-de-residuos-solidos-al-dia/>.
- INEC**, 2018. Instituto Nacional de Estadística y Censos. Gestión de Residuos sólidos. GAD Municipales. Estadísticas GAD Municipales AME [en línea]. [Consulta: 11 mayo 2020]. Disponible en: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/informacion-2017-gad/>.
- INEC**. Instituto Nacional de Estadística y Censos. Estadísticas de Información Ambiental GAD Municipales [en línea], 2017. [Consulta: 17 octubre 2019]. Disponible en: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/informacion-2017-gad/>.
- ISWA**, 2010. International Solid Waste Association. Landfill Operational Guidelines [en línea]. 2nd Edition. S.l.: s.n. [Consulta: 23 octubre 2019]. Disponible en: https://www.iswa.org/index.php?eID=tx_bee4memberships_download&fileUId=98.
- JARAMILLO, J.**, 2003. Guidelines for the design, construction and operation of manual sanitary landfills. Pan American Center for Sanitary Engineering and Environmental Sciences [en línea]. [Consulta: 29 octubre 2019]. Disponible en: <http://www.bvsde.ops-oms.org/cdrom-repi86/fulltexts/bvsars/fulltext/guideliness.pdf>.

- JIMÉNEZ, N.**, 2015. La gestión integral de residuos sólidos urbanos en México: entre la intención y la realidad. *Revista Latinoamericana de Estudios Sociambientales*, vol. 17, pp. 29-56. ISSN 1390-6631, 1390-4280.
- KALLEL, A., SERBAJI, M. y ZAIRI, M.**, 2016. Using GIS-Based Tools for the Optimization of Solid Waste Collection and Transport: Case Study of Sfax City, Tunisia. En: DOI: 10.1155/2016/4596849, *Journal of Engineering. Hindawi.*, vol. 2016, pp. 1-8. DOI 10.1155/2016/4596849.
- LOBO, S.O.**, 2017. Operaciones para la gestión de residuos industriales. SEAG0108. S.l.: IC Editorial. ISBN 978-84-17086-00-8.
- LOFRET, E.**, 2005. El libro de las tablas y las formulas / The book of multiplication tables and formulas. 1era. Buenos Aires-Argentina: Imaginador. ISBN 978-950-768-381-7.
- MAE**, 2017. Programa Nacional para la Gestión Integral de Desechos Sólidos – PNGIDS. Ministerio del Ambiente [en línea]. [Consulta: 23 octubre 2019]. Disponible en: <https://www.ambiente.gob.ec/programa-pngids-ecuador/>.
- MAQUISACA, M.**, 2019. Sesión Ordinaria del Concejo Municipal GAD Cumandá. Acta N° 19-2018 [en línea]. [Consulta: 24 octubre 2019]. Disponible en: <http://www.cumanda.gob.ec/images/cumanda/Gaceta%20municipal/actas/actas2018/ACTA%2019-17-05-2018.pdf>.
- MCDOUGALL, F., WHITE, P., FRANKE, M. y HINDLE, P.**, 2008. Integrated Solid Waste Management: A Life Cycle Inventory. S.l.: John Wiley & Sons. ISBN 978-0-470-99966-0.
- MEZÚA, L. y DOMÍNGUEZ, V.**, 2017. Plan de manejo integral de residuos sólidos para la comunidad de Pijibasal, zona de amortiguamiento del Parque Nacional Darién, República de Panamá. *Revista de Iniciación Científica*, vol. 2, no. 2, pp. 46-55. ISSN 2413-6786.
- MINAM**, 2011. Ministerio del Ambiente Perú. Guía de Diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario manual. Red de Instituciones Especializadas en capacitación para la gestión integral de residuos sólidos. [en línea]. [Consulta: 23 octubre 2019]. Disponible en: <https://redrrss.minam.gob.pe/material/20130703125736.pdf>.
- MMAYA, VAPSB y DGGIRS**, 2012. Guía para el Diseño, Construcción, Operación, Mantenimiento y Cierre de Relleno Sanitario [en línea]. Bolivia: s.n. [Consulta: 22

octubre 2019]. Disponible en: <http://www.anesapa.org/wp-content/uploads/2014/07/Guia-para-el-Diseño-Construcción-Operación-Mantenimiento-y-Cierre-de-Relleno-Sanitario.pdf>.

MONTANER, M. y SÁNCHEZ, E., 1988. Aproximación, por el método de Thornthwaite, al cálculo de infiltración de lluvia útil. Papeles de Geografía, no. 14, pp. 223-235. ISSN 1989-4627.

MORA, A., MOLINA, N., MORA, A. y MOLINA, N., 2017. Diagnóstico del manejo de residuos sólidos en el parque histórico Guayaquil. Revista de Ciencias de la Vida, vol. 26, no. 2, pp. 72-83. ISSN 1390-8596. DOI 10.17163/lgr.n26.2017.07.

MORILLAS, A., PÉREZ, M., VALDEMAR, R., CONTRERAS, M., ISLAS, S., GUILLÉN, M. y FILGUEIRA, H., 2017. Generación, legislación y valorización de residuos plásticos en Iberoamérica. Revista Internacional de Contaminación Ambiental, vol. 32, no. 0, pp. 63-76. ISSN 01884999. DOI 10.20937/RICA.2016.32.05.05.

OAKLEY, S. y JIMENEZ, R., 2012. Sustainable sanitary landfills for neglected small cities in developing countries: The semi-mechanized trench method from Villanueva, Honduras. ScienceDirect. Waste Management, vol. 32, no. 12, pp. 2535-2551. ISSN 0956-053X. DOI 10.1016/j.wasman.2012.07.030.

OPS «ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD», 2018. Diseño de un Relleno Sanitario Manual. Unidad 5. Área de Desarrollo Sostenible y Salud Ambiental [en línea]. [Consulta: 29 octubre 2019]. Disponible en: https://www.dropbox.com/sh/rid4ewmnc15wedo/AAAAAQH8F-kkhCx71KXF466fa/MG_RS_2018?dl=0&preview=unidad5.pdf&subfolder_nav_tracking=1.

PANAGIOTAKOPOULOS, D. y DOKAS, I., 2001. Design of landfill daily cells. Waste Management & Research, vol. 19, no. 6, pp. 613-622. ISSN 0734-242X. DOI 10.1177/0734242X0101900617.

PARDO, H., 2018. Programación del riego mediante el balance hídrico en una palantación de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) en el cantón Marcelino Maridueña provincia del Guayas. Universidad Agraria del Ecuador [en línea]. Disponible en: <http://www.secsuelo.org/wp-content/uploads/2015/06/9.%20Jose%20Pardo.pdf>.

- PESANTES, L., RUIZ, V., MUÑOZ, M. y ALDÁS, M.,** 2018. Estudio piloto para el tratamiento de lixiviados generados en un botadero controlado. *Gestión y Ambiente*, vol. 21, no. 2, pp. 233-241. ISSN 2357-5905. DOI 10.15446/ga.v21n2.74908. Lixiviados
- PORTA, J.,** 2008. *Introducción a la Edafología: Uso y Protección del suelo*. [en línea]. Madrid, SPAIN: Mundi-Prensa. [Consulta: 21 noviembre 2019]. ISBN 978-1-4492-1177-6. Disponible en: <http://ebookcentral.proquest.com/lib/epochsp/detail.action?docID=3175738>.
- QUIROZ, I.,** 2018. Parámetros técnicos que determinan el óptimo proceso constructivo del paso a desnivel en minera la Arena. [en línea]. Técnico. Perú: Universidad Nacional de Trujillo. Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas. Disponible en: <http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/11052/QUIROZ%20MARREROS%2C%20IRWIN%20JEANFRANCO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- RAMOS, J.,** 2016. El plan de cierre del Relleno Sanitario de Mallasa: Evaluación y soluciones sobre contaminación de suelos mediante el uso de la lombricultura. *ResearchGate*, pp. 1-34.
- RENDÓN, A.,** 2012. Caracterización de Residuos Sólidos. *Cuaderno Activa*, vol. 4, pp. 67-72. ISSN 2619-5232.
- RIQUERO, K.,** 2018. Guía para el Diseño y Construcción de Infraestructuras de Disposición Final de Residuos Sólidos Municipales. Resolución Ministerial N° 459-2018-MINAM [en línea]. [Consulta: 27 octubre 2019]. Disponible en: <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/265629/459-2018-RM.pdf>.
- ROBEN, E.,** 2002. Diseño, Construcción, Operación y Cierre de Rellenos Sanitarios Municipales. Ilustre Municipalidad de Loja. Dirección de Higiene. [en línea]. [Consulta: 27 octubre 2019]. Disponible en: <https://www.chilecubica.com/app/download/12323819831/Dise%C3%B1o+y+Construcci%C3%B3n+Relleno+Sanitario.pdf?t=1506021564>.
- ROCA, L., TAPIA, D., CADENA, J. y HERNÁNDEZ, R.,** 2017. Aprovechamiento de residuos orgánicos en distintos cultivos de Ecuador. *Revista Científica Axioma*, vol. 16, pp. 84-95. ISSN 2550-6684.
- RONDÓN, E., SZANTÓ, M., PACHECO, J., CONTRERAS, E. y GÁLVEZ, A.,** 2016. Guía general para la gestión de residuos sólidos domiciliarios. *Manuales de la CEPAL N° 2*.

Naciones Unidas, Santiago: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). ISBN 2518-3923.

RUIZ, M., 2017. Contexto y evolución del plan de manejo integral de residuos sólidos en la Universidad Iberoamericana Ciudad de México. *Revista internacional de contaminación ambiental*, vol. 33, no. 2, pp. 337-346. ISSN 0188-4999. DOI 10.20937/rica.2017.33.02.14.

SAKURAI, K., 2000. Método sencillo del análisis de residuos sólidos. CEPIS «Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente» [en línea]. [Consulta: 20 octubre 2019]. Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/eswww/proyecto/repidisc/publica/hdt/hdt017.html>.

SÁNCHEZ, M. y CASTRO, J., 2007. *Gestión y Minimización de Residuos*. Gestión Ambiental, Ecología y Calidad. Madrid: Fundación Confemetal. ISBN 978-84-96743-34-2.

SBARATO, D., 2006. Aspectos generales de la problemática de los residuos sólidos urbanos [en línea]. Córdoba, Argentina: Editorial Brujas. [Consulta: 29 octubre 2019]. ISBN 978-1-4492-2375-5. Disponible en: <http://ebookcentral.proquest.com/lib/epochsp/detail.action?docID=3192470>.

SEMARNAT, 2010. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Manual de especificaciones técnicas para la construcción de rellenos sanitarios para residuos sólidos urbanos (RSU) y residuos de manejo especial (RME). [en línea]. [Consulta: 28 octubre 2019]. Disponible en: https://www.cmic.org.mx/comisiones/Sectoriales/infraestructurahidraulica/publicaciones_conagua/RESIDUOS%20PELIGROSOS/MANU-ESP-TEC2010.pdf.

SILLERO, F., 2012. Tratamiento de residuos urbanos o municipales: gestión de residuos urbanos e industriales (UF0285) [en línea]. Málaga, SPAIN: IC Editorial. [Consulta: 29 octubre 2019]. ISBN 978-1-4492-8987-4. Disponible en: <http://ebookcentral.proquest.com/lib/epochsp/detail.action?docID=3212687>.

SILVERIO, G.C. y SANCHEZ, O.O., 2008. Valorización de los residuos sólidos en la ciudad universitaria de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. *Revista del Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica*, vol. 11, no. 21, pp. 95-99. ISSN 1682-3087.

- SNI.** Sistema Nacional de Información. Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón General Antonio Elizalde [en línea], 2015. [Consulta: 21 noviembre 2019]. Disponible en: <https://sni.gob.ec/planes-de-desarrollo-y-ordenamiento-territorial>.
- SOTO, A.,** 2013. Diseño y evaluación comparativa de sistemas de drenaje de tipo dren Francés y tipo sintético en el sector Quintanillapampa [en línea]. Ciudades sostenibles. Perú: Universidad Nacional de Huancavelica. [Consulta: 27 octubre 2019]. Disponible en: <http://repositorio.unh.edu.pe/bitstream/handle/UNH/236/TP%20-%20UNH%20CIVIL%200020.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- SUIA,** 2013. Sistema Único de Información Ambiental. Acuerdos Ministeriales No.52. Reforma al Acuerdo Ministerial No. 031. Proceso de Cierre Técnico y Saneamiento de Botaderos de los Desechos Sólidos y Viabilidad Técnica. [en línea]. [Consulta: 28 octubre 2019]. Disponible en: <http://suia.ambiente.gob.ec/acuerdos-ministeriales>.
- USDA, D. de A. de los E.U. y NRCS, S. de C. de R.N.,** 2014. Claves para la Taxonomía de Suelos. [en línea]. Décima segunda. Montecillo, Texcoco, Estado de México: s.n. ISBN 978-92-5-305511-1. Disponible en: https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs142p2_051546.pdf.
- VARGAS, O., LÓPEZ, C. y CISNEROS, V.,** 2015. Plan de manejo de residuos sólidos generados en la Universidad Tecnológica de Salamanca. Revista Iberoamericana de Ciencias. ReIbCi., vol. Vol. 2, no. 5, pp. 84-91. ISSN 2334-2501.
- VARGAS, R.,** 2009. Guía para la descripción de suelos. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). [en línea]. Cuarta. Roma: Fiat Panis. [Consulta: 21 noviembre 2019]. Disponible en: <http://ebookcentral.proquest.com/lib/epochsp/detail.action?docID=3202427>.
- VÉLEZ, A. y CAMARGO, Y.,** 2009. Emisiones de Biogás producidas en Rellenos Sanitarios. II Simposio Iberoamericano de Ingeniería de Residuos. ResearchGate. [en línea]. Colombia: s.n., pp. 12. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/276062721_EMISIONES_DE_BIOGAS_PRODUCIDAS_EN_RELLENOS_SANITARIOS.
- VEN TE CHOW,** 1994. Hidrología Aplicada. Primera. Bogota - Colombia: McGRAW HILL. ISBN 958-600-171-7.
- ZENG, C., NIU, D., LI, H., ZHOU, T. y ZHAO, Y.,** 2016. Public perceptions and economic values of source-separated collection of rural solid waste: A pilot study in China.

Resources, Conservation and Recycling. ScienceDirect, vol. 107, pp. 166-173. ISSN 0921-3449. DOI 10.1016/j.resconrec.2015.12.010.

ANEXOS

ANEXO A: MUESTREO GENERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS CANTÓN BUCAY

CUADRAS	Muestreo inicial	Muestreo 1	Muestreo 2	Muestreo 3	Muestreo 4	Muestreo 5	Muestreo 6	Muestreo 7	Muestreo 8	Pesos promedio (Kg)	PESO TOTAL (Kg)
C1	5	6,9	7,5	6,5	7,4	7,2	6,8	6,8	6,9	7	36,8
	4,7	8,3	9,3	8,3	7,5	7,8	8,3	9,3	9,2	8,5	
	4,3	4,5	4,8	5,3	4,7	5,3	5	5,2	5,2	5,0	
	3,9	5,9	7,2	6,5	6,5	7	7,3	6,8	6,9	6,8	
	4,6	8,9	9,6	9,9	9,5	8,9	9,3	10	9,8	9,5	
C2	5	14,3	16,3	13,8	15,9	17,8	14,5	15,4	12	15	49,3
	6,3	7,2	8,5	7,8	5,3	8,5	6,9	8,3	7,5	7,5	
	3,3	10,5	12	12,5	12,4	10,8	11,5	13,6	12,7	12	
	2,4	5,6	8,1	6,3	7,2	5,3	8,1	6,2	5,1	6,5	
	5,5	8,4	8,1	8,7	8,9	7,2	7,6	9,2	8,5	8,3	
C3	4,3	8,1	7,1	8,4	6,8	9,3	8,5	8,7	6,4	7,9	7,9
C4	6	13,1	12,2	13,5	14,3	12,9	14,5	13,9	13,6	13,5	13,5
C5	4,5	9,5	8,6	9,1	8,4	9	10,1	8,9	8,5	9	20,3
	5,5	10,1	12,2	10,9	11,3	11,7	11,2	12,1	11,1	11,3	

C6	4	8,6	7,4	8,2	6,8	8,8	7,9	7,5	8,6	8	36,8
	6	13	10,7	12,3	11,6	11,8	12,4	11,9	12,6	12	
	5,5	8,2	7	8,1	7,5	6,4	6,6	7,3	9	7,5	
	3,3	9,6	10,4	8,3	10,5	8,8	8,5	10,2	8,2	9,3	
C7	5	11,5	8,6	8,8	10	11,5	8	9,3	11,7	10	16
	3,7	5,8	6,8	5,7	6	4,9	7	6,5	7,2	6	
C8	4,8	4,3	4,8	4,4	5,4	3,9	4,5	4	4,9	4,5	67,6
	5,2	5,5	6,1	4,9	6,5	5,3	7,2	5,2	6,2	5,9	
	3,8	9,8	12,3	11,5	10,6	10,8	11,1	10,5	11,4	11	
	5,6	8	9,5	10	8,2	7,5	9,3	10,2	9,1	9	
	6,2	10,1	9,7	11,4	10,9	10,5	11,3	9,5	10,8	10,5	
	4,5	12,3	10,5	9,5	11,3	10,8	11,5	10,5	11,6	11	
	6,5	8,4	7,6	6,5	7,5	8,8	8,5	7,5	7	7,7	
	2,8	9,1	7,9	8,3	6,7	8,2	6,8	9,2	7,5	8	
C9	3,5	10,5	9,3	11,9	12	11,9	14	12,9	13,5	12	29,2
	4,8	5,5	4,9	6,8	4,2	6,8	5,6	4,5	5,8	5,5	
	5,9	10,7	12,5	10,6	11,6	12	12,4	11,3	12,4	11,7	
C10	4,6	9	8,9	8,3	6	6,6	8,8	6,9	7,9	7,8	108

	6	3,1	2,8	4	2,9	4,2	3,3	2,5	3,5	3,3	
	5,3	9,1	11,2	7,8	8,9	9,5	7,5	9,2	8,8	9	
	7,8	23,6	20,6	21,3	18,5	22,2	19,4	21,4	21,5	21	
	3,5	6,8	5,5	4,9	4,4	6,7	7	7,7	5,1	6	
	2,8	16,3	15,9	14,4	16,3	15,3	17,2	16,9	15,8	16	
	5	4,2	6,4	6,9	4,7	5,7	5	5,4	6,6	5,6	
	4,3	6,7	7,2	4,8	5,9	5,7	7,3	4,3	6,1	6	
	3,8	7,6	8,2	6,1	6,3	7,2	8,5	7,9	6,5	7,3	
	6,4	12,2	14,5	13,4	15,9	12,5	13,4	14,9	15,3	14	
	5,3	3,4	3,6	4,3	2,5	3	2,1	4,4	2,2	3,2	
	4,9	10,2	9,5	7,8	8,2	7,5	9,9	8,4	9,1	8,8	
C11	3,8	8,5	6,6	7,5	9,3	7,8	6,5	8,5	7,8	7,8	41,4
	4,3	8	10,3	9,5	11,3	9,6	11,9	9,1	10,4	10	
	5,5	6,8	4,9	5,7	4,5	4,2	5,7	6,1	4,3	5,3	
	7,4	7	10,6	9,7	8,5	7,4	8,9	10,2	9,9	9	
	6,3	9,5	8,6	10,6	7,9	9,8	10	9,8	8,3	9,3	
C12	5,4	6,4	8,3	6,7	8,2	7,4	8,5	8,3	7,8	7,7	7,7
C13	3,8	2,7	3,8	3,4	2,5	3,6	2,5	3	2,8	3	406,3

	4,5	4	6,9	5,7	4,5	5,4	6,1	6,6	4,7	5,5
	4	2,2	4,2	3,3	2	3,1	2,7	2,1	4,3	3
	7,2	7,7	5,4	6,9	8,1	5,8	7,9	8,3	7,5	7,2
	5,9	10,6	9,5	9,4	9,6	10,9	9,8	8,9	11,3	10
	4,3	8,6	9,6	10,5	11,4	10,1	12,3	7,8	9,9	10
	3,8	4,5	5,6	3,5	5,7	2,9	4,6	5,9	3,3	4,5
	6,5	6,3	8,7	5,7	8,1	5,3	7,1	6,9	7,5	7
	5,2	3,9	5,1	4,5	5,9	3,8	4,8	3,2	5,1	4,5
	8,3	9,5	10,7	8,9	10,2	9,7	10,3	11,3	9,4	10
	5,8	4,8	8,5	5,6	4,8	5,1	6,3	7,8	4,3	5,9
	3,3	17,7	14,2	14,3	13,3	16,4	14,1	15,6	16,9	15,3
	4,7	7,6	8,8	6,4	7,5	9,8	10,6	7,9	12,6	8,9
	5,6	5,8	7,2	6	5,3	5,6	7,1	6,1	4,9	6
	3,7	4,6	5,3	4	3,9	6,3	2,6	4,2	3,5	4,3
	5,3	6,2	9,1	8,8	9,9	10,8	8,7	9,5	7,4	8,8
	4,8	5,3	8,4	6,7	5,6	7,6	8,7	4,5	7,5	6,8
	5,9	12,5	13,7	11,6	12,5	13,6	13,8	12,5	13,5	13
	3,5	5,6	4	3,5	4,1	5,8	5,1	3,9	5,5	4,7

	7,2	5,5	7,1	5,6	5,3	6,3	4,8	5,2	6,5	5,8	
	6,8	6,9	7,5	6,4	7,3	8,3	8	6,4	8,4	7,4	
	5,7	5,5	7,4	5,6	6,2	4,6	5,1	5,9	7,8	6	
	3,8	5,6	3,6	5,1	5,6	5,4	4,4	5,5	3,2	4,8	
	4,6	8,3	11,5	8,6	9,5	11,9	10,9	10,6	11,3	10,3	
	3,8	5,6	6,4	5,4	4,7	5,2	6,6	7,3	5,7	5,9	
	5,3	4,6	5,1	6,1	4,8	5,4	3,6	4,3	3,7	4,7	
	6,9	13,2	16,6	14,3	13,5	15,2	17,2	13,6	16,5	15	
	4,2	15,8	14,5	16,5	13,5	17,8	14,9	17,1	18	16	
	6,7	7,7	6,4	10,6	9,5	11,1	8,7	9,6	7,3	8,9	
	4,3	4,7	7,3	5,8	4,1	7,1	4,7	6,3	7,4	5,9	
	3,8	5,5	7,5	6,3	8,3	5,1	9,2	5,7	8,5	7	
	5,3	4,8	6,9	4,9	7,2	5,9	4,2	3,9	6,2	5,5	
	7,6	17,1	15,3	15,8	16,8	14,8	16,1	15,1	14,7	15,7	
	3,8	5,2	6,6	8,8	7,1	6,5	6,8	5,8	8,9	7	
	8,5	10,3	8,9	8,3	9,2	8,7	10,3	9,1	9,6	9,3	
	4,9	6,4	3,7	5,9	4,5	3,4	6,2	4,1	5,2	4,9	
	9,3	20,7	19,1	18,7	20,7	17,3	16,4	19,7	18,7	18,9	

	6,3	6,9	9,1	7,2	6,2	8,8	5,9	8,3	6,8	7,4	
	5,4	8,1	8,9	7,1	5,8	6,2	8,4	6,9	5,3	7,1	
	7,3	9,1	8,7	10,7	7,9	10,2	9,6	10,5	9,3	9,5	
	5,4	6,1	5,5	8,5	7,5	5,8	8,3	6,2	7,4	6,9	
	7,5	11,2	12,3	10,8	13,2	11,4	13,7	12,2	14,1	12,4	
	6,9	12,7	15,9	12,1	13,5	14,2	11,9	15,3	16,3	14	
	5,4	6,1	8,3	6,7	7,9	9,7	8,2	9,1	7,3	7,9	
	6,3	9,6	10,3	7,9	8,7	11,2	10,4	9,3	8,6	9,5	
	4,8	11,5	12,8	9,5	10,6	11,2	9,8	10,1	12,7	11	
	5,8	8,1	7,3	6,1	9,1	7,5	6,7	8,3	10,1	7,9	
	4,3	4,7	5,8	6,6	4,8	7,3	4,1	7,5	6,5	5,9	
	5,5	8,5	10,5	9,9	8,2	9,1	11,1	8,2	9,9	9,4	
C14	4,8	7,9	9,5	9,9	7,8	7,6	10	9,9	9,4	9	258,2
	3,5	6,5	7,1	5,6	8,1	8,9	6,3	5,1	8,3	7	
	4,5	8,6	7,6	6,4	9,1	6,7	10	7,9	9,9	8,3	
	8,4	3,1	6,6	5,7	6,4	3,5	4,2	6,4	4,3	5	
	6,3	14,3	16,6	14,7	15,8	16,9	13,4	16,1	14,6	15,3	
	5,5	8,3	7,6	9,3	6,9	9,7	8,5	8,9	7,2	8,3	

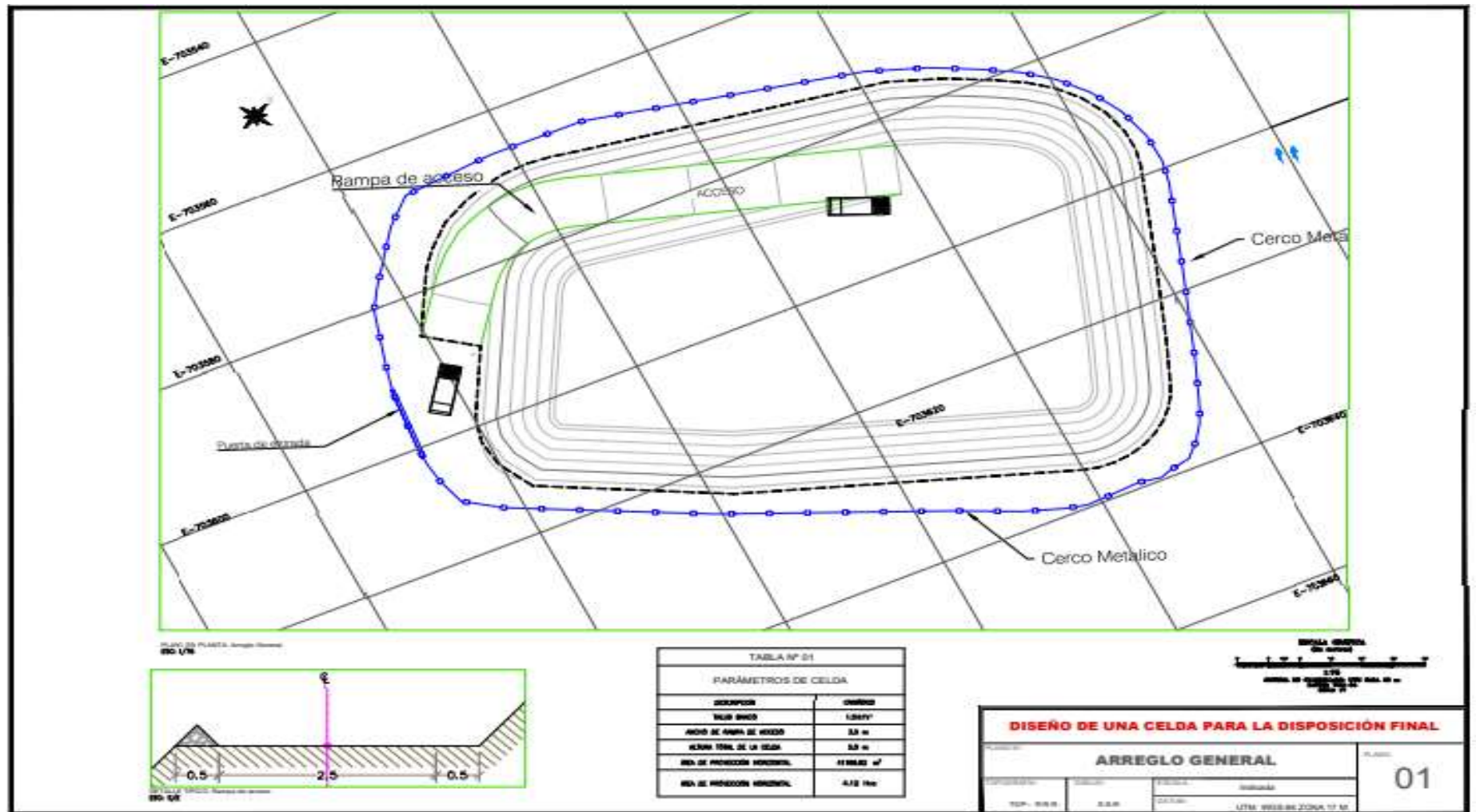
	4,5	7,1	5,6	6,3	5,1	6,5	8,3	8,1	8,9	7
	6,2	8,1	7,4	8,3	7,1	8,6	7,2	9,1	6,5	7,8
	5,8	6,3	8,9	7,4	9,6	7,4	6,9	7,2	5,5	7,4
	6,1	9,4	7,8	10,7	8,4	9,5	7,9	9,6	11,2	9,3
	4,7	11,8	10,9	12,7	9,8	10,7	11,8	12,8	11,5	11,5
	5,3	6,7	5,3	5,9	7,4	4,7	6,5	5,3	5,4	5,9
	6,3	17,5	14,3	15,5	16,8	11,4	16,5	15,3	15,2	15,3
	7,1	8,9	10,2	9,3	10,9	11,1	9,5	10,7	8,7	9,9
	6,4	6,2	7,1	8,3	5,9	6,8	7,3	8,9	5,4	7
	5,8	6,1	4,7	5,9	4,2	5,3	6,6	7,6	6,7	5,9
	4,6	10,5	7,4	9,9	10,9	8,7	11,7	9,7	10,5	9,9
	5,3	14,4	12,8	14,2	12,4	14,7	12,5	13,8	14,8	13,7
	6,5	7,7	8,1	7,9	10,9	8,9	10,3	9,3	11,2	9,3
	4,9	7,8	5,9	6,1	4,8	7,8	6,7	7,6	8,5	6,9
	7,6	5,6	8,3	6,8	7,9	8,6	9,4	7,2	8,6	7,8
	5,8	7,5	5,8	7,2	7,9	5,3	8,7	7,8	8,5	7,3
	4,7	13,6	9,8	11,7	10,4	12,3	12,7	9,7	13,2	11,7
	5,3	10,7	9,1	11,9	8,1	10,2	8,4	10,5	11,5	10

	6,3	7,5	9,4	8,2	9,2	8,7	10,2	8,5	9,3	8,9	
	8,3	6,8	8,5	7,5	9,6	6,2	8,3	7,2	8,8	7,9	
	4,3	9,4	7,8	10,8	8,8	8,4	9,3	9,8	10,3	9,3	
	6,1	7,3	4,6	5,9	7,3	6,2	5,3	4,5	5,1	5,8	
	7,2	10,2	9,2	7,9	10,8	8,6	10,5	11,3	9,7	9,8	
C15	3,7	8,3	9,2	7,4	8,7	6,4	8,2	6,3	8,4	7,9	93,3
	6,9	5,2	4,5	5,7	6,3	3,9	6,7	5,7	4,6	5,3	
	4,7	9,1	11,8	10,2	11,3	12,8	10,4	9,3	13,1	11	
	4,9	4,1	5,1	3,9	6,5	5,8	3,5	5,5	5,7	5	
	6,5	8,5	10,2	5,8	6,1	7,3	9,3	8,1	7,5	7,9	
	7,4	6,3	8,2	9,2	5,5	4,6	7,9	9,3	5,1	7	
	5,8	7,8	10,6	8,5	9,5	11,4	8,9	10,3	7,6	9,3	
	6,3	9,5	7,3	7,9	10,1	9,4	8,2	7,3	6,2	8,2	
	5,9	13,2	11,2	12,7	11,4	12,9	13,4	11,4	11,9	12,3	
	4,8	3,2	4,1	3,6	4,5	6,2	3,9	3,3	3,5	4	
	5,3	7,8	6,1	8,3	7,3	8,9	7,9	6,3	10,2	7,9	
	6,3	6,4	7,3	8,2	7,8	6,1	8,9	6,3	9,3	7,5	
	Total muestreo										

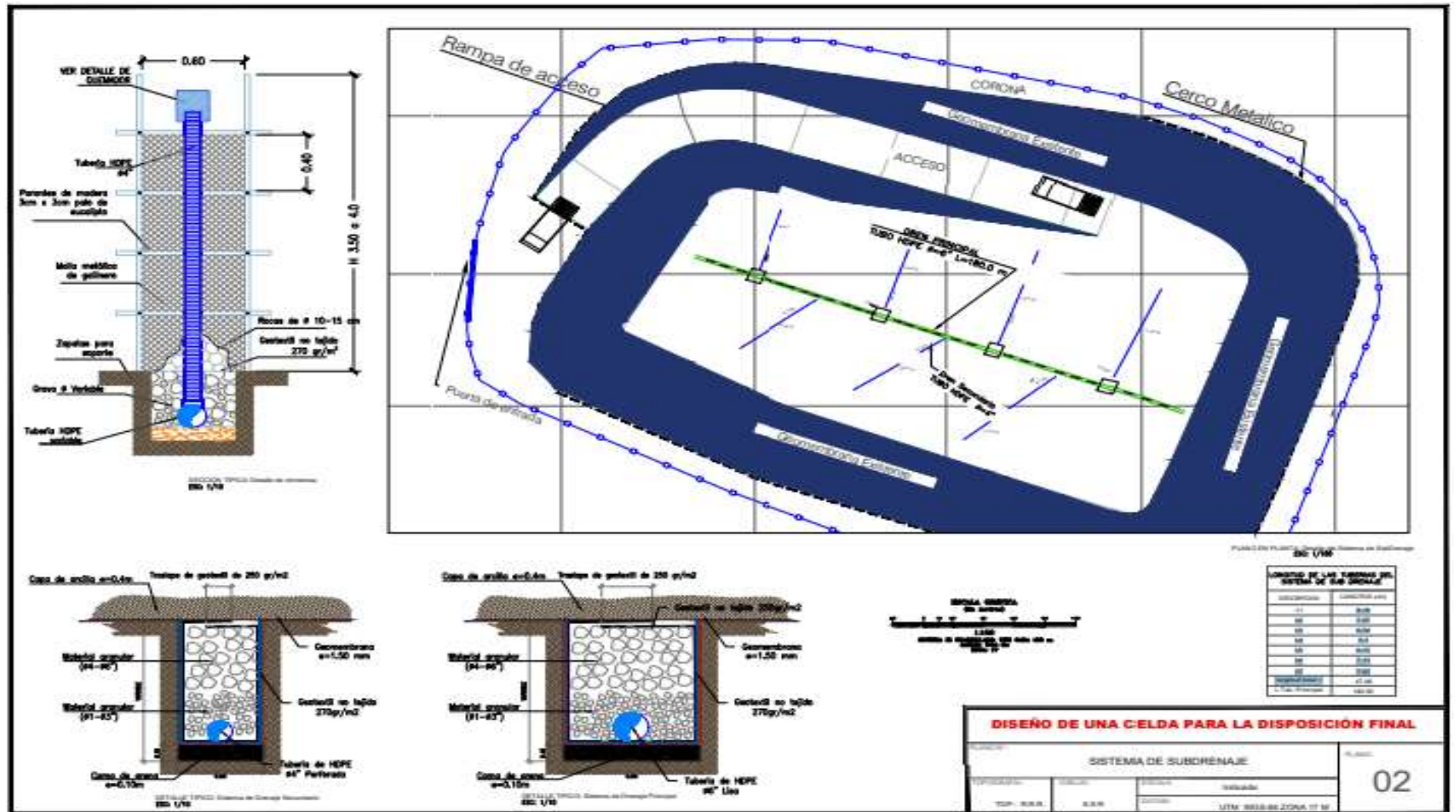
ANEXO B: DATOS MUESTREO PARA CÁLCULO DE DENSIDADES

CUADRAS	PESO (Kg)	PESO TOTAL (Kg)	ALTURA 1 (cm)	ALTURA 2 (cm)
C1-C3	42	74	74	47
	32			
C4-C5	23	57	60	45
	34			
C6-C7	29	96	77	52
	35			
	32			
C8-C10	28	91	76	38
	29			
	34			
C11	25	57	68	47
	32			
C12	30	56	65	52
	26			
C13	35	124	77	51
	28			
	32			
	29			
	41	117	75	51
	34			
	42			
	36	66	70	48
	30			
	92	92	78	61
59	59	43	27	
C14	30	89	70	41
	31			
	28			
	31	81	74	43
	50			
	32	74	76	38
42				
C15	60	60	76	46
	1193			

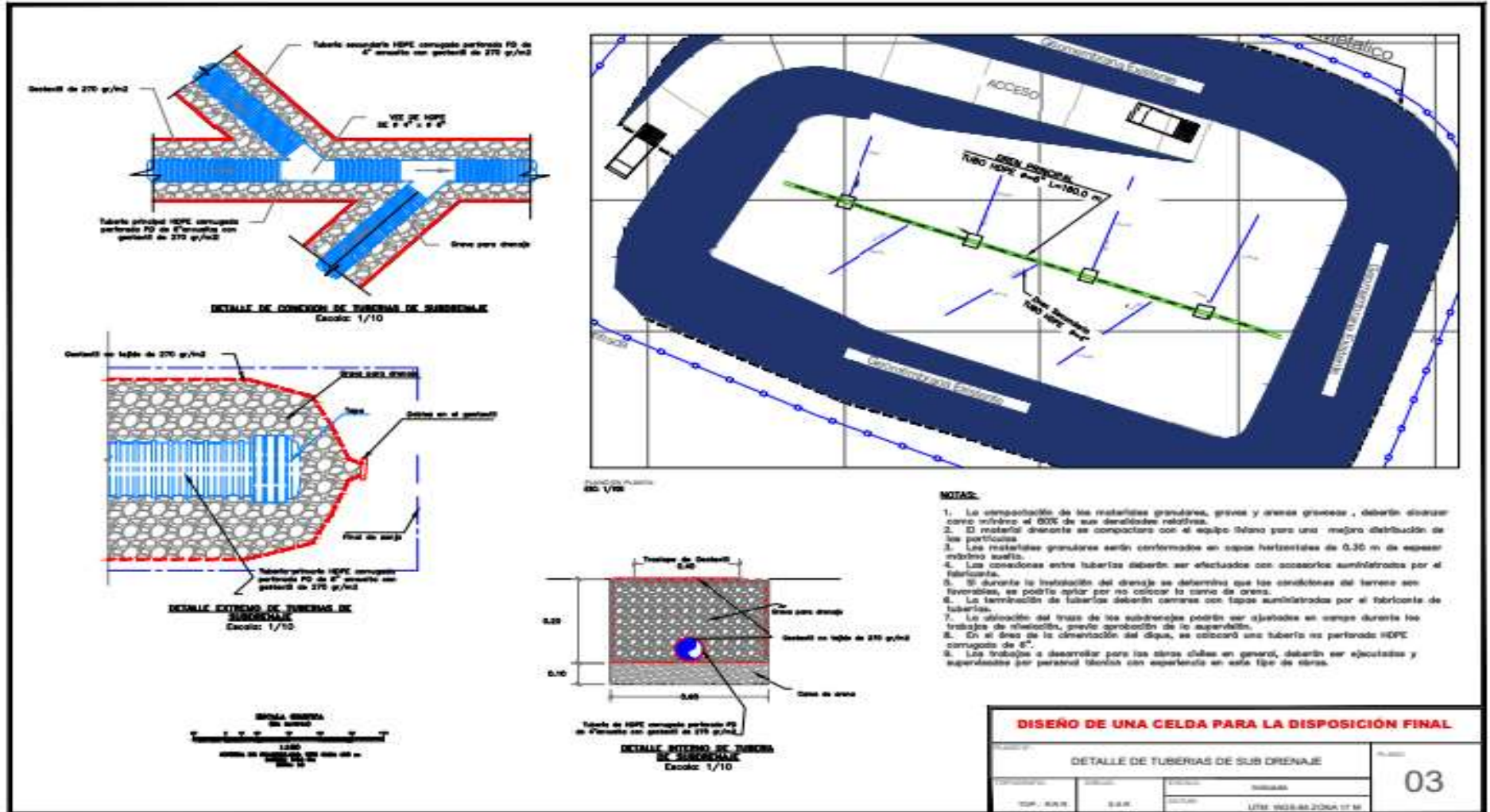
ANEXO C: PLANO 1-ARREGLO GENERAL



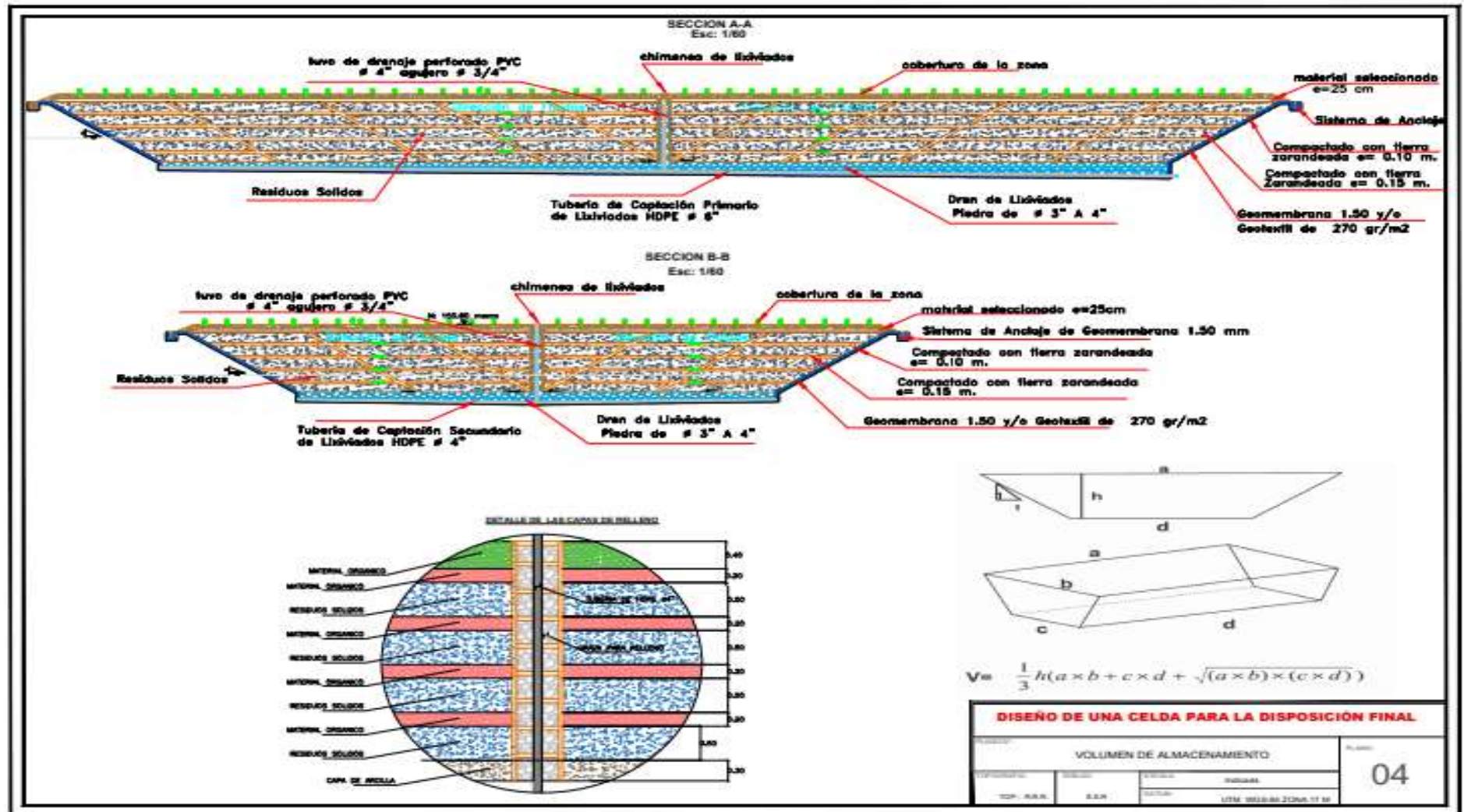
ANEXO D: PLANO 2-SISTEMA DE SUBDRENAJE



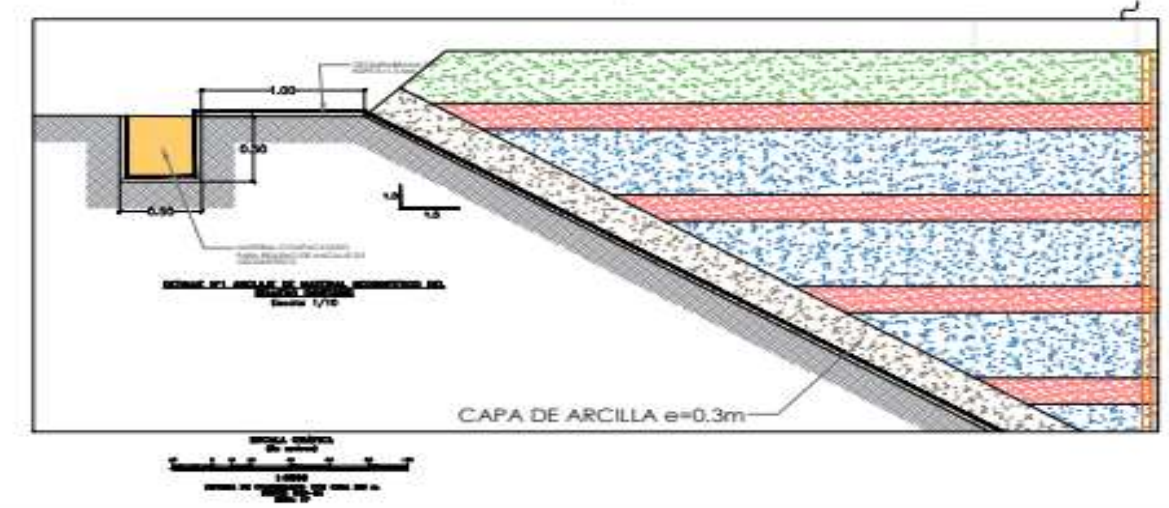
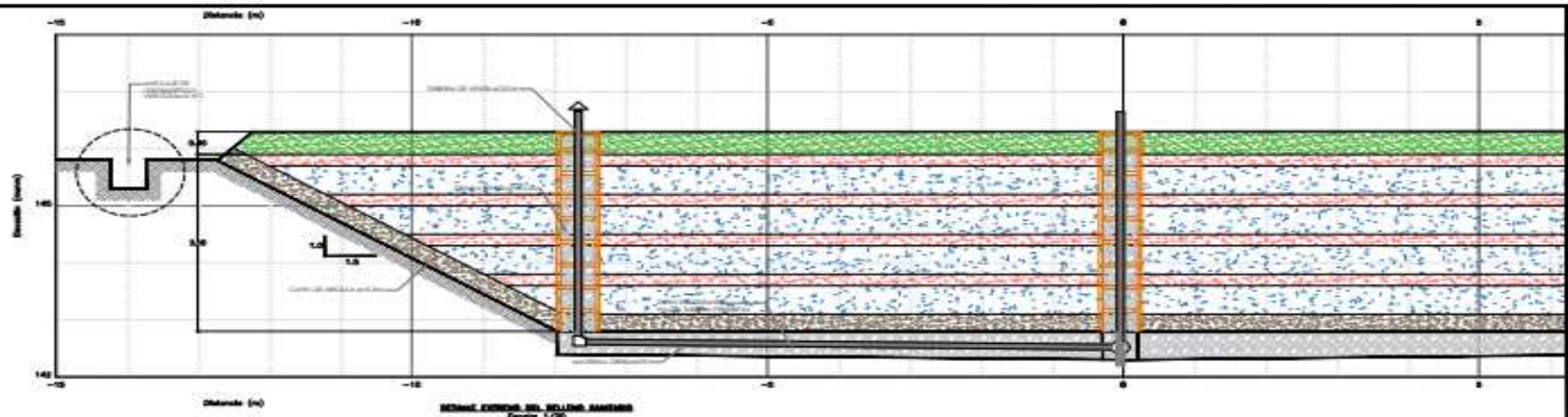
ANEXO E: PLANO 3-DETALLE DE TUBERÍA DE SUB DRENAJE



ANEXO F: PLANO 4-VOLUMEN DE ALMACENAMIENTO



ANEXO G: PLANO 5-SISTEMA DE IMPERMEABILIZACIÓN



- LEYENDA**
- MATERIAL ORNADO
 - RESIDUOS SOLIDOS
 - CAPA DE ARCILLA
 - MATERIAL DRENANTE
-
- MATERIAL BOLLINO PARA COLECCION
 - GEOTEXTIL DE HDPE 1.50 mm

DISEÑO DE UNA CELDA PARA LA DISPOSICIÓN FINAL

SISTEMA DE IMPERMEABILIZACIÓN		05
TOP. S.A.	C.A.S.	
LÍNEA 0000-00-21000-17-00		



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS
PARA EL APRENDIZAJE Y LA INVESTIGACIÓN
UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS
REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA



Fecha de entrega: 21-Agosto-2020

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)	
Nombres – Apellidos: NLAURA PAMELA MAZA CHÁVEZ	
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL	
Facultad: CIENCIAS	
Carrera: INGENIERÍA BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL	
Título a optar: INGENIERA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL	
f. Analista de Biblioteca responsable: 0217-DBRAI-UPT-2020	 