



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA INGENIERÍA AMBIENTAL

“ESTUDIOS Y DISEÑOS DEFINITIVOS PARA LA OBTENCIÓN DE BIOL A PARTIR DEL PROCESO DE COMPOSTAJE REALIZADO EN EL RELLENO SANITARIO DE PORLÓN, RIOBAMBA”

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA/O AMBIENTAL

AUTORES:

JESSICA KARINA MONTERO AGUAY

DILAN ANDRÉS POMBOSA BURGOS

Riobamba – Ecuador

2023



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA INGENIERÍA AMBIENTAL

“ESTUDIOS Y DISEÑOS DEFINITIVOS PARA LA OBTENCIÓN DE BIOL A PARTIR DEL PROCESO DE COMPOSTAJE REALIZADO EN EL RELLENO SANITARIO DE PORLÓN, RIOBAMBA”

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA/O AMBIENTAL

AUTORES: JESSICA KARINA MONTERO AGUAY

DILAN ANDRÉS POMBOSA BURGOS

DIRECTOR: ING. HANNIBAL LORENZO BRITO MOINA PhD.

Riobamba – Ecuador

2023

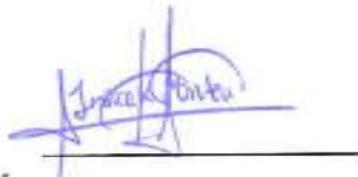
© 2023, Jessica Karina Montero Aguay & Dilan Andrés Pombosa Burgos

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

Nosotros, Jessica Karina Montero Aguay & Dilan Andrés Pombosa Burgos, declaramos que el presente Trabajo de Integración Curricular es de nuestra autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 01 de junio 2023



Jessica Karina Montero Aguay

C.I. 0604427666

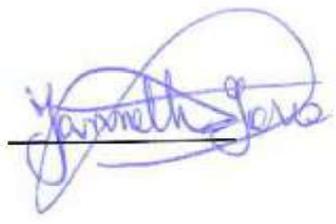


Dilan Andrés Pombosa Burgos

C.I. 0604701805

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA AMBIENTAL

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto Técnico, “**ESTUDIOS Y DISEÑOS DEFINITIVOS PARA LA OBTENCIÓN DE BIOL A PARTIR DEL PROCESO DE COMPOSTAJE REALIZADO EN EL RELLENO SANITARIO DE PORLÓN, RIOBAMBA**”, realizado por la señorita: **JESSICA KARINA MONTERO AGUAY** y el señor: **DILAN ANDRÉS POMBOSA BURGOS**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Dr. Angel Silva Rigoberto Delgado PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2023-06-01
Ing. Hannibal Lorenzo Brito Moina, PhD. DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2023-06-01
Dra. Lourdes Janneth Jara Samaniego, PhD. ASESORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2023-06-01

DEDICATORIA

Dedicamos este presente trabajo técnico primeramente a Dios por bendecirnos y guiarnos en cada paso de nuestras vidas. También se lo dedicamos a cada una de nuestras familias por siempre apoyarnos incondicionalmente brindándonos su cariño, confianza, palabras de aliento en cada momento, de esa manera ayudándonos a convertir nuestros sueños en realidad.

Jessica & Dilan

AGRADECIMIENTO

A Dios por permitirnos culminar una meta más y bendecirnos siempre en nuestras vidas. A nuestras familias que son un apoyo incondicional, y por brindarnos todos sus esfuerzos para que culminemos la carrera. A los docentes y técnicos de laboratorio de la carrera de Ingeniería Ambiental de la ESPOCH por la dedicación a sus trabajos, especialmente, a nuestro director de tesis el Ing. Hannibal Lorenzo Brito Moina, PhD; que siempre nos brindó sus conocimientos, apoyo y la orientación necesaria durante todo el desarrollo. De la misma manera a nuestros compañeros y amigos con los que compartimos nuestra formación académica ya que siempre hubo una motivación y apoyo mutuo que nos ayudó a cumplir con estas metas.

Jessica & Dilan

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xiv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xvi
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xvii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xviii
RESUMEN	xix
ABSTRACT	xx
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

1.	DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA.....	2
1.1.	Antecedentes.....	2
1.2.	Planteamiento del Problema	2
1.3.	Justificación.....	3
1.4.	Objetivos	4
1.4.1.	General	4
1.4.2.	Específicos	4

CAPÍTULO II

2.	MARCO TEÓRICO	6
2.1.	Antecedentes de la Investigación.....	6
2.1.1.	<i>Cantón Riobamba, Chimborazo.....</i>	6
2.1.1.1.	<i>Mercados y Plazas.....</i>	7
2.1.1.2.	<i>Datos Demográficos y Poblacionales.....</i>	8
2.1.2.	<i>EP-EMMPA “El Mercado Mayorista” de la Ciudad de Riobamba.....</i>	8
2.1.3.	<i>Relleno Sanitario de San Jerónimo de Porlón.....</i>	10
2.1.3.1.	<i>Residuos Sólidos Orgánicos Generados en el EP-EMMPA.....</i>	10
2.1.3.2.	<i>Proceso de Compostaje Realizado en el Relleno Sanitario de Porlón</i>	11
2.1.3.3.	<i>Lixiviados generados en el proceso de compostaje.....</i>	12
2.1.4.	<i>Abonos Orgánicos en la Agricultura.....</i>	12

2.2.	Referencias Teóricas	13
2.2.1.	Residuos	13
2.2.1.1.	<i>Sólidos</i>	14
2.2.1.2.	<i>Líquidos</i>	14
2.2.1.3.	<i>De Mercado</i>	15
2.2.1.4.	<i>Orgánicos</i>	16
2.2.1.5.	<i>Inorgánicos</i>	17
2.2.1.6.	<i>Peligrosos</i>	17
2.2.1.7.	<i>Contribución al Deterioro Ambiental</i>	18
2.2.2.	Tratamiento de Residuos Sólidos	18
2.2.2.1.	<i>Relleno Sanitario</i>	18
2.2.2.2.	<i>Compostaje</i>	20
2.2.3.	Tratamiento de Residuos Líquidos	22
2.2.3.1.	<i>Proyección Poblacional</i>	22
2.2.3.2.	<i>Rejillas</i>	24
2.2.3.3.	<i>Tanque de Recepción y Almacenamiento</i>	30
2.2.3.4.	<i>Canal Parshall</i>	31
2.2.3.5.	<i>Desinfección</i>	37
2.2.3.6.	<i>Sedimentador-Trampa de grasas</i>	38
2.2.3.7.	<i>Sistema de Cascadas (Aireación)</i>	41
2.2.3.8.	<i>Estandarización y Envasado</i>	42
2.2.3.9.	<i>Lechos de secado de lodos</i>	43
2.2.4.	Biol	44
2.2.4.1.	<i>Contenido en Nutrientes</i>	45
2.2.4.2.	<i>Características Físico-Químicas</i>	47
2.2.4.3.	<i>Características Microbiológicas</i>	48
2.2.4.4.	<i>Aplicación en la Agricultura</i>	49
2.2.4.5.	<i>Ventajas frente a Fertilizantes Artificiales</i>	50
2.2.4.6.	<i>Desventajas frente a Fertilizantes Artificiales</i>	51

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO	52
3.1.	Diseño Experimental	52

3.2.	Población y Tamaño de la Muestra	52
3.3.	Clasificación/Separación desde la Fuente de los Residuos Generados en el Mercado	53
3.4.	Pesajes de los Residuos Clasificados	54
3.5.	Utilización de un Equipo tipo Tambor para la Realización del Compostaje dentro de la ESPOCH	54
3.6.	Recolección y Transporte de Una cantidad considerable de Residuos de Mercado para realizar el Compostaje	54
3.7.	Preparación de los Residuos Orgánicos para el Proceso	55
3.8.	Medición del Volumen Generado de Biol a partir del Proceso de Compostaje	55
3.9.	Determinación de la Tasa de Producción de Biol de los Residuos	56
3.10.	Recolección de Muestras de Biol Obtenido en Estado Puro, añadiendo 1 Litro de Agua y directamente de Porlón	59
3.11.	Caracterización Físico-Química y Microbiológica	59
3.11.1.	<i>pH</i>	59
3.11.2.	<i>Conductividad Eléctrica</i>	59
3.11.3.	<i>Sólidos Totales</i>	60
3.11.4.	<i>Macronutrientes</i>	60
3.11.5.	<i>N Total</i>	61
3.11.6.	<i>P (P₂O₅)</i>	61
3.11.7.	<i>K (K₂O)</i>	61
3.11.8.	<i>% C. Orgánico</i>	61
3.11.9.	<i>Relación C/N</i>	63
3.11.10.	<i>Microorganismos Patógenos</i>	63
3.11.10.1.	<i>Salmonella</i>	63
3.11.10.2.	<i>E. coli</i>	63
3.11.11.	<i>Metales Pesados</i>	64
3.11.12.	<i>Densidad</i>	64
3.12.	Comparación de las características del Biol analizado con Manuales Técnicos	64
3.13.	Selección y Elaboración del Diseño más adecuado para la Recuperación del Biol Producido	66
3.13.1.	<i>Proyección Poblacional</i>	67

3.13.1.1.	<i>Método de Crecimiento Exponencial</i>	68
3.13.1.2.	<i>Método de Crecimiento Geométrico</i>	68
3.13.1.3.	<i>Método de Crecimiento Aritmético (Modelo Lineal)</i>	68
3.13.2.	<i>Determinación del Volumen de Biol a Tratar</i>	68
3.13.3.	<i>Canal de Transporte</i>	70
3.13.4.	<i>Rejillas</i>	70
3.13.5.	<i>Tanque de Recepción y Almacenamiento</i>	72
3.13.6.	<i>Canal Parshall</i>	74
3.13.7.	<i>Desinfección</i>	78
3.13.8.	<i>Sedimentación y Retención de Grasas</i>	78
3.13.8.1.	<i>Sedimentación Simple</i>	78
3.13.8.2.	<i>Sedimentación por Coagulación-Floculación</i>	80
3.13.8.3.	<i>Diseño del Sedimentador tipo Trampa de Grasas</i>	82
3.13.9.	<i>Sistema de Cascadas (Aireación)</i>	87
3.13.10.	<i>Estandarización y Envasado</i>	89
3.13.11.	<i>Lecho de Secado de Lodos</i>	89
3.14.	Representación del Diseño elaborado en 2D y 3D “AutoCAD y SketchUP” ..	91
3.15.	Elaboración del Manual de Operación del Sistema de Tratamiento	92
3.15.1.	<i>Introducción</i>	92
3.15.2.	<i>Descripción de la planta</i>	92
3.15.3.	<i>Responsabilidades y roles</i>	92
3.15.4.	<i>Procedimientos operativos</i>	92
3.15.5.	<i>Procedimientos de seguridad</i>	92
3.15.6.	<i>Mantenimiento y calibración</i>	93
3.15.7.	<i>Manejo de emergencias</i>	93
3.15.8.	<i>Registros y documentación</i>	93

CAPÍTULO IV

4.	MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	94
4.1.	Clasificación/Separación desde la Fuente de los Residuos Generados en el Mercado	94
4.2.	Pesaje de los Residuos Clasificados	95

4.3.	Utilización de un Equipo tipo Tambor para la Realización del Compostaje dentro de la ESPOCH	96
4.4.	Recolección y Transporte de Una cantidad considerable de Residuos de Mercado para realizar el Compostaje	97
4.5.	Preparación de los Residuos Orgánicos para el Proceso	97
4.6.	Medición del Volumen Generado de Biol a partir del Proceso de Compostaje	99
4.7.	Determinación de la Tasa de Producción de Biol de los Residuos	100
4.8.	Recolección de Muestras de Biol Obtenido en Estado Puro, añadiendo 1 Litro de Agua y directamente de Porlón	103
4.9.	Caracterización Físico-Química y Microbiológica	103
4.9.1.	<i>Sólidos Totales</i>	103
4.9.2.	<i>% C. Orgánico</i>	105
4.9.3.	<i>Relación C/N</i>	106
4.9.4.	<i>Densidad</i>	107
4.10.	Comparación de las características del Biol analizado con Manuales Técnicos	108
4.11.	Selección y Elaboración del Diseño más adecuado para la Recuperación del Biol Producido	110
4.11.1.	<i>Proyección Poblacional</i>	110
4.11.1.1.	<i>Método de Crecimiento Exponencial</i>	110
4.11.1.2.	<i>Método de Crecimiento Geométrico</i>	111
4.11.1.3.	<i>Método de Crecimiento Aritmético</i>	111
4.11.2.	<i>Determinación del Volumen de Biol a Tratar</i>	111
4.11.3.	<i>Canal de Transporte</i>	113
4.11.4.	<i>Rejillas</i>	114
4.11.5.	<i>Tanque de Recepción</i>	116
4.11.6.	<i>Canal Parshall</i>	118
4.11.7.	<i>Desinfección</i>	123
4.11.8.	<i>Sedimentación y Retención de Grasas</i>	123
4.11.8.1.	<i>Sedimentación Simple</i>	123
4.11.8.2.	<i>Sedimentación por Coagulación-Floculación</i>	125
4.11.8.3.	<i>Diseño del Sedimentador tipo Trampa de Grasas</i>	126
4.11.9.	<i>Sistema de cascadas (Aireación)</i>	131

4.11.10.	<i>Estandarización y Envasado</i>	133
4.11.11.	<i>Lecho de Secado de Lodos</i>	133
4.12.	Representación del Diseño Realizado Elaborado en 2D y 3D “AutoCAD y SketchUP”	135
4.13.	Manual de Operación del Sistema de Tratamiento	135
4.13.1.	<i>Introducción</i>	135
4.13.2.	<i>Descripción de la planta</i>	136
4.13.3.	<i>Responsabilidades y roles</i>	140
4.13.3.1.	<i>Gerente de planta</i>	140
4.13.3.2.	<i>Supervisor de operaciones</i>	140
4.13.3.3.	<i>Operadores de planta</i>	140
4.13.3.4.	<i>Técnico de mantenimiento</i>	140
4.13.3.5.	<i>Químico de planta</i>	140
4.13.4.	<i>Procedimientos operativos</i>	141
4.13.4.1.	<i>Arranque de la planta:</i>	141
4.13.4.2.	<i>Control de dosificación de químicos:</i>	141
4.13.4.3.	<i>Monitoreo y ajuste de la canaleta Parshall:</i>	141
4.13.4.4.	<i>Operación de sedimentadores:</i>	142
4.13.4.5.	<i>Operación de las cascadas de aireación:</i>	142
4.13.4.6.	<i>Operación de los lechos de secado:</i>	142
4.13.4.7.	<i>Apagado de la planta:</i>	142
4.13.5.	<i>Procedimientos de seguridad</i>	143
4.13.6.	<i>Mantenimiento y calibración</i>	144
4.13.6.1.	<i>Rejillas</i>	144
4.13.6.2.	<i>Tanque de almacenamiento y tanque de estandarización</i>	145
4.13.6.3.	<i>Canal Parshall</i>	147
4.13.6.4.	<i>Sedimentador</i>	148
4.13.6.5.	<i>Sistema de cascadas</i>	149
4.13.6.6.	<i>Lechos de secado</i>	150
4.13.7.	<i>Manejo de emergencias</i>	151
4.13.7.1.	<i>Plan de derrames y fugas:</i>	151
4.13.7.2.	<i>Plan de incendios:</i>	152
4.13.7.3.	<i>Plan de evacuación y respuesta a emergencias:</i>	152
4.13.7.4.	<i>Plan de apagado de emergencia:</i>	152

4.13.8.	<i>Registros y documentación</i>	153
4.13.8.1.	<i>Registros de operación:</i>	153
4.13.8.2.	<i>Registros de calidad del biol:</i>	153
4.13.8.3.	<i>Registros de mantenimiento:</i>	153
4.13.8.4.	<i>Registros de seguridad y emergencias:</i>	154
4.13.8.5.	<i>Documentación y procedimientos:</i>	154

CONCLUSIONES	155
---------------------------	-----

RECOMENDACIONES	156
------------------------------	-----

GLOSARIO

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2: Mercados y Plazas del Cantón Riobamba.	7
Tabla 2-2: Ventajas y Desventajas de los Rellenos Sanitarios.	19
Tabla 3-2: Coeficientes de Rugosidad para la fórmula de Manning.	25
Tabla 4-2: Especificaciones de instalación de Rejillas.	27
Tabla 5-2: Coeficiente de Pérdida en función de la forma de la rejilla.	28
Tabla 6-2: Medidas y límites de uso del canal Parshall.	32
Tabla 7-2: Constantes en función de W.	33
Tabla 8-2: Especificaciones Técnicas para Diseño de Sedimentador-Trampa de Grasas.	39
Tabla 9-2: Especificaciones técnicas para el diseño de cascadas.	42
Tabla 10-2: Especificaciones técnicas para el diseño de lechos de secado de lodos.	44
Tabla 11-2: Macro y micronutrientes del biol.	46
Tabla 12-2: Dosis de biol recomendadas para su aplicación.	50
Tabla 1-3: Muestras Obtenidas de Biol y su nomenclatura.	53
Tabla 2-3: Características físico-químicas y microbiológicas de un Fertilizante Orgánico Líquido.	66
Tabla 3-3: Tipo, concentración y cantidad de Coagulante y Floculante en las pruebas.	80
Tabla 4-3: Zonas del sedimentador, forma y funciones.	83
Tabla 1-4: Datos de Recolección de Residuos dentro del EP-EMMPA.	95
Tabla 2-4: Diámetro de Partícula de los residuos a compostar.	97
Tabla 3-4: Sólidos Totales determinados en las muestras.	104
Tabla 4-4: % de Materia Orgánica y Carbono Orgánico en las muestras.	105
Tabla 5-4: Relación C/N de las muestras.	106
Tabla 6-4: Densidad de las muestras.	108
Tabla 7-4: Resultados análisis del Biol VS Exigencias del Manual Técnico.	108
Tabla 8-4: % de Humedad de los Residuos Determinado con diferentes métodos.	111
Tabla 9-4: Dimensiones calculadas para el sistema de rejillas.	116
Tabla 10-4: Dimensiones calculadas para los tanques de recepción y almacenamiento.	117
Tabla 11-4: Especificaciones calculadas para los tanques de recepción y almacenamiento. .	118
Tabla 12-4: Dimensiones calculadas para la Canaleta Parshall.	122
Tabla 13-4: Determinación de diámetro y densidad de partícula de los sólidos sedimentados.	124

Tabla 14-4: Velocidad de Sedimentación de las partículas clasificadas.	125
Tabla 15-4: Volumen de lodos Formado con cada prueba de jarras.	125
Tabla 16-4: Porcentaje del Diseño del sedimentador destinado a cada fin.	126
Tabla 17-4: Dimensiones calculadas para el Sistema de aireación (cascadas).	132

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-2: Triángulo Rectángulo y sus partes.	29
Figura 2-2: Diseño de Sedimentador tipo trampa de grasas.	41
Figura 1-3: Nomenclatura de las dimensiones de una canaleta Parshall (Vista Planta).	76
Figura 2-3: Nomenclatura de las dimensiones de una canaleta Parshall (Corte Longitudinal).	76
Figura 4-3: Nomenclatura de las dimensiones de lecho de secado (Corte Transversal).	91

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-2: Porcentaje de composición de residuos sólidos del cantón riobamba.	7
Gráfico 2-2: Métodos de Desinfección.	37
Gráfico 1-3: Equipo improvisado de determinación de lixiviación de residuos de mercado. ...	57
Gráfico 2-3: Prueba de jarras para coagulación floculación en biol.....	81
Gráfico 3-3: Separación Matriz líquida y sólida mediante coagulación floculación en biol....	81
Gráfico 1-4: Esquema de proceso para obtención de residuos orgánicos a compostar en Porlón.....	94
Gráfico 2-4: Pérdida de humedad diaria de los residuos de mercado.....	101
Gráfico 3-4: % Pérdida de Humedad (Unidades 1,2 y 5).....	102
Gráfico 4-4: Pérdida de Humedad acumulada de los residuos.	102
Gráfico 5-4: Tasa de Sedimentación de Sólidos (Sedimentación Simple).....	124

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** MAPA DE LA UBICACIÓN DEL PROYECT, RELLENO SANITARIO DE SAN JERÓNIMO DE PORLÓN.
- ANEXO B:** DIMENSIONES Y CAPACIDAD DE DIFERENTES CANELISTA PARSHALL SEGÚN SU ANCHO DE GARGANTA.
- ANEXO C:** RECOLECCIÓN Y PREPARACIÓN DE LOS RESIDUOS DE MERCADO PARA COMPOSTAJE.
- ANEXO D:** OBTENCIÓN DE LAS MUESTRAS DE BIOL.
- ANEXO E:** CARACTERIZACIÓN FÍSICO – QUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA.
- ANEXO F:** PLANOS TOPOGRÁFICOS DEL DISEÑO.
- ANEXO G:** PLANOS DE DISEÑOS INDIVIDUALES.
- ANEXO H:** ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE LA CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA.
- ANEXO I:** TABLA DE DESCRIPCIÓN DE RUBROS, UNIDADES, CANTIDADES Y PRECIOS.
- ANEXO J:** CRONOGRAMA DE CONSTRUCCIÓN.

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue realizar los Estudios y Diseños definitivos que permitan proponer un sistema tecnificado de obtención de biol a partir del proceso de Compostaje llevado a cabo en el Relleno Sanitario de Porlón. Se realizó levantamiento de información de primera mano al pasar e identificar los residuos destinados al compostaje desde el Mercado Mayorista, se obtuvieron 9 muestras compuestas de diferentes tipos de bioles, biol puro obtenido en la ESPOCH y diluido con agua mediante un equipo tipo tambor rotatorio, y puro obtenido directamente en Porlón, a la vez que se obtenía el biol, se fue determinando de igual manera la tasa de generación diaria del mismo (lixiviación), de todos los bioles se determinaron las características físico-químicas y microbiológicas mediante técnicas instrumentales y analíticas de laboratorio, estas características fueron comparadas con los requerimientos de manuales técnicos Ecuatorianos, con base en dicha caracterización se propuso el diseño de un sistema de tratamiento del biol teniendo en cuenta la población futura del cantón Riobamba y las condiciones del terreno libre para construcción cercano a la plataforma de compostaje. Los resultados obtenidos indicaron que la plataforma de compostaje recibe como máximo aproximadamente entre 9 y 12 toneladas de residuos por semana, la mayor parte legumbres y hortalizas, se determinó con los experimentos realizados y el escalamiento de los mismos que el mayor caudal generado fue de 1,19 m³/día en el día 10 después de iniciado el compostaje, el mayor problema identificado después de la caracterización de los bioles fue la falta de macronutrientes, elevada presencia de sólidos totales, y presencia de microorganismos patógenos, el diseño final propuesto consta de dos sistemas de rejillas, dos tanques de almacenamiento, una canaleta Parshall, dos sedimentadores tipo trampa de grasas, un sistema de aireación, un tanque de estandarización y dos lechos de secado.

Palabras clave: <BIOL>, < COMPOSTAJE>, <RELLENO SANITARIO DE PORLÓN>, <TRATAMIENTO>, <DISEÑO>, <LIXIVIACIÓN>, <SÓLIDOS TOTALES>, <MERCADO MAYORISTA>

1056-DBRA-UPT-2023



ABSTRACT

The objective of this work was to carry out the final Studies and Designs that allow proposing a technical system for obtaining biol from the composting process in the Porlon Landfill. First-hand information was collected by weighing and identifying the waste destined for composting from the Wholesale Market; nine samples composed of different types of biols were obtained, pure biol was obtained in the ESPOCH and diluted with water using rotating drum-type equipment, and pure biol was obtained directly in Porlón. At the same time the biol was obtained the daily generation rate of the same (leaching) was determined similarly. All the biols' physicochemical and microbiological characteristics were determined using instrumental and laboratory analytical techniques; these characteristics were compared. With the requirements of Ecuadorian technical manuals, based on said characterization, the design of a biol treatment system was proposed, taking into account the future population of the Riobamba canton and the conditions of the free land for construction near the composting platform. The results indicated that the composting platform receives approximately 9 to 12 tons of weekly wastes. For most legumes and vegetables, it was determined with the experiments carried out and the scaling of the same that the highest flow generated was 1.19 m³ / day on day ten after starting the composting; the most significant problem identified after the characterization of the biols was the lack of macronutrients, high presence of total solids, and presence of pathogenic microorganisms. The final proposed design consists of two grating systems, two storage tanks, a Parshall trough, two grease trap settlers, an aeration system, a standardization tank, and two drying beds.

Keywords: <BIOL>, <COMPOSTING>, <PORLON SANITARY LANDFILL>, <TREATMENT>, <DESIGN>, <LEACHING>, <TOTAL SOLIDS> <WHOLESALEMARKET>.



Ing. Paul Obregón. Mgs

0601927122

INTRODUCCIÓN

La obtención de biol a partir del proceso de compostaje es un tema de gran interés en la actualidad debido a los beneficios que este proceso puede aportar al medio ambiente y la agricultura. El compostaje es un proceso natural de descomposición de materia orgánica que se lleva a cabo mediante la acción de microorganismos que transforman los residuos orgánicos en un producto final conocido como compost.

Este compost puede ser utilizado como abono orgánico en la agricultura para mejorar la calidad del suelo y la fertilidad de las plantas. Además, durante el proceso de compostaje se pueden obtener líquidos y gases que contienen nutrientes y microorganismos beneficiosos para la agricultura, los cuales se conocen como biol.

La obtención de biol a partir del proceso de compostaje es una práctica cada vez más extendida en la agricultura ecológica y sostenible, ya que permite aprovechar al máximo los nutrientes y la materia orgánica de los residuos y reducir el impacto ambiental de los mismos. En esta introducción exploraremos más a fondo el proceso de compostaje y cómo se obtiene el biol a partir de él.

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

1.1. Antecedentes

Riobamba es la capital de la provincia de Chimborazo, con una población documentada durante el último Censo realizado en el 2010 de 225.741 habitantes teniendo en cuenta la zona rural y urbana. Existen 12 mercados y plazas en el cantón incluyendo el “Mercado Mayorista (EP-EMMPA)”, (Valdiviezo, 2019: pp. 12) este último es de gran importancia para este estudio, puesto que, según Morales et al., 2021 este es el principal establecimiento para almacenamiento, distribución y comercialización de productos agropecuarios en su provincia, y, por lo tanto, uno de los mayores generadores de residuos orgánicos de la región. Estos residuos, como la gran mayoría de los producidos en Riobamba, tienen como destino de disposición final el Relleno Sanitario de San Gerónimo de Porlón (GADM Riobamba, 2018).

Sin embargo, una porción de los residuos orgánicos que son transportados desde el EP-EMMPA hasta el relleno sanitario son destinados a la producción de Compost en una nave de compostaje ubicada en las propias instalaciones del relleno (Brito et al., 2016).

Según información primaria obtenida directamente de los testimonios de trabajadores municipales encargados del proceso de compostaje en el relleno sanitario al momento de realizado este trabajo, específicamente el Ingeniero Marco Guamán, el diseño original de la nave de compostaje consideró la aplicación de unas canaletas laterales para la recolección de los lixiviados generados durante el proceso, pero nunca para su aprovechamiento como fertilizante orgánico líquido. Durante una visita técnica al relleno sanitario, se pudo corroborar que dicho sistema estaba cerca de colapsar, y no contemplaba las especificaciones técnicas para un correcto almacenamiento por períodos prolongados de tiempo.

1.2. Planteamiento del problema

El relleno sanitario de Porlón ha estado funcionando desde el año 2016, y aproximadamente un año después se empezó a realizar en la misma ubicación labores de compostaje con los residuos sólidos orgánicos procedentes principalmente del “Mercado Mayorista” ubicado en la ciudad de Riobamba. (Tixe y Ruiz, 2018: p. 41).

Dicho proceso de producción de compost genera como producto secundario residuos líquidos que antes de ser desechados se acumulan en la nave de compostaje generando problemas para la salud de los trabajadores como presencia de vectores, patógenos y un considerable impacto visual en la zona. Sin embargo, estos residuos líquidos poseen el potencial para ser abonos orgánicos líquidos (bioles), si se los recolecta y se les brinda el tratamiento adecuado (González-Jiménez et al., 2021: pp.11-22).

La problemática generada por el no aprovechamiento del biol generado durante el proceso de compostaje, es el desperdicio de este recurso el cual de ser aprovechado tendría principalmente los siguientes beneficios:

Aprovechamiento y reutilización de recursos, generar independencia de insumos agroindustriales externos, reducción del impacto ambiental generado por fertilizantes químicos, reducción del riesgo a la salud de los productores debido a abonos orgánicos indebidamente estabilizados. (Cano y Restrepo, 2019: pp. 23-24)

En la provincia de Chimborazo, de enero a noviembre del año 2015 se vendieron 9.288 sacos de fertilizante a los agricultores de la provincia, quienes adquirieron principalmente 5.106 sacos de fosfato diamónico, 1.410 de sulfato de amonio, 1.025 de muriato de potasio y 1044 de urea; así como otros en cantidades muy inferiores. (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2016) Como se deduce de la información anterior, puede llegar a ser rentable la venta de abonos orgánicos en la provincia de Chimborazo, y considerando que estos por otra parte son de origen orgánico y no afectan al ambiente, se alcanzaría un equilibrio entre la obtención de beneficios económicos a la vez que se realiza un aporte a la sociedad y la naturaleza, sin embargo, todavía no se posee ningún proyecto para realizar la recolección del biol a partir del proceso de compostaje realizado en Porlón, ni tampoco se tiene conocimiento de sus características como fertilizante orgánico, por lo que estos deberían ser caracterizados. En respuesta a esta problemática se ha propuesto el desarrollo del proyecto que se describe en el presente documento.

1.3. Justificación

Si bien el proceso de compostaje ya sea a grande o pequeña escala genera beneficios tanto de carácter económico como de aprovechamiento y mejoramiento del recurso suelo principalmente, todavía subsiste una gran cantidad de recursos procedentes de este tipo de operaciones que no son aprovechados, (Salamanca, 2014: p. 12) entre los principales se encuentran los denominados lixiviados que mediante el tratamiento adecuado pueden ser transformados a abonos orgánicos líquidos, o más comúnmente llamados “bioles”.

En este trabajo se realiza una propuesta de diseño para la recolección, y en caso de ser necesario, el adecuamiento o enriquecimiento del biol para futuros fines comerciales, en la ciudad de Riobamba, provincia de Chimborazo. La ciudad mencionada destina una parte de los residuos sólidos urbanos que se trasladan a un relleno sanitario en Porlón, a labores de compostaje con los residuos provenientes principalmente del “Mercado Mayorista” EP-EMMPA. Esta propuesta de proyecto surge a partir de la realidad que se presenta en dicho relleno sanitario, en el cual se realiza el proceso de compostaje a aproximadamente entre 4 y 5 toneladas de residuos orgánicos ya separados de los denominados impuros que no son de interés para estas operaciones de transformación, y cuyo biol obtenido como producto secundario no es tratado para ser debidamente aprovechado y genera un impacto negativo tanto ambiental como visual en el relleno.

Al igual que el compost, el biol presenta ventajas remarcables para la sociedad y el aprovechamiento de los recursos, principalmente siendo aplicado como fitoestimulante, que permite una mejora sustancial en el desarrollo de plantas cultivables. (Condori, 2017). Sin embargo, para la transformación de un residuo líquido (lixiviado) a biol, este debe pasar por un tratamiento adecuado, el cual se determina mediante análisis de laboratorio realizados a la sustancia en sí para determinar que parámetros se encuentran fuera de los límites permisibles en nuestra legislación, ese es el objetivo de este trabajo.

En adición con este proyecto de titulación se busca sentar unas bases sólidas para la futura comercialización de biol producido bajo las condiciones de este estudio. De este modo beneficiando a la sociedad riobambeña y generando un producto de calidad no contaminante que pueda ser utilizado para la mejora de la agricultura local y provincial.

1.4. Objetivos

1.4.1. General

Realizar los Estudios y Diseños definitivos de un sistema de obtención de biol a partir del proceso de Compostaje llevado a cabo en el Relleno Sanitario de Porlón, ciudad de Riobamba.

1.4.2. Específicos

- Realizar la cuantificación y clasificación de los residuos orgánicos destinados al proceso de compostaje en el relleno sanitario de Porlón provenientes del EP-EMMPA.

- Determinar la tasa de producción de lixiviados generados a partir de los residuos utilizados en el proceso de compostaje y sus características físico-químicas y biológicas de los residuos líquidos (biol) Obtenidos.
- Comparar los resultados de la caracterización del lixiviado obtenido con manuales técnicos, y determinar las características a ser corregidas.
- Identificar y realizar el diseño definitivo más adecuado para la recuperación y corrección de las condiciones del biol a partir del proceso de producción de compost.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de investigación

2.1.1. *Cantón Riobamba, Chimborazo*

Riobamba es un cantón ubicado en la provincia de Chimborazo, Ecuador. Es considerado uno de los cantones más importantes de la región andina debido a su rica historia y su importancia cultural y turística.

En cuanto a su historia, Riobamba fue fundada en 1534 por los españoles en la cima de una colina llamada "Tixán". Sin embargo, la ciudad fue destruida por un terremoto en 1797 y posteriormente reconstruida en su ubicación actual. La ciudad ha sido testigo de varios eventos importantes en la historia del Ecuador por ejemplo el 14 de agosto de 1830, en los primeros días de la libertad, la Asamblea Constituyente se reunió en Riobamba para redactar la primera constitución de Ecuador. Allí se eligió al primer presidente constitucional de la república: Juan José Flores. Por esta razón y por varios hechos históricos, se considera el lugar de las primicias (Abarca, 2022: p. 56). Como tal, Riobamba es considerado un pequeño pueblo con arquitectura colonial, calles empedradas, impresionantes plazas y encantadores mercados. Además, su ubicación lo convierte en un punto de partida ideal para numerosas excursiones de montaña. Algunos de los lugares de la ciudad que el viajero disfrutará y podrá pasar uno o dos días explorando incluyen: el Monasterio de Conceptas, el Parque Maldonado, la Catedral y el Ayuntamiento. La capital Chimborazo también es adecuada para excursiones de un día a los alrededores, el más atractivo de los cuales es el volcán Chimborazo (Abarca, 2022: p. 56).

La gran mayoría de los residuos generados en este cantón son de origen orgánico, esto se corrobora mediante la información proporcionado por el GAD municipal de Riobamba que indica el porcentaje de composición de los residuos sólidos que se recolectan en la ciudad diariamente mediante los camiones de recolección tanto frontal como lateral, información que se ve resumida en el gráfico 1-2.

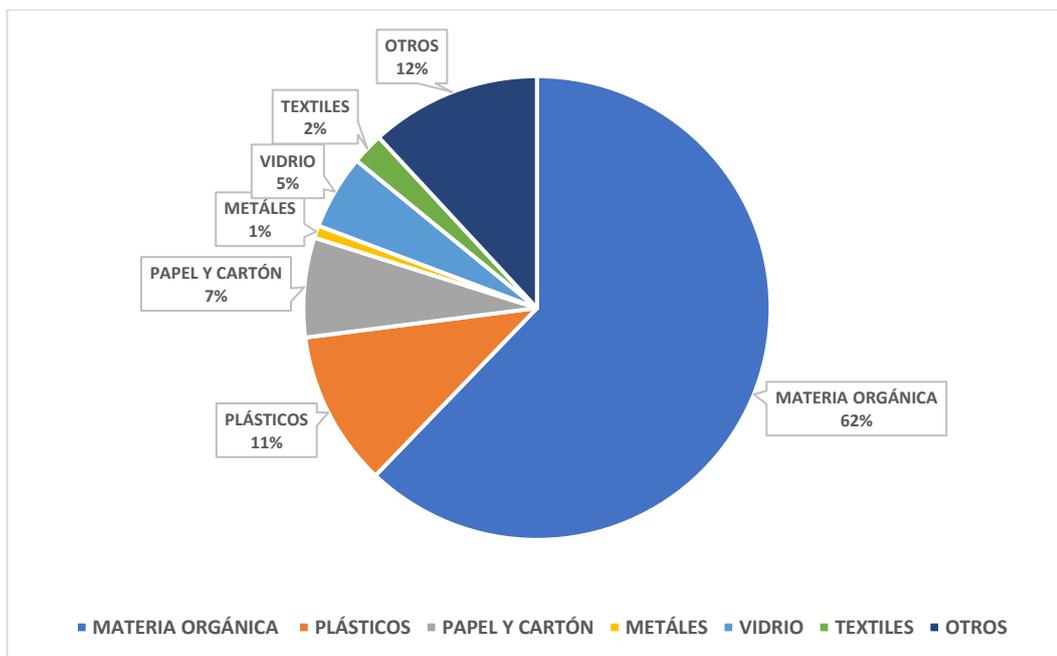


Gráfico 1-2: Porcentaje de composición de residuos sólidos del cantón Riobamba.

Fuente: TRABAJOS DE CAMPO CONSULTORACAV CÍA. LTDA.

Realizado por: CONSULTORACAV CÍA. LTDA.

2.1.1.1. Mercados y plazas

En Riobamba, existen varios mercados y plazas que son muy populares entre los habitantes locales y los turistas, los cuales se muestran en la tabla 1-2 a continuación:

Tabla 1-2: Mercados y Plazas del Cantón Riobamba.

N.-	Nombre	Tipo de Establecimiento	Nombre Popular
1	La Condamine Plaza	Centro Comercial Popular	La Condamine
2	Víctor Proaño	Mercado	Santa Rosa
3	Juan Bernardo de León	Plaza	Plaza Roja
4	Simón Bolívar	Mercado	San Alfonso
5	Pedro de Lizarzaburu	Mercado	San Francisco
6	Mercado Gral	Mercado	Juan Bernardo Davalos
7	Mercado Oriental	Mercado	El Prado
8	Mercado Mariano Borja	Mercado	La Merced
9	La Esperanza 1	Mercado	La Esperanza
10	La Esperanza 2	Plaza	La Esperanza
11	San Francisco	Plaza	Plaza San Francisco

Realizado por: Montero y Pombosa, 2023.

Fuente: Valdiviezo, 2019, pp: 11 – 14.

En general, los mercados y plazas de Riobamba ofrecen una gran variedad de productos y servicios, así como una oportunidad para experimentar la cultura y la vida diaria de la ciudad.

(Vallejo, 2022: pp. 1, 15) Sin embargo, también son uno de los establecimientos que mayor cantidad de contaminación generan, tanto de naturaleza orgánica como inorgánica, (Canchucaja, 2018: p. 18) e incluso auditiva (Churata, 2018: p. 71-73).

Los residuos que mayormente generan los mercados agrícolas son de origen vegetal orgánicos, por lo que se requiere que las ciudades posean un plan de manejo de estos residuos, y de ser posible, brindarles un valor agregado (Malpartida, 2014).

Según en el año Jiménez, 2015 en el año 2014 diariamente se generaban alrededor de 16 toneladas de residuos que pueden ser considerados directamente como residuos de mercado en la ciudad de Riobamba. Por otro lado, se solicitó directamente dicha información actualizada a la dirección de Gestión Ambiental Salubridad e Higiene del GAD municipal de Riobamba el día 22 de marzo del 2023, entidad que supo informar mediante un oficio escrito por el Ing. Carlos Duchi Especialista de Residuos y Desechos Sólidos del municipio que actualmente se generan alrededor de 38 toneladas de residuos de plazas y mercados diariamente en el cantón Riobamba, lo cual pone en evidencia que el incremento de la generación de residuos de mercado en la ciudad es directamente proporcional al aumento de la población.

2.1.1.2. Datos demográficos y poblacionales

El Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) de Ecuador es el encargado de proporcionar datos demográficos y estadísticas oficiales del país. Respecto a la ciudad de Riobamba, el INEC ha proporcionado los siguientes datos de población:

Según el censo nacional de población y vivienda de 2010, la población de Riobamba (teniendo en cuenta la zona urbana y rural) era de 225.741 habitantes. (PLAN ESTRATÉGICO DE DESARROLLO CANTONAL RIOBAMBA 2025: p. 3) En el censo de 2001, la población de Riobamba era de 193.315 habitantes (INEC, 2001: p.1). En el mismo documento también se indica que, la población de Riobamba ha experimentado un aumento del 1,5 % anual. Estos datos son de gran importancia en cualquier diseño de sistema de tratamiento de residuos urbanos, puesto que la generación de estos últimos aumenta proporcionalmente con la población (Montiel y Pérez, 2019: pp. 273-284).

2.1.2. EP-EMMPA “El Mercado Mayorista” de la ciudad de Riobamba

Según lo establecido en el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN, 2013: p.1) un mercado mayorista, consiste en una empresa perteneciente al sector de la alimentación, la cual consta de espacios individuales los cuales comparten instalaciones y sectores comunes desde los cuales se

comercializan productos a los propietarios de compañías alimentarias. Un proveedor mayorista constituye un elemento en la sujeción de distribución, ya que en esta empresa, no entra directamente en contacto con los compradores del alimento, más bien se le encarga esta labor a un ente conector. Estos lugares cuentan con la particularidad de generar reactivación en la acción productiva, contribuyendo así al crecimiento económico de sectores aledaños a las urbes con el fortalecimiento de la autenticidad biocultural, creación de empleos y consolidación de las interacciones sociales, debido a que en estos lugares se ven promovida la agricultura sostenible, consumo responsable y conciencia ambiental. También mediante estos espacios se puede crear una conexión entre las poblaciones del campo y aquellas de la ciudad, conformando “una comunidad” con base en relaciones sinceras, poniendo a oferta lugares donde predomine la convivencia y el aprendizaje mutuo (Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN, 2013: pp.1-4).

Según análisis basados en el modelo MIMIC, se concluye que la infraestructura donde se encuentran y laboran vendedores y productores, resulta ser de influencia directa en la comodidad de los mismos, la cual es una variable no observable pero latente dentro de acción del comercio agrícola; y esta a su vez influye en el nivel de satisfacción que se presenta en los consumidores de dichos productos. (Arboleda, 2016: p. 112) Por esta razón se presenta la imperativa necesidad de creación de un espacio con las condiciones técnicas y de infraestructura óptimas para las actividades de comercio agrícola dentro de la ciudad de Riobamba (Puma, 2017: pp. 7-12).

El GAD municipal del cantón Riobamba con base en el análisis de la realidad que se vivía en los mercados de la ciudad décadas atrás, estableció la Ordenanza 012-2012, la cual después de verse sometida a diversas reformas, finalmente el día 15 de abril del año 2010, permitió la creación de la Empresa Pública Municipal Mercado de Productores Agrícolas San Pedro de Riobamba (EP-EMMPA), establecida a manera de personería jurídica con carácter de derecho público (Morales et al., 2021: pp.11-22).

Según la propia EP-EMMPA, esta institución es una empresa pública reconocida a nivel del Ecuador, debido a su servicio de comercialización y mercadeo de productos agrícolas, la cual está en cumplimiento de los estándares establecidos de eficiencia y calidad. La visión de esta empresa consiste en garantizar una excelente comercialización de productos agrícolas, facilitando legítimas y transparentes negociaciones entre los productores, comerciantes y consumidores, satisfaciendo sus expectativas (EP-EMMPA, 2022).

Esta empresa cuenta actualmente con 998 comerciantes registrados, seis premios obtenidos y 52 proyectos exitosamente desarrollados, (EP-EMMPA, 2022) 50 introductores, 343 locatarios temporales y de servicios suplementarios, recibiendo mensualmente un aproximado de 65.000

personas en sus instalaciones. (Cevallos et al., 2020) Con estas premisas, la empresa pública municipal EMMPA es sin duda el principal centro de almacenamiento, distribución y comercialización en cuanto a productos agrícolas dentro de la provincia de Chimborazo (Morales et al., 2021: pp. 11-22).

2.1.3. *Relleno sanitario de San Jerónimo de Porlón*

Si bien décadas atrás la disposición final de residuos sólidos provenientes de urbes como Riobamba no presentaban gran dificultad para ser manejados, en la actualidad con el elevado grado de crecimiento poblacional y la consecuente reducción de terreno disponible para ser usado como destino final de estos residuos, se vio la necesidad de la construcción de un relleno sanitario para la ciudad de Las Primicias, el resultado fue el relleno sanitario de la comunidad de San Jerónimo de Porlón.

Previo a la puesta en marcha de dicho relleno sanitario, el sector de Porlón, ubicado a tres kilómetros de la capital chimboracense, próximo a Cerro Negro era simplemente un botadero de basura. Cuyo mal olor se podía sentir docenas de metros antes de llegar a su ubicación, esto debido principalmente a que allí se depositaban todo tipo de residuos sin recibir ningún tipo de tratamiento técnico ambiental (EL TELÉGRAFO, 2014, párr.2).

Este relleno sanitario se encuentra operativo desde el año 2016, con el fin de realizar una gestión integral para el correcto manejo y disposición final de los residuos sólidos de Riobamba, disminuyendo así el impacto ambiental que generan aproximadamente 200 toneladas de residuos que diariamente son llevados hasta Porlón. (GADM Riobamba, 2018, párr.1).

2.1.3.1. *Residuos sólidos orgánicos generados en el EP-EMMPA*

El área de enfoque es el Mercado Mayorista, el cual, como otros mercados populares, es un sitio de alta actividad comercial donde se lleva a cabo la compra y venta de una amplia variedad de productos, muchos de los cuales son de origen orgánico y, por ende, altamente perecederos y susceptibles a la descomposición microbiana. Entre los productos que se comercializan en el mercado se encuentran frutas, verduras, hortalizas, cereales, carnes y demás víveres. Desafortunadamente, todos los residuos generados en el mercado son arrojados sin tratamiento alguno al botadero ubicado en Porlón, el cual es a cielo abierto. Este mercado es el más grande y de mayor importancia de la provincia (Jiménez, 2015: p. 3).

Según información brindada por los propios trabajadores del mercado mayorista, y encargados del proceso de compostaje realizado en el relleno sanitario de Porlón, diariamente existe generación de alrededor de 12 toneladas de residuos de todo tipo en el EP-EMMPA, información que concuerda con el estudio realizado por Niquinga, 2021, quién afirma que diariamente se generan alrededor de entre 8 y 12 toneladas de residuos en función de la afluencia de personas y el día de recolección (Niquinga, 2021: p. 2).

2.1.3.2. *Proceso de compostaje realizado en el relleno sanitario de Porlón*

Anteriormente, se planteó en el relleno sanitario de Porlón un proyecto de vermi-compostaje con los residuos sólidos orgánicos que llegaban hasta esta ubicación, mediante el cual se obtendrían dos quintales de compost por cada metro cúbico de residuos en un tiempo aproximado de catorce semanas (Tixe y Ruiz, 2018: p.7). Sin embargo, este no superó la etapa piloto de desarrollo debido a diferentes inconvenientes que se presentaron durante la puesta en marcha del proyecto. (Tixe y Ruiz, 2018: p. 7).

Gracias a las contribuciones académicas de docentes e investigadores de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, quienes hicieron uso de residuos sólidos orgánicos provenientes de la Empresa Pública Municipal Mercado de Productores Agrícolas de San Pedro de Riobamba (EP-EMMPA), residuos secos de poda de árboles y residuos provenientes de poda de palma ornamental para elaborar las pilas de compostaje (Brito et al., 2016: pp. 78-84), y también el apoyo de los funcionarios del GAD municipal de Riobamba, actualmente se realizan labores la obtención de compost dentro del relleno sanitario de Porlón principalmente con los residuos provenientes del EP-EMMPA.

Según información primaria obtenida de los trabajadores y encargados del proceso de compostaje que se lleva a cabo en Porlón los únicos residuos orgánicos utilizados en la obtención del compost anteriormente mencionado son provenientes de la EP-EMMPA de Riobamba, o comúnmente llamado “Mercado Mayorista” del cantón Riobamba, a pesar de que la generación diaria aproximada de residuos de todo tipo en este mercado es de 12 toneladas, solo 3 o 4 toneladas son destinadas a ser compostadas. Este proceso lleva un constante monitoreo tanto *In situ* como *ex situ* (a nivel de laboratorio) para la verificación de su calidad y correcto desarrollo y maduración. Las principales mediciones *in situ* que se realizan actualmente en la propia pila son de los parámetros críticos de control que según Oviedo et al, son la temperatura, el pH, y la humedad, (Oviedo et al., 2014: pp. 91-100) criterio con el cual concuerdan los trabajadores del relleno sanitario.

2.1.3.3. Lixiviados generados en el proceso de compostaje

La descomposición continua de residuos orgánicos en el proceso de compostaje tiene como efecto secundario la generación de residuos líquidos que pueden contener una gran variedad de contaminantes como metales pesados, compuestos orgánicos volátiles y otros productos químicos de no ser tratados adecuadamente, y constituyen una gran preocupación para el medio ambiente (Valencia et al., 2019: pp. 21-38).

Es necesario llevar a cabo un monitoreo regular de los lixiviados y tomar medidas para minimizar su impacto ambiental (Gómez et al., 2016: pp. 16).

Según la información compartida por el Ing. Guamán, y una visita personal realizada al relleno sanitario, se comprobó la existencia de un sistema de canales abiertos laterales ubicados en los extremos de la nave de compostaje con un talud decreciente para el transporte de lixiviados por gravedad hacia dos tanques receptores de almacenamiento ubicados en la parte baja de la estructura. Sin embargo, las condiciones de dichos canales y tanques no eran técnicamente adecuadas.

2.1.4. Abonos orgánicos en la agricultura

Las actividades agroindustriales a nivel mundial generan gran cantidad de residuos orgánicos que en general no reciben un adecuado proceso y tratamiento de disposición final, y ocasionan contaminación y degradación del medio ambiente. Una opción en aumento es la conversión de residuos en nuevos productos, como es el caso de la producción de abonos orgánicos (Álvarez et al., 2018: pp 1-10).

Según Álvarez et al., 2018 el uso de abonos orgánicos tiene un impacto positivo en la reducción del uso de fertilizantes químicos, lo que se traduce en una disminución de los costos de producción. Además, los abonos orgánicos también tienen un efecto beneficioso en la calidad del suelo, mejorando su fertilidad de manera característica.

Para evaluar la calidad de los abonos orgánicos es necesario considerar su contenido nutricional y su capacidad para suministrar nutrientes a las plantas. Esta evaluación se realiza a través del análisis de propiedades físicas, químicas y biológicas, así como de la calidad de los materiales orgánicos utilizados en su elaboración. (Escobar et al., 2013: pp. 18-29) En la producción de abonos, se utilizan principalmente materiales como residuos agrícolas y agroindustriales, microorganismos eficientes, estiércol, carbón vegetal, cal agrícola, tierra común, cascarilla de arroz, café o aserrín,

melaza y agua. (Berrios y Villegas, 2020: pp. 15-16) Uno de los métodos de descomposición de la materia orgánica de fácil manejo y uso es el compostaje (Apaza et al., 2015: pp. 75-85).

Para producir abonos orgánicos, es importante seguir prácticas seguras que eviten la contaminación de patógenos humanos debido a una manipulación inadecuada. Los fertilizantes orgánicos son una alternativa ecológica para incrementar la producción de cultivos y mejorar la fertilidad del suelo, lo que los convierte en una opción acertada para evitar la contaminación del medio ambiente. Sin embargo, su eficacia está condicionada por factores como la fertilidad del suelo, el clima y las necesidades nutricionales de las plantas. Los abonos orgánicos también mejoran la aireación y oxigenación del suelo, lo que aumenta la actividad radicular y de los microorganismos aerobios, contribuyendo a mejorar su multiplicación. Los microorganismos tienen un efecto significativo en diversas propiedades del suelo y también ejercen influencia directa en el crecimiento de las plantas (Álvarez et al., 2018: pp. 1-10).

Los fertilizantes orgánicos también pueden ser líquidos, comúnmente conocidos como “bioles”, estos son una opción viable y cada vez más utilizada en Ecuador para la fertilización de cultivos, ya que ofrecen una serie de beneficios en términos de eficiencia, sostenibilidad y respeto al medio ambiente, y al igual que el compost, son elaborados a partir de una amplia variedad de materiales orgánicos, como estiércol, residuos de cosecha, compost, entre otros. (Bermeo, 2021: pp. 19-20) Según estas premisas se puede considerar que abonos orgánicos tanto sólidos como líquidos contribuyen a la fertilidad del suelo sin comprometer al medio ambiente.

2.2. Referencias teóricas

2.2.1. Residuos

Los residuos son materiales que se generan como resultado de diversas actividades humanas y naturales, y que no son útiles para los fines originales para los que fueron creados. Estos materiales pueden ser sólidos, líquidos o gaseosos y pueden ser de origen orgánico o inorgánico (Sáez, 2014: pp. 121-135).

Entre los ejemplos de residuos se incluyen los desechos domésticos, los desechos industriales, los residuos de construcción y demolición, los residuos tóxicos y peligrosos, los residuos médicos y los residuos radiactivos. La gestión adecuada de los residuos es importante para evitar la contaminación ambiental y proteger la salud pública.

2.2.1.1. Sólidos

Los residuos sólidos pueden ser definidos como “aquellos materiales orgánicos o inorgánicos de naturaleza compacta, que han sido desechados luego de consumir su parte vital (Villalta et al., 2022: p. 5). Asimismo, explica que el concepto de residuo sólido es un concepto dinámico que evoluciona paralelamente al desarrollo económico y productivo (Rojas, 2017: p. 59).

Residuos sólidos es todo material, sustancia o elemento sólido o semisólido que son desechados una vez que estos productos prestaron un bien o un servicio en su línea de producción para las diferentes actividades que son desarrolladas dentro de los establecimientos, industrias o cualquier otra dependencia en particular en la cual muchos de estos residuos pueden ser aprovechados para ser reinsertados a una nueva línea de producción para lograr obtener otro producto con un determinado valor económico cuando estos productos son reinsertados de nuevo a la cadena comercial (JARAMILLO. G & ZAPATA. L, 2008, p. 25).

La buena práctica de recuperación y reutilización de residuos sólidos se ha venido realizando ya en muchas sociedades, con el fin de brindarles un segundo uso en su ciclo de vida como abonos orgánicos, acuicultura, alimento de animales, compost, biogás, etc (Espín, 2018: p.2).

2.2.1.2. Líquidos

Son todo aquel tipo de sustancia líquida cuya calidad no es la idónea para ser utilizada en la hidratación o labores diarias o del ser humano, sin embargo, este tipo de residuos pueden tener un valor agregado, por dicha razón no se les ha identificado completamente como desechos líquidos.

Por lo tanto, los residuos líquidos o aguas residuales se caracterizan como la mezcla de agua y residuos generados por actividades domésticas, industriales, agrícolas, mineras o comerciales, y varían en su composición según su origen: (Ulloa S.A., 2019, párr.1).

- Residuos Líquidos Peligrosos: Se consideran como tales aquellos que implican una amenaza directa a la salud humana y al medio ambiente (Ulloa S.A., 2019, párr.2).
- Residuos Líquidos No Peligrosos: Se refiere a aquellos que no constituyen una amenaza para la salud humana ni para el medio ambiente (Ulloa S.A., 2019, párr.3).

Cuando los residuos líquidos se acumulan al aire libre, permanecen en un mismo sitio durante largos periodos de tiempo se producen líquidos contaminantes llamados lixiviados que se filtran

en los suelos creando un ambiente favorable para la propagación de bacterias, hongos, etcétera, estos microorganismos patógenos son los causantes de diversas enfermedades (Solarte et al., 2015: p.26).

Lixiviados

El término lixiviado se refiere al líquido que se produce durante la descomposición bioquímica de los residuos, y también como resultado de la filtración de agua a través de ellos mientras se están degradando, lo que disuelve materiales que, por gravedad, tienden a descender hacia la parte inferior del relleno sanitario, hasta que se encuentran con una capa impermeable que impide su paso. (Dávila Cifuentes, 2013: p.1).

Características: La composición de los lixiviados que se generan en los rellenos sanitarios depende de las características de los residuos sólidos urbanos que son depositados en ellos, así como de factores ambientales como la temperatura, la humedad, la calidad y cantidad del agua que entra en contacto con los residuos y la edad del relleno. Las propiedades físico-químicas de los lixiviados están relacionadas tanto con la calidad de los residuos sólidos como con su nivel de estabilización. Desde el momento en que se generan los residuos sólidos y se depositan temporalmente en el relleno sanitario, comienza su proceso de degradación aeróbica (Tibanlombo, 2014: p.3).

Generación: El agua que entra en contacto con los residuos es principalmente a través de fuentes externas como la lluvia y el drenaje superficial. Esta agua se filtra a través de los residuos sólidos que están en proceso de descomposición, lo que provoca la liberación de materiales biológicos y compuestos químicos, tanto orgánicos como inorgánicos. Después de este proceso, se genera un líquido conocido como lixiviado que contiene una gran cantidad de sustancias y puede presentar valores extremos de pH, carga orgánica y metales pesados, y suele tener un olor muy fuerte y desagradable (López, 2016: pp. 44-47).

2.2.1.3. De mercado

En Ecuador, los residuos sólidos de mercado son aquellos generados principalmente por actividades comerciales, pero también residenciales e institucionales. Estos residuos son principalmente producidos por la industria agroalimentaria, pero también envases, empaques, papel, cartón, plásticos, metales, vidrio, alimentos y otros materiales.

Este tipo de residuos son en su mayoría provenientes de verduras y en minoría provenientes de frutas y cítricos. (Brito et al., 2016: p. 84)

Según el Ministerio del Ambiente de Ecuador, la cantidad de residuos sólidos urbanos generados en el país ha aumentado en los últimos años, lo que ha llevado a una mayor preocupación por la gestión adecuada de estos residuos. En el año 2019, las estimaciones de la producción per cápita nacional indican 0,74 kg/hab.*día en residuos sólidos, es decir, aproximadamente 5 millones de toneladas cada año. (Ministerio del Ambiente, 2020: p. 7) Dentro de esta clasificación también se encuentran los residuos producidos en mercados.

Es fundamental reducir al mínimo los efectos negativos en el medio ambiente generados por la inadecuada gestión de los desechos sólidos, mediante la creación de políticas públicas a nivel nacional que aseguren la aplicación de modelos de manejo integral. De esta manera se logrará alcanzar la sostenibilidad en términos ambientales, sociales y financieros en los 221 cantones del Ecuador (Ministerio del Ambiente, 2020: p. 8).

2.2.1.4. *Orgánicos*

Se le considera a un residuo como orgánico, cuando este tuvo su origen en un ser que se encuentra o estuvo vivo en algún momento, ejemplos de este tipo de residuos pueden ser plantas, hojas, ramas, cáscaras de frutas, verduras, hortalizas, etc. Se incluyen también residuos de origen animal como por ejemplo los huesos. (Espín, 2018: p.14) Por lo general estos residuos tienden a descomponerse relativamente rápido, generando olores desagradables fuertes y siendo característicos por una notable presencia bacteriana (Bonilla et al., 2020: pp. 31-39).

Según Bloem y su equipo en 2017, residuos orgánicos no aprovechados, como lo son la fracción orgánica de los residuos sólidos municipales, presentan un considerablemente elevado contenido de Carbono orgánico y nutrientes que pueden ser recuperados ya sea en forma sólida o líquida. (Fernández et al., 2021) En función de su composición química se puede decir que los residuos orgánicos son aquellos cuyo principal componente es el Carbono, mediante la formación de enlaces Carbono-Hidrógeno y Carbono- Carbono. Sin embargo, también contienen Oxígeno, Nitrógeno, Azufre, Boro, Fósforo, Halógenos y elementos de menos frecuencia en la naturaleza (Espín, 2018: p15).

La base de los denominados bioinsumos la constituyen los residuos de tipo orgánico, como es el caso de excreciones de animales domésticos y restos de cosechas (Gallegos et al., 2022: pp. 51-55).

2.2.1.5. *Inorgánicos*

Estos son residuos de origen mineral o producidos por la industria que no se descomponen fácilmente. No obstante, pueden ser reutilizados a través de técnicas de reciclaje (Rojas, 2017: p. 8).

Los residuos sólidos inorgánicos están principalmente conformados por objetos como papeles, cartones, botellas de plástico, envases tetrapack, vidrios, fluorescentes usados, cartuchos de tinta, entre otros (Cruz, 2019: pp. 19-21).

Son aquellos que no pueden ser degradados por los organismos vivos, su descomposición natural es demasiado lenta e inclusive en algunos casos puede tardar muchos años (Cervantes y Nivelá, 2014: p. 22, 68). Éstos pueden dividirse en residuos reciclables y no reciclables:

Reciclables: Los residuos inorgánicos reciclables son aquellos que se pueden utilizar como materia prima en la producción de nuevos productos, tales como papel, cartón, plásticos, metales, entre otros (Rivera, 2020: pp. 4, 15).

No reciclables: Los residuos no reciclables son aquellos que tardan mucho tiempo en degradarse y no pueden ser reutilizados, por ejemplo: algodones, gasas, papel higiénico, toallas sanitarias, pañales, cotonetes, textiles, espejos, cerámica, entre otros (Asanza, 2017: p. 45).

2.2.1.6. *Peligrosos*

Los residuos químicos peligrosos son aquellos materiales que, debido a su naturaleza corrosiva, reactiva, explosiva, tóxica o inflamable, pueden representar una amenaza para la salud humana y el medio ambiente si no son manejados adecuadamente. La producción de desechos peligrosos surge como resultado del amplio uso de productos químicos durante las diversas fases del ciclo de vida de un artículo (Loayza, 2007, párr.2). Es posible producir residuos peligrosos en varias etapas de la cadena productiva, incluyendo la extracción y el enriquecimiento de recursos naturales para convertirlos en materias primas, la transformación de las materias primas en productos, el consumo de productos y el tratamiento de los residuos post-consumo, ya sea como parte de los procesos utilizados para el reciclaje de residuos o para el acondicionamiento previo a su disposición final (Loayza, 2007, párr.2).

2.2.1.7. Contribución al deterioro ambiental

El creciente deterioro del ambiente, causado por la disposición inadecuada de residuos sólidos y líquidos, trae como consecuencia la degradación de los recursos y paisajes del área rural. (Pita et al., 2016: p.109). Es importante evitar el daño ambiental evaluando previamente la ejecución de obras públicas, privadas o mixtas, así como los proyectos de inversión pública o privada que puedan generar impactos ambientales significativos y sean considerados necesarios a nivel nacional. Se debe fomentar la producción y consumo de manera sostenible y proponer alternativas y mecanismos para reducir el impacto ambiental (TULSMA, 2017: p.19).

En nuestro país, se ha observado que no se realiza una adecuada recolección y transporte selectivo de residuos en diferentes lugares como hogares, oficinas, comercios, industrias y hospitales y como resultado, los residuos se mezclan y compactan, y después son depositados en lugares de disposición final como rellenos a cielo abierto, incinerados o arrojados en ríos, lo que agrava el daño al medio ambiente (Henríquez, 2019: p.3). Por lo tanto, el manejo inadecuado de los residuos sólidos provoca un deterioro en el paisaje natural, lo que se refleja en la contaminación del suelo, aire y agua, poniendo en riesgo la salud humana y reduciendo la biodiversidad al afectar a la población animal y a las especies vegetales de importancia social y económica. (Henríquez, 2019: p.7).

2.2.2. Tratamiento de residuos sólidos

2.2.2.1. Relleno sanitario

Es frecuente emplear una técnica de eliminación de desechos sólidos conocida como "relleno sanitario". Este método consiste en la colocación de capas compactadas de basura sobre un terreno impermeabilizado para evitar la contaminación de los acuíferos, seguido por la aplicación de capas de suelo. Una de las ventajas del uso del relleno sanitario en comparación con otros procedimientos de tratamiento de residuos es que puede recuperar terrenos degradados por la minería o la explotación de canteras, así como áreas que se consideran improductivas o marginadas (Ullca, 2005: pp.2-4). Además de la baja inversión de capital comparada con otros métodos de tratamiento; la generación de empleo de mano de obra no calificada, flexibilidad, en cuanto a la capacidad; para recibir cantidades adicionales de desechos y la posibilidad de utilizar el gas metano producido como fuente alternativa de energía. Si se construyen o ubican inadecuadamente, los rellenos sanitarios pueden causar contaminación ambiental y afectar negativamente la estética, la salud pública y la seguridad laboral (Ullca, 2005: pp.2-4).

Tabla 2-2: Ventajas y desventajas de los rellenos sanitarios.

Ventajas	Desventajas
La restauración de áreas degradadas.	Requiere amplias zonas aisladas.
Consumo energético reducido.	Requerimientos geológicos particulares.
Costos de inversión más bajos.	Emisiones de metano y dióxido de carbono.
Es posible aprovechar energéticamente el metano generado.	Genera efluentes líquidos y gaseosos.

Realizado por: Montero y Pombosa, 2023.

Fuente: (Ullca, 2005: pp.2-4).

Al diseñar un relleno sanitario, es fundamental tener en cuenta los aspectos socioculturales del vecindario, particularmente en relación con el tamaño de las instalaciones, que deben estar en línea con los planes maestros de uso del suelo urbano. Es crucial evaluar los efectos estéticos y sonoros (como el ruido del tráfico) en las áreas cercanas a las zonas residenciales. Además, la migración de gases y polvo de acuerdo con la dirección predominante del viento, el flujo de las aguas subterráneas y las características de los cuerpos de agua superficiales son elementos importantes que deben considerarse en la planificación de proyectos de gestión de residuos sólidos. Por ejemplo, es posible que se apliquen "tarifas de la comunidad anfitriona" como impuestos especiales para las comunidades que acogen un relleno sanitario. (Ullca, 2005: pp.2-4).

Características

En la planificación y construcción de vertederos sanitarios, es esencial tomar medidas de precaución para evitar afectar negativamente el medio ambiente natural o causar impactos adversos en la población local. Para prevenir la contaminación de las aguas subterráneas y superficiales cercanas, es necesario utilizar áreas con suelos subyacentes de baja permeabilidad y materiales aislantes adecuados (Ullca, 2005: pp.2-4).

Residuos destinados

Cuando no es viable el aprovechamiento de los residuos, se recurre a opciones como los rellenos sanitarios o, en ocasiones, la incineración para su disposición final. Sin embargo, cada vez se promueve con mayor frecuencia el aprovechamiento de los residuos y la tendencia actual es reducir la cantidad de residuos destinados a vertederos sanitarios, y en su lugar, aumentar la cantidad destinada al reciclaje y compostaje (Noguera & Olivero 2010: p.73).

Clasificación

Método de celda, zanjas o trincheras: Esta forma de disposición es apropiada para regiones planas, donde se dispone de una profundidad efectiva adecuada y donde el nivel freático se encuentra lo suficientemente profundo como para evitar la contaminación del acuífero. Los residuos sólidos son depositados en celdas o zanjas excavadas previamente con una retroexcavadora o un tractor de orugas. La profundidad de las celdas se limita por la permeabilidad del suelo, y puede llegar a ser de hasta 7 metros. Antes de ser depositados, las celdas son cubiertas con membranas sintéticas, arcilla de baja permeabilidad o una combinación de ambas, para evitar la movilidad de los gases y lixiviados producidos por la descomposición de la basura (Torri, 2017: pp.3-4).

Los residuos sólidos urbanos se depositan y acomodan dentro de la celda para luego compactarlos. El suelo producto de la excavación es utilizado posteriormente para la cubierta diaria y final (Torri, 2017: pp.3-4).

Método en zona o de áreas: Este método de disposición de residuos sólidos se utiliza en terrenos planos donde la excavación no es posible. Los residuos se depositan sobre el suelo previamente elevado e impermeabilizado, construyendo celdas con una pendiente suave para evitar deslizamientos. El material de cobertura se traslada desde terrenos adyacentes o se utiliza compost producido por el compostaje de residuos orgánicos. Los residuos se descargan en la base del talud, se compactan y se cubren diariamente con una capa de suelo (Torri, 2017: pp.3-4).

2.2.2.2. *Compostaje*

El compostaje no es más que la transformación en un medio aerobio de la materia orgánica en un producto estabilizado de excelente calidad química y biológica, esto mediante la intervención de diferentes tipos de microorganismos como bacterias y hongos. Para que el proceso se lleve a cabo de manera óptima, se debe mantener un monitoreo y control constante sobre algunas variables físicas, químicas y biológicas que intervienen en el proceso (Montiel y Pérez, 2019: pp. 273-284).

Por lo cual se divide en 4 fases según (Agencia de Residuos de Cataluña, 2016: p. 11):

- Fase mesofílica: Durante esta etapa, se produce un rápido aumento en la temperatura del material orgánico debido a la actividad microbiana. Los microorganismos mesófilos, que prosperan en temperaturas entre 20 y 45 grados Celsius, descomponen los componentes orgánicos en compuestos más simples, lo que genera calor como subproducto. Esta fase puede durar desde unos pocos días hasta unas pocas semanas (Sanchez, 2015: p. 6).

- Fase termofílica: Durante esta etapa, la temperatura del material compostable aumenta significativamente, incluso puede superar los 60 grados Celsius. Los microorganismos termófilos, que se desarrollan en temperaturas entre 45 y 70 grados Celsius, se encargan del proceso de compostaje. En esta fase, la mayoría de los patógenos y semillas de maleza son eliminados y el compost adquiere una textura homogénea y fina. El período de esta fase puede variar entre algunas semanas y algunos meses (Mendoza & Guadalupe, 2018: p. 6). Según lo expuesto por Brito et al, en 2016 en esta etapa es donde se presentan las mayores temperaturas y comienza aproximadamente a los 7 días de iniciado el proceso, y según el mismo autor puede durar 84 días, mientras que para Martínez et al, en 2019: p. 4 si la pila se encuentra a temperaturas superiores a 40 C, esta etapa llega a durar hasta 40 días.
- Fase de Enfriamiento o Mesofílica II: En esta etapa, la temperatura del material compostable comienza a bajar, lo que indica que la actividad microbiana ha disminuido. Los microorganismos termófilos mueren o se vuelven menos activos debido a la falta de nutrientes y oxígeno, mientras que los microorganismos mesófilos vuelven a tener un papel predominante en el proceso. Con el tiempo, el compostaje se estabiliza, lo que indica que los nutrientes se han descompuesto en componentes más simples y el producto es más estable y maduro. Esta fase puede durar desde unas pocas semanas hasta unos pocos meses (MAC DONNELL, 2018: p. 5-6).
- Fase de Curado o Maduración: En esta etapa, el compostaje alcanza su madurez y estabilización. Los microorganismos han disminuido su actividad y el compostaje se enfría y se asienta. El producto final se oscurece y emite un olor a tierra característico. La duración de esta fase varía según el tipo de material orgánico utilizado y las condiciones específicas del proceso de compostaje, pudiendo ser desde unas pocas semanas hasta varios meses (Docampo, 2013: pp. 65-66).

Compost

El compost es un proceso biológico controlado que convierte la materia orgánica a humus a través de la descomposición aeróbica. Se denomina compost al producto resultante del proceso de compostaje. La calidad del compost final está determinada por múltiples factores que afectan su proceso de fermentación y maduración. Estos factores pueden variar en un rango debido a la diversidad de la mezcla inicial de residuos y a las posibles variaciones en su composición estacional. Los parámetros de calidad del compost son: pH, sales solubles, nutrientes totales (N, P, K, Mg, Ca), contenido de humedad, contenido de materia orgánica, bioensayos de madurez, estabilidad, tamaño de partículas, patógenos, metales pesados, temperatura, presencia de oxígeno, relación Carbono/Nitrógeno, etc. Se espera que el producto resultante del proceso de compostaje

no afecte la salud de las plantas, animales y humanos debido a la presencia de sustancias tóxicas y/o patógenas. Por consiguiente, el compost puede constituir un excelente factor de producción en los agroecosistemas y un excelente factor de protección y conservación de los suelos (Francisco Rojas, 2007: p.12).

2.2.3. Tratamiento de residuos líquidos

2.2.3.1. Proyección poblacional

La Norma INEN indica que para el cálculo de la población en el futuro se debe calcular la proyección de crecimiento poblacional mediante tres métodos diferentes conocidos (proyección aritmética, geométrica, incrementos diferenciales, comparativo, etc.) con las que se realicen mejores comparaciones para brindar una mejor orientación al criterio del proyectista. La población de diseño futura se establecerá con base en, aspectos económicos, geopolíticos y sociales que influyan en los movimientos demográficos.

La producción de residuos de mercado, que son una parte considerable de los denominados residuos sólidos urbanos, está directamente relacionada con el crecimiento de la población. Según la norma ISO 14000:2015, los residuos de mercado son generados por las actividades comerciales, residenciales e institucionales, principalmente residuos de origen orgánico agroalimentario, pero sin excluir productos como envases, empaques, papel, plásticos, metales, vidrio, y otros materiales.

Varios estudios han demostrado que el aumento de la población conlleva a un aumento de la producción de residuos de mercado. Por ejemplo, según un estudio realizado en la ciudad de Río de Janeiro, Brasil, se encontró que el aumento de la población estaba directamente relacionado con el aumento de la cantidad de residuos generados (de Mattos, 2015: p. 46).

En conclusión, existe una clara relación entre el crecimiento de la población y el aumento de la producción de residuos de mercado. Por lo tanto, es importante que se implementen políticas y estrategias de gestión de residuos adecuadas para hacer frente a este problema.

El Código Ecuatoriano De La Construcción indica que, para estimar la población futura, se emplearán al menos tres técnicas de proyección de crecimiento, como la proyección aritmética, geométrica, Incrementos diferenciales, comparativo, entre otros. (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 1992: p. 41) Para la elaboración de dichas proyecciones es necesario conocer la

información que pone a disposición el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 1992: p. 42)

Método de crecimiento exponencial

Aunque este método es más aplicado al crecimiento bacteriano, tiene bastante relación con cómo se desarrolla el aumento de la población humana, ya que este considera que el número de organismos, en este caso, *Homo sapiens sapiens*, que se añade en cada generación aumenta al mismo tiempo que la población se hace más grande, de ahí el nombre de esta metodología de cálculo (Rye et al., 2016: pp. 45.5.-45.6.).

La expresión matemática mediante la cual se determinó este resultado corresponde al modelo de Malthus, fue la siguiente (Gallardo, 2018: pp. 40-41):

$$P_t = P_o * e^{(r*t)} \quad (1-2)$$

Donde:

P_t = Población proyectada a un año futuro específico (hab).

t = Tiempo de proyección a futuro (años).

P_o = Población en el tiempo inicial (hab).

r = Tasa de crecimiento poblacional (hab./año).

Método de crecimiento geométrico

Este método a diferencia del exponencial, no asume que el crecimiento se da de manera exponencial con el tiempo, aunque mantiene cierta semejanza, si una población experimenta un crecimiento geométrico, esto implica que el número de personas se incrementa de manera constante en términos porcentuales, lo que se traduce en un aumento absoluto en cada periodo de tiempo, se calcula en función de la siguiente expresión: (Gallardo, 2018: pp. 39-40)

$$P_t = P_o * (1 + r)^t \quad (2-2)$$

Método de crecimiento aritmético (modelo lineal)

Este método de proyección de población se basa en un incremento constante y absoluto de la población a lo largo del tiempo, lo que no suele cumplirse en la realidad demográfica. Sin embargo, este modelo se utiliza a menudo para estimaciones de población a corto plazo, como, por ejemplo, para obtener datos de población a mitad de año. Este método se aplica con la ecuación: (Gallardo, 2018: pp. 38-40)

$$P_t = P_o + r * (t - t_o) \quad (3-2)$$

Donde:

t = Tiempo de proyección final.

t_o = Tiempo inicial en el que existe una población P_o .

Para aplicar el método de proyección poblacional aritmético se debe determinar primeramente la razón de crecimiento (r), que está definida como la relación existente entre la variación de población en un tiempo determinado (ΔP) con la variación entre los datos numéricos de dichos tiempos (Δt). (Poma y Soto, 2017: p. 39)

$$r = \frac{\Delta P}{\Delta t}$$

$$r = \frac{P_2 - P_1}{t_2 - t_1} \quad (4-2)$$

Donde:

P_2 = Población en el año (2).

P_1 = Población en el año (1).

t_2 = Año (2)

t_1 = Año (1)

2.2.3.2. *Rejillas*

El sistema de rejillas para tratamiento de líquidos es una técnica de filtración que utiliza tamices o rejillas de diferentes tamaños de poro para purificar líquidos y eliminar sólidos suspendidos y contaminantes. El propósito fundamental de estos dispositivos es permitir el desarrollo eficaz de tratamientos posteriores. Este método es efectivo en la eliminación de partículas y sólidos suspendidos de gran tamaño, así como en la reducción de la turbidez del agua (González et al., 2015. pp. 1-8). Es recomendable diseñar el canal de acercamiento a la rejilla de tal manera que no se acumule arena ni otros materiales pesados. Asimismo, se sugiere que este canal tenga una dirección perpendicular a las barras de la rejilla (Álvarez, 2016: pp. 14-23).

El sistema de rejillas se ha utilizado en diversas aplicaciones, como en la industria alimentaria, y en el tratamiento de aguas residuales. Pueden ser de limpieza manual o mecánica. Se recomienda instalar rejillas de limpieza manual para gastos menores a 50L/s; cuando el gasto es mayor o igual, es conveniente utilizar rejillas con limpieza mecánica (Saenz, 2014: pp. 6-43).

El sistema de rejillas es una opción económica y sencilla de utilizar, por lo que se adapta bien a proyectos de escala reducida y mediana. (Lizarazo, 2013: pp. 46-50) Por esta razón este sistema es

aplicable a entornos donde los recursos económicos sean limitados como es el caso del cantón Riobamba.

Dependiendo de la cantidad de residuos que se acumulen en la rejilla, se podrá optar por un sistema de limpieza manual o mecánico. Si se estima que la limpieza manual puede realizarse cada hora, entonces se utilizará este método. Si, por otro lado, la limpieza debe realizarse con mayor frecuencia, se utilizará un sistema mecánico para limpiar la rejilla (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 1992: p. 134).

La ecuación de Manning es una fórmula utilizada para estimar la velocidad del flujo en un canal abierto. Fue desarrollada por Robert Manning en 1891 y ha sido ampliamente utilizada en la ingeniería hidráulica desde entonces (Tiburcio, 2022: p. 38).

La ecuación de Manning puede ser reescrita en términos de la velocidad del flujo en un canal abierto. La velocidad se expresa en función de la pendiente del canal, el área de la sección transversal del canal y el coeficiente de rugosidad de Manning (n) que puede variar dependiendo de la superficie del canal y del tipo de material que lo conforma. La ecuación es la siguiente (Bustos et al., 2015: p. 42-43):

$$v = \frac{1}{n} * R^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}} \quad (5-2)$$

Donde:

v = velocidad del flujo. (m/s)

n = coeficiente de rugosidad de Manning.

R = radio hidráulico. (m)

S = pendiente del canal. (m/m)

Para determinar el coeficiente de rugosidad de Manning, es necesario consultar la literatura especializada, y también es importante verificar el correcto funcionamiento del conducto tanto en condiciones de revestimiento nuevo como en revestimiento antiguo. (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 1992: p. 102). Sin embargo, una opción viable es tomar como guía los valores señalados en la tabla (3-2), la cual presenta los coeficientes de rugosidad correspondientes según la normativa ecuatoriana.

Tabla 3-2: Coeficientes de rugosidad para la fórmula de Manning.

CARACTERÍSTICAS DE LA SUPERFICIE	VALOR DE n DE MANNING		
	MÍNIMO	MEDIO	MÁXIMO
Roca no revestida:			
- Canales bien recortados	0,02		0,025
- Canales en condiciones medias	0,025	0,033	0,035
- Canales excavados sin cuidado		0,04	0,045
Roca muy bien revestida:			
- Túneles a gravedad con gunita	0,022		0,03
- Túneles a gravedad con las paredes y la solera alisados	0,019	0,023	
Canales en tierra:			
- En arcilla bien compactada		0,02	
- Grandes canales en condiciones medias de mantenimiento		0,025	
- Canales en malas condiciones		0,0275	
- Canales con algas y plantas acuáticas		0,03	
- Canales mal perfilados y con fuerte crecimiento de plantas acuáticas		0,035	
Revestimientos de hormigón:			
- Hormigón ordinario	0,15	0,016	0,018
- Hormigón pulido	0,013	0,014	0,015
- Tuberías de hormigón		0,013	
- Revestimiento de concreto	0,016	0,018	0,021
Mampostería:			
- De piedra	0,017	0,022	0,03
- De gaviones	0,025	0,027	0,032
- De roca cortada	0,027	0,03	0,035
Tuberías de hierro fundido		0,012	
Tuberías de PVC, asbesto-cemento, o tuberías recubiertas con mortero de cemento		0,011	
Tuberías de acero		0,011	

Fuente: Instituto Ecuatoriano de Normalización, 1992: p. 103.

El área transversal necesaria para el canal de transporte en el que deben ser colocadas las rejillas (A) se puede determinar con base en la ecuación de continuidad de flujo la cual determina que el caudal de un fluido que atraviesa una zona determinada es igual al producto entre la velocidad de dicho fluido por el área transversal por la cual circula: (Hernández, 2014: pp. 1-4)

$$Q = v * A \quad (6-2)$$

Donde:

Q = Caudal de Flujo del biol. (m³/s)

v = Velocidad de Flujo. (m/s)

A = Área Transversal de Flujo. (m²)

Despejando A de la ecuación (6-2):

$$A = \frac{Q}{v} \quad (7-2)$$

El espacio y la disposición de las rejillas deberán ser adecuados para que la velocidad de flujo a través de ellas no supere los valores comprendidos entre **0,3 m/s y 0,5 m/s**. (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 1992: p. 87)

Para que el sistema pueda abarcar un flujo mayor al esperado por diferentes circunstancias, se debe siempre tener en consideración un denominado **factor de seguridad**, al momento de determinar las dimensiones del canal. (Cadavid, 2020: p. 38)

Si de la ecuación (5-2) se realiza el despeje del valor de la pendiente del canal S , se obtiene la ecuación (8-2):

$$S = \left(\frac{v * n}{R^{\frac{2}{3}}} \right)^2 \quad (8-2)$$

El sistema de rejillas cumple en si una operación unitaria de tamizaje, lo que quiere decir que su función principal es evitar que los materiales grandes pasen al sistema de tratamiento. Y según la normativa ecuatoriana, deberán cumplir con las siguientes especificaciones:

Tabla 4-2: Especificaciones de instalación de rejillas.

Colocación	Vertical opuesto al sentido del flujo
Material	Hierro
Espacio ocupado	Todo el disponible en dichas aberturas o canales por donde el fluido atraviesa
Espacio Máximo entre barras	2 cm
Dimensiones mínimas de las barras	En la dirección de la corriente, se debe considerar de 20 mm o el 2,5% de la longitud total de la barra, lo que sea mayor.
Longitud Máxima	2 m (Limpieza manual)
Ángulo Máximo con la horizontal	60 ° (Limpieza manual)

Realizado por: Montero y Pombosa, 2023.

Fuente: (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 1992: p. 134)

Para realizar el dimensionamiento de un sistema de rejillas se requiere seleccionar el tipo de rejillas con las que se va a trabajar teniendo en cuenta el valor del caudal calculado, así como las características del fluido y las posibilidades económicas del cantón. (Sánchez, 2017: pp. 119-143) Por lo cual debe constar el tipo de manejo o limpieza, material, espesor, geometría, separación entre barrotes y ángulo de inclinación con respecto a la horizontal. (Dueñas, 2017: p. 27)

El número de barrotes o rejillas que ocupan el canal se calculó con la siguiente expresión:

$$N = \frac{B}{s + e} \quad (9-2)$$

Donde:

N = Número de rejillas o barras.

B = Base o ancho del canal (m).

s = Separación entre rejillas (m).

e = Espesor de la rejilla (m).

Para determinar las pérdidas de carga en los diferentes elementos de la derivación, es necesario hacer el cálculo tomando en cuenta las velocidades promedio. Se debe tener en cuenta los coeficientes de pérdida de carga por la forma de los barrotes y la inclinación de la rejilla al calcular las pérdidas de carga en estas. Para esto, se pueden utilizar coeficientes de fricción o de pérdidas localizadas obtenidos de literatura especializada o de investigaciones en laboratorio, especialmente cuando se requiere realizar un modelo reducido. (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 1992: p. 87)

Los coeficientes de pérdida de carga debido a la forma de las rejillas pueden ser:

Tabla 5-2: Coeficiente de pérdida en función de la forma de la rejilla.

Forma	Coefficiente de Pérdida de Carga
	2,42
	1,79
	1,83

Realizado por: Montero y Pombosa, 2023.

Fuente: Palomino, 2017: p. 39.

Finalmente se calculó la pérdida de carga (**h**) debido a que las rejillas ocupan una cierta área por la cual no circulará el biol mediante la siguiente ecuación: (Palomino, 2017: pp. 38-39)

$$hp = \beta * \left(\frac{s}{e}\right)^{\frac{4}{3}} * \frac{v^2}{2 * g} * \text{sen}\theta \quad (10-2)$$

Donde:

hp = Pérdida de carga debida a las rejillas (m).

β = Coeficiente debido a la forma de las rejillas.

θ = Ángulo de inclinación de las rejillas respecto a la horizontal.

g = Fuerza de Gravedad. (m/s²)

Para que el sistema sea eficiente se debe garantizar que **hp** sea un valor minúsculo. (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 1992: p. 73)

Para el cálculo de ángulo de inclinación con respecto a puntos específicos de referencia, no solo en diseños de canaletas Parshall, sino en varios dispositivos de tratamiento que incluyan triángulos rectángulos en sus diseños, se hace uso de razones trigonométricas, las cuales se muestran a continuación: (Arenas et al., 2014: p. 373)

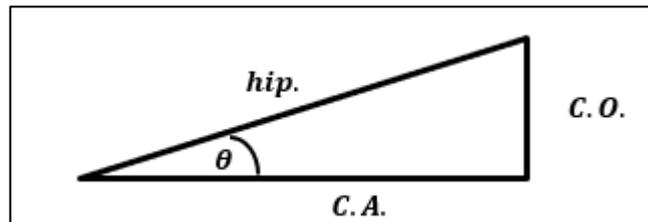


Figura 1-2: Triángulo rectángulo y sus partes.

Realizado por: Montero y Pombosa, 2023.

$$\tan\theta = \frac{C. O.}{C. A.} \quad (11-2)$$

$$\text{sen}\theta = \frac{C. O.}{hip.} \quad (12-2)$$

$$\text{cos}\theta = \frac{C. A.}{hip.} \quad (13-2)$$

Donde:

hip. = Hipotenusa (m).

C. O. = Cateto Opuesto (m).

C. A. = Cateto Adyacente (m).

2.2.3.3. *Tanque de recepción y almacenamiento*

Para la recepción y almacenamiento de líquidos se puede considerar la construcción de los denominados tanques superficiales, estas estructuras pueden tener diferentes formas y se pueden construir con piedra, hormigón simple o hormigón armado, según su capacidad, estabilidad estructural y la disponibilidad de materiales en la zona. Se construyen cuando la topografía del terreno cumple con los requisitos hidráulicos del sistema y cuando se requiere una gran capacidad. Si el volumen de reserva es muy grande, se puede dividir en varias unidades que funcionan en paralelo (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 1992: p. 174).

Estos tanques también se pueden utilizar para la distribución de líquidos, pero para permitir una continua renovación del agua, en caso de que las entradas y salidas del tanque deban hacerse mediante tuberías separadas, que se ubicarán en lados opuestos. Será obligatorio que los tanques estén equipados con una tapa que permita el acceso mediante una cerradura y llave, llamada tapa sanitaria, o a su vez, que siempre se mantengan cubiertos por una estructura externa (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 1992: p. 174).

La utilización de un tanque de recepción para tratamiento de líquidos es importante para asegurar la eficiencia y efectividad del proceso de tratamiento. Según la norma API Standard 653 (5th ed., 2014), el uso de un tanque de almacenamiento de líquidos puede ayudar a reducir la variabilidad en la entrada del líquido al proceso de tratamiento, lo que puede resultar en una mayor calidad del producto final. Además, el tanque de recepción puede proporcionar una capacidad de almacenamiento adicional para el líquido, lo que puede ser útil en procesos que requieren un flujo constante de líquido para el tratamiento.

El área hidráulica requerida para una tubería de transporte se calcula a partir de la ecuación de continuidad (6-2). A continuación, despejando el valor del diámetro de la ecuación del área de una circunferencia (11-2), se puede calcular el diámetro requerido de tubería para que el líquido fluya a una velocidad determinada (12-2). (Moreno, 2019: pp. 19-24)

$$A = \pi * \frac{D^2}{4} \quad (14-2)$$

$$D = \sqrt{\frac{4 * A}{\pi}} \quad (15-2)$$

Donde:

A = Área hidráulica transversal de la tubería: Esta es la medida de la sección transversal del conducto que está ocupada por el líquido que fluye a través de él (Terán et al., p. 17).

D = Diámetro interno o hidráulico de la tubería (m).

El caudal de flujo de un fluido es igual al volumen de gasto en un determinado tiempo (Paoloni, 2013: p. 59).

Estas variables también pueden ser expresadas en función del tiempo de vaciado de un tanque conociendo el volumen de líquido en el tanque y el caudal de vaciado a través de la tubería instalada.

$$Q = \frac{V}{T_v} \quad (16-2)$$

Donde:

Q = Caudal de flujo (m^3/s).

V = Volumen de líquido (m^3).

T_v = Tiempo de vaciado (s).

Despejando T_v de la ecuación (16-2) se obtiene:

$$T_v = \frac{V}{Q} \quad (17-2)$$

2.2.3.4. Canal Parshall

El canal Parshall es un tipo de medidor de flujo de líquidos que se utiliza en el tratamiento de sustancias líquidas, en la industria química y en la gestión de líquidos en general y para la mezcla rápida de sustancias. El canal Parshall fue desarrollado en la década de 1920 por el ingeniero americano Ralph L. Parshall, quien estableció sus dimensiones a partir de ecuaciones que ajustan el diseño a los requisitos de quien las aplica. Entre las ventajas de su uso está la conversión de energía de posición en energía de velocidad, pérdidas mínimas de energía y que no permite la sedimentación como si pasa con otras estructuras de medición. (Monar, 2020: pp. 10-12) El canal Parshall es efectivo para la mezcla rápida de productos químicos, ya que permite la generación de una gran cantidad de energía cinética debido a la turbulencia y el resalto hidráulico generado, con la posterior disipación de esta energía en la mezcla de los productos químicos (Canales, 2021: pp. 46-47).

Existen tablas y manuales técnicos que definen los tamaños y proporciones de la Canaleta Parshall para su diseño en función del caudal esperado, por lo que estas medidas ya se encuentran estandarizadas (Corregidor, 2021: pp. 64-65). Estos elementos tienen una doble función, la primera es la producción de la mezcla y la segunda es la medición del caudal que ingresa. (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 1992: p. 138)

El canal Parshall es una herramienta útil para medir el caudal de líquidos, especialmente en condiciones de flujo no uniforme. (Heryani, 2022: p. 26) Otra de sus finalidades es hacer que los

coagulantes se dispersen en el agua con mayor facilidad durante el proceso de coagulación. (Corregidor, 2021: p. 64) La canaleta Parshall opera con un flujo que va de una condición supercrítica a una subcrítica, lo que genera un resalto hidráulico. Para lograr una dispersión total del coagulante, se lleva a cabo una mezcla rápida. (Autoridad del Canal de Panamá, 2020: p. 7)

Además, el canal Parshall es fácil de instalar y operar, lo que lo hace adecuado para aplicaciones de pequeña y mediana escala, (Bhoria et al., pp.32-35) esto lo hace ideal para su aplicación en un entorno socioeconómico como es el del cantón Riobamba.

El tamaño o ancho de garganta ideal de la canaleta Parshall se determina en función del caudal que este dispositivo va a recibir, como se muestra en la tabla (6-2) a continuación:

Tabla 6-2: Medidas y límites de uso del canal Parshall.

Ancho de garganta	H min (mm)	Q min (m ³ /h)	H máx (mm)	Q máx (m ³ /h)
1"	15,0	0,32	210	19
2"	20,0	1	393	100
3"	31,0	3	591	275
6"	32,7	6	609	600
9"	30,6	9	753	1200
12" (1')	30,5	12	885	2000
1'6" (18")	30,0	17,3	760	2502
2'	46,0	43,5	760	3360
3'	46,0	63	760	5115
4'	60,0	110	760	6894

Realizado por: Montero y Pombosa, 2023.

Fuente: Aponte, 2019: p. 32.

Según una publicación de la Comisión Nacional del Agua (CNA), Instituto Mexicano de Tecnología de Agua (IMTA), y la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) de México, después de realizar varios experimentos, se ha notado que todos los aforadores Parshall tienen un comportamiento parecido en la relación entre la profundidad del líquido y el caudal, en condiciones de descarga libre. Esto significa que todos ellos pueden ser representados matemáticamente mediante la siguiente ecuación: (Pedroza y Juárez, 2016: p. 8)

$$Q = C * H a^n \quad (18-2)$$

Donde:

Q = Gasto Volumétrico o Caudal (L/s).

C y **n** = Constantes dependientes del ancho de garganta de la canaleta.

Ha = Altura útil o profundidad del líquido en la sección de medición (mm). (Pedroza y Juárez, 2016: p. 8)

Teniendo en consideración el valor del ancho de garganta de la canaleta determinado en función del caudal mínimo y máximo según la tabla (6-2), los valores de **C** y **n** pueden ser los que se muestran en la tabla (7-2):

Tabla 7-2: Constantes en función de W.

Ancho de la garganta (W)	Ecuación de Gasto
mm	Ha en mm y Q en L/s
25,4	C = 0,001352; n = 1,55
50,8	C = 0,002702; n = 1,55
76,2	C = 0,003965; n = 1,55
152,4	C = 0,006937; n = 1,50
228,6	C = 0,013762; n = 1,53

Realizado por: Montero y Pombosa, 2023.

Fuente: Pedroza y Juárez, 2016: p. 11.

Despejando **Ha** de la ecuación (15-2):

$$Ha = \left(\frac{Q}{C}\right)^{\frac{1}{n}} \quad (19-2)$$

Las dimensiones de la estructura de la canaleta conociendo el valor del ancho de garganta de la misma se muestran en el anexo (A). (Autoridad del Canal de Panamá, 2020: p. 8)

El ancho del canal después de la entrada en la sección de medición se representa con (**D''**), este cálculo se lleva a cabo mediante la ecuación: (Autoridad del Canal de Panamá, 2020: p. 15)

$$D'' = \frac{2}{3} * (D - W) + W \quad (20-2)$$

Donde:

D'' = Ancho del Canal Parshall en la sección de medición (m).

D = Ancho de entrada a la Canaleta Parshall (m). (Ver anexo A)

W = Ancho de garganta (m).

Despejando el valor de la velocidad de la ecuación de continuidad (6-2), y conociendo que el área de la sección de medición es igual al producto entre **D''** y **Ha**; se obtiene la siguiente expresión:(Autoridad del Canal de Panamá, 2020: p. 15)

$$v_0 = \frac{Q}{D'' * Ha} \quad (21-2)$$

El caudal específico (q) en la sección de la garganta, que es equivalente a el caudal que fluye por un ancho determinado se establece usando la siguiente fórmula: (Autoridad del Canal de Panamá, 2020: p. 16)

$$q = \frac{Q}{W} \quad (22-2)$$

Donde:

q = Caudal específico

La Carga hidráulica disponible (Eo) en la sección de la garganta se calcula a partir de una parte de la ecuación de Bernoulli, mostrada a continuación: (Vega et al., 2017: pp. 339-352)

$$\frac{P}{\gamma} + \frac{v^2}{2 * g} + z = cte \quad (23-2)$$

Ya que se trabaja a presión atmosférica, $P = 0$, z es la diferencia de altura entre la sección de entrada y el final de la sección de la garganta, lo que es igual a $Ha + N$, la ecuación para determinar Eo es la siguiente: (Autoridad del Canal de Panamá, 2020: p. 16)

$$Eo = \frac{v_0^2}{2 * g} + (Ha + N) \quad (24-1)$$

Donde:

N = Diferencia de altura entre la sección inicial y la sección final de la garganta (m).

El cálculo de la velocidad antes del resalto hidráulico (v_1) se realiza mediante la ecuación: (Autoridad del Canal de Panamá, 2020: p. 16)

$$v_1 = 2 * \sqrt{\frac{2}{3} * g * Eo * \cos\left(\frac{\beta}{3}\right)} \quad (25-2)$$

Donde:

v_1 = Velocidad de flujo antes del resalto hidráulico (m/s).

β = Ángulo de inclinación de la pendiente del canal en la sección del resalto.

El cálculo de la altura antes del resalto hidráulico (h_1), se calcula mediante la siguiente ecuación: (Autoridad del Canal de Panamá, 2020: p. 16)

$$h_1 = \frac{q}{v_1} \quad (26-2)$$

Donde:

h_1 = Altura útil de flujo previo al resalto hidráulico (m).

El Número de Froude antes del resalto hidráulico (N_{Fr1}) se determina mediante la siguiente ecuación en el punto: (Autoridad del Canal de Panamá, 2020: p. 16)

$$N_{Fr1} = \frac{v1}{\sqrt{g * h1}} \quad (27-2)$$

Donde:

N_{Fr1} = Número de Froude antes del resalto hidráulico.

Según la legislación ecuatoriana, el valor del Número de Froude debe estar entre 2 y 3 (CPE INEN 5 Parte 9-1, 1992: pp. 138).

La altura del fluido en el resalto hidráulico ($h2$) se calcula con la siguiente expresión: (Autoridad del Canal de Panamá, 2020: p. 16)

$$h2 = \frac{h1}{2} * \left(\sqrt{1 + 8 * N_{Fr1}^2} - 1 \right) \quad (28-2)$$

Donde:

$h2$ = Altura útil del fluido en el resalto hidráulico (m).

Para llevar a cabo el cálculo de la velocidad en el resalto hidráulico ($v2$), se parte nuevamente de la ecuación de continuidad despejando este valor, obtenido la expresión: (Autoridad del Canal de Panamá, 2020: p. 16)

$$v2 = \frac{Q}{W * h2} \quad (29-2)$$

Donde:

$v2$ = Velocidad de flujo en la sección del resalto hidráulico (m/s).

Para calcular la altura útil en la sección de salida de la canaleta ($h3$) se hace uso de la siguiente ecuación:

$$h3 = h2 - (N - K) \quad (30-2)$$

Donde:

$h3$ = Altura de flujo en la salida de la canaleta Parshall (m).

K = Diferencia de altura entre la sección de entrada a la garganta y el final de la sección de salida de la canaleta (m).

Para realizar el cálculo de la velocidad de flujo en la sección de salida ($v3$) se debe utilizar la siguiente fórmula: (Autoridad del Canal de Panamá, 2020: p. 16)

$$v3 = \frac{Q}{C * h3} \quad (31-2)$$

Donde:

v_3 = Velocidad de flujo en la salida de la canaleta Parshall (m/s).

C = Ancho final de la sección de salida del fluido en la canaleta (m).

La pérdida de energía o de carga (h_p) se calcula mediante la siguiente ecuación: (Autoridad del Canal de Panamá, 2020: p. 16)

$$h_p = h_a + K - h_3 \quad (32-2)$$

Los cálculos para la mezcla de compuestos químicos en fluido son importantes para determinar el correcto funcionamiento de la canaleta como dispositivo de mezcla rápida. Primero se calcula el tiempo de mezcla en el resalto, que es el tiempo que los químicos se mezclarán con el líquido por ende la fórmula que permite calcular el tiempo de retención hidráulico (T) es la siguiente: (Autoridad del Canal de Panamá, 2020: p. 16)

$$T = \frac{2 * G}{v_2 + v_3} \quad (33-2)$$

Donde:

T = Tiempo de Residencia en el resalto hidráulico o tiempo de mezcla (s)

G = Largo de la sección de salida del canal Parshall (m).

El cálculo del gradiente de velocidad para mezclas químicas (Gr) permite conocer la eficiencia del dispositivo para llevar a cabo una mezcla de compuestos químicos, y su fórmula de cálculo es la siguiente: (Autoridad del Canal de Panamá, 2020: p. 16)

$$Gr = \sqrt{\frac{\gamma}{\mu}} * \sqrt{\frac{h_p}{T}} \quad (34-2)$$

Donde:

Gr = Gradiente de mezcla de compuestos químicos (s^{-1}).

γ = Gravedad específica a temperatura ambiente y presión atmosférica (N/m^3).

μ = Viscosidad dinámica del fluido a temperatura ambiente ($Pa*s$).

Unos valores de parámetros de diseño comunes son los siguientes: un gradiente de velocidad que varía entre 800 s^{-1} y 1 000 s^{-1} , un tiempo de retención de 2 segundos, una velocidad de flujo en la garganta mayor y cercana a 2 m/s, y una pérdida de carga total que excede los 0,25 metros (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 1992: p. 138).

2.2.3.5. Desinfección

El propósito de llevar a cabo la desinfección de un líquido es eliminar los microorganismos patógenos responsables de enfermedades, tales como bacterias, virus, protozoos y nematodos. (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 1992: p. 159)

Según la normativa ecuatoriana existen varios métodos de desinfección, los cuales se muestran en la ilustración a continuación:

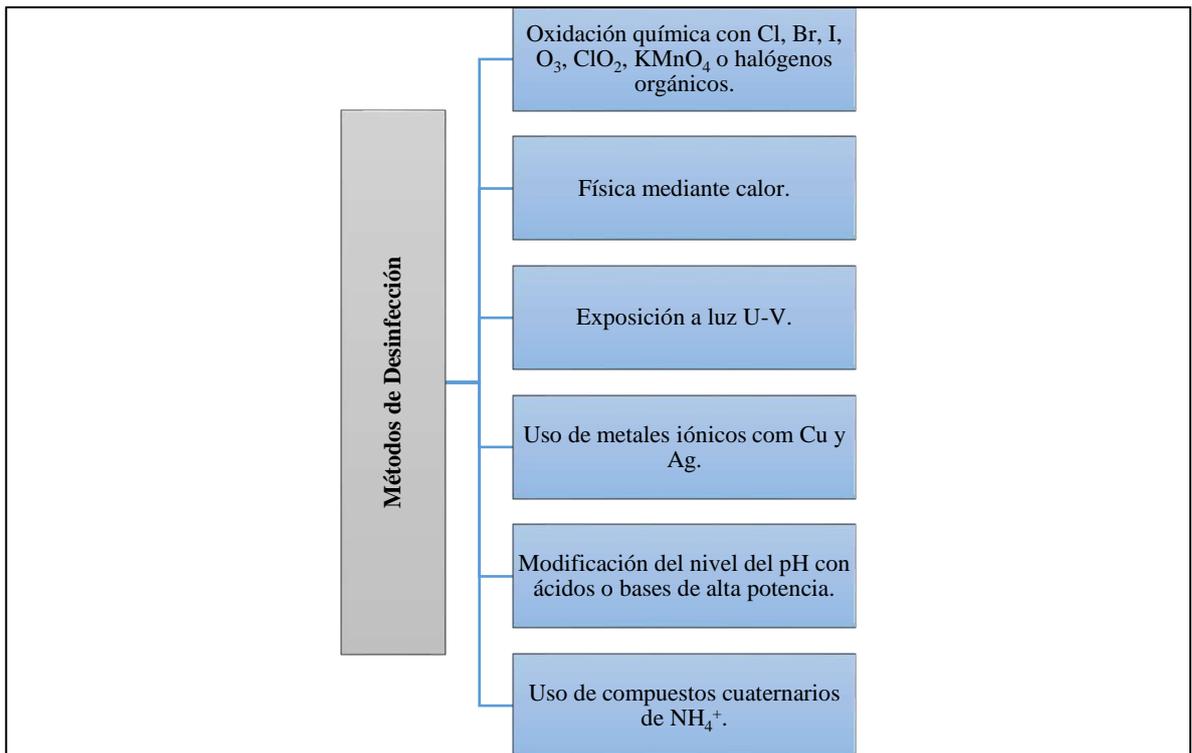


Gráfico 2-2: Métodos de desinfección.

Realizado por: Montero y Pombosa, 2023.

Fuente: Instituto Ecuatoriano de Normalización, 1992: p. 159.

- **Cloración:** El cloro es un desinfectante efectivo y asequible que se utiliza ampliamente en las plantas de tratamiento de agua potable de todo el mundo. Este método de desinfección es el más comúnmente utilizado debido a la capacidad del cloro para matar patógenos y oxidar compuestos de hierro, manganeso y de sabor y olor. El cloro se puede agregar al agua en diferentes etapas del proceso de tratamiento, ya sea como una desinfección primaria, como la precloración antes de la sedimentación y la filtración, o como un paso final antes de la distribución. También se puede utilizar como una desinfección secundaria para evitar la recontaminación del agua que sale de la planta o dentro de las redes de distribución (Luis Roberti Pérez, 2020, párr.1).

Se debe realizar la declaración de contenido en Cloruros (Cl⁻) cuando estos superen una concentración del 2 % en el fertilizante orgánico líquido, también se puede indicar en unidades de mg/kg (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2020: p. 33).

2.2.3.6. *Sedimentador-trampa de grasas*

La configuración básica de una trampa de grasa se compone de tres compartimentos: el primer compartimento es de ingreso, el segundo es de salida y el tercero es una cámara media, que es separada de las otras dos mediante estructuras de separación. Esta cámara intermedia es la que retiene la grasa y los aceites. (ISA, 2023: párr.2).

La función principal de una trampa de grasa es separar las grasas y los sólidos suspendidos del líquido. El proceso comienza cuando el agua ingresa en la primera cámara y los materiales más livianos, como las grasas, ascienden a la segunda cámara, mientras que los materiales más pesados se asientan en el fondo como lodo. En la tercera cámara, el líquido depurado sin grasas ni sólidos suspendidos fluye como efluente. (ISA, 2023: párr.2). Es necesario diseñar las trampas de grasa de manera que sea sencillo acceder a ellas para limpiarlas y retirar las grasas y sedimentos acumulados. Será posible aceptar proyectos que incorporen un tanque adicional para almacenamiento de grasas en situaciones en las que la capacidad total supere los 600 L, o bien en establecimientos en los que se trabaje de manera continua por un periodo superior a 16 horas al día, se requerirá que la conexión entre la trampa de grasa y el compartimento de almacenamiento de grasa se realice mediante un vertedor de rebose. (OPS y CEPIS, 2003: p. 6)

El sedimentador tipo trampa de grasa debe tener una capacidad mínima de 0,3 m³ o 300 Litros, se calculará el volumen de la trampa de grasa de manera que permita un periodo de retención de 2 minutos y medio hasta 3 minutos. (OPS y CEPIS, 2003: p. 6)

Las especificaciones técnicas para el diseño de sedimentadores tipo trampa de grasas se muestran en la tabla a continuación:

Tabla 8-2: Especificaciones técnicas para diseño de sedimentador-trampa de grasas.

Variable	Característica	Especificación técnica (OPS)
–	Forma del sedimentador-trampa de grasas	Tronco cónica o piramidal invertida, la pared donde está la tubería de salida debe ser vertical.
h	Profundidad del sedimentador	Mayor a 80 cm.
L/a	Relación largo/ancho del área superficial del sedimentador.	2/1 a 3/2
c	Ingreso del líquido.	A través de un codo de 90° con diámetro no menor de 7,5 cm.
c''	Salida del líquido.	Mediante una tee cuyo diámetro mínimo sea 7,5 cm.
e	Diferencia de altura entre las tuberías de ingreso y salida.	Mayor a 5 cm.
f	Luz libre de la sección superior de la tubería de salida.	Menor a 5 cm en la parte inferior del techo.
g	Corte inferior de la tubería de salida.	De 7,5 a 15 cm por encima del fondo.
hs	Diferencia de altura entre la base de la tapa y la altura útil del líquido.	Mínimo 30 cm.
b	Lado horizontal de la base menor en la parte inferior del sedimentador.	Mínimo de 25 cm.
θ_T	Ángulo de inclinación del trapecio inferior con respecto a la horizontal.	De 45 a 60°.
k	Altura del vertedor de rebose.	5 cm arriba de la altura útil del líquido.
–	Volumen máximo de grasa acumulable en el tanque adicional de retención de grasas.	Al menos, 1/3 del volumen total del sedimentador.

Realizado por: Montero y Pombosa, 2023.

Fuente: (OPS y CEPIS, 2003: pp. 6-8)

El volumen de cualquier prisma se calcula con el producto entre el área superficial o transversal con la altura o profundidad del mismo, en el caso de un prisma trapezoidal, se calcula mediante la expresión: (Gobierno de México, 2022: párr. 6)

$$V_{Trapezoide} = A_{Trapecio} * h \quad (35-2)$$

Donde:

$V_{Trapezoide}$ = Volumen del Trapezoide (m³).

$A_{Trapecio}$ = Área Superficial o Transversal del Trapecio (m²).

h = Altura o profundidad de la figura (m).

Geoméricamente se conoce que el área de un trapecio es igual a la siguiente expresión: (Ortega, 2017: párr. 1)

$$A_{Trapecio} = \left(\frac{B + b}{2} \right) * h \quad (36-2)$$

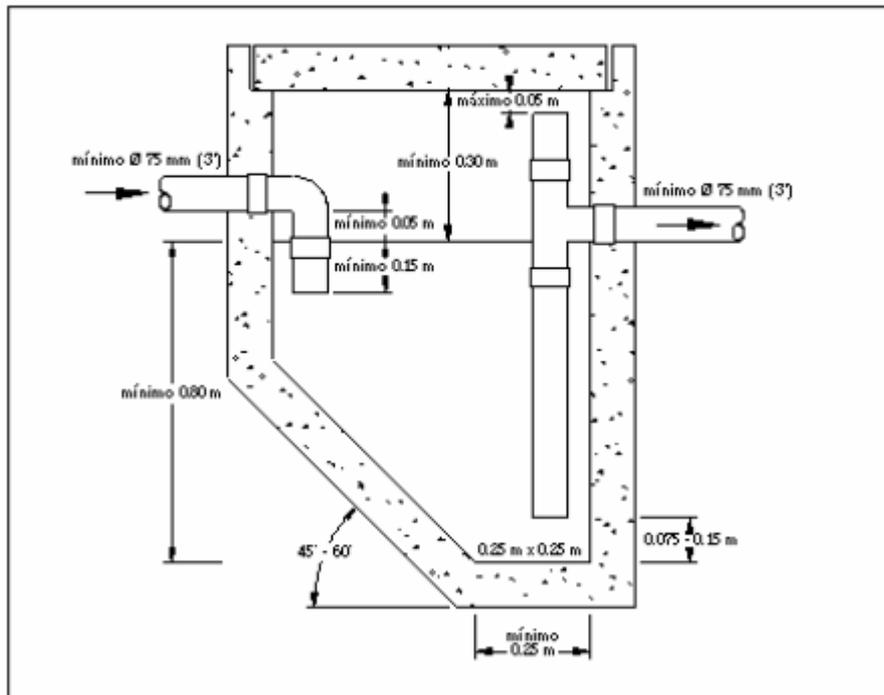
Donde:

B = Base mayor de la figura (m).

b = Base menor de la figura (m).

h = Altura vertical de la figura (m).

A continuación, se muestra una figura donde se puede observar las medidas y variables a tener en cuenta al momento de diseñar un sedimentador tipo trampa de grasas según la OPS y el CEPIS:



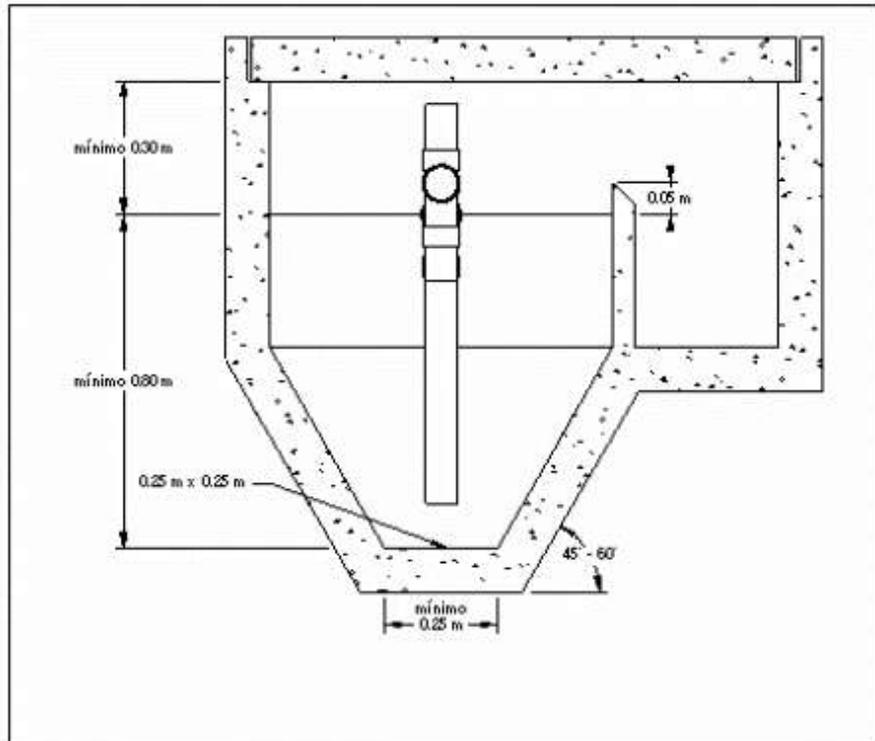


Figura 2-2: Diseño de sedimentador tipo trampa de grasas.

Fuente: OPS y CEPIS, 2003: p. 10.

Para algunos diseños se requiere conocer la velocidad de sedimentación de los sólidos, la cual se calcula mediante la ecuación siguiente:

$$V_s = \frac{1}{18} * \frac{g * D_p^2}{\mu_f} * (\rho_p - \rho_f) \quad (37-2)$$

Donde:

V_s = Velocidad de Sedimentación (cm/s).

g = Fuerza de la gravedad (cm/s²)

D_p = Diámetro de partícula (cm).

μ_f = Viscosidad dinámica del fluido (g/cm*s).

ρ_p = Densidad de partícula (g/cm³).

ρ_f = Densidad del fluido (g/cm³).

2.2.3.7. Sistema de cascadas (aireación)

La aeración se utiliza con diversos propósitos, incluyendo la oxidación de minerales como el hierro y el manganeso, la eliminación de gases como el dióxido de carbono, el sulfuro de hidrógeno y el metano, la reducción de sabores y olores, y la incorporación de oxígeno. Además,

un objetivo clave de la aeración es la eliminación de compuestos orgánicos volátiles generados por el manejo incorrecto de productos químicos o la disposición inadecuada de aguas residuales, como el tricloroetileno, el tetracloruro de carbono, el tetracloroetileno, el dicloroetano y el cloruro de metileno (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 1992: p. 136).

El diseño del Sistema de Aireación mediante cascadas o gradas en concordancia con lo expuesto en el CPE INEN 5 de 1992, deben cumplir las siguientes especificaciones:

Tabla 9-2: Especificaciones técnicas para el diseño de cascadas.

Carga Hidráulica	1 a 3 m.
Área de Operación	0,1 m ² /L/s
Remoción de gases disueltos	20 a 45 %

Realizado por: Montero y Pombosa, 2023.

Fuente: Instituto Ecuatoriano de Normalización, 1992: p. 136

Se debe tener en cuenta que este tipo de sistemas pueden presentar problemas de corrosión, desarrollo de algas y de ventilación. (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 1992: p. 136)

La técnica de aireación por cascadas se basa en la utilización de la energía potencial del agua para generar zonas de contacto aire-agua. Esta se consigue gracias al flujo gravitacional del agua a través de capas delgadas, (Hernández, 2019: p. 19) entre más grande sea el área horizontal, y, por lo tanto, más fina la capa de líquido sobre la grada más completa es la aireación (Lopez, 2017: p. 21).

2.2.3.8. Estandarización y envasado

El envasado de líquidos es un proceso crítico para la seguridad alimentaria, la eficiencia y la calidad del producto. Un sistema de envasado eficaz debe garantizar la hermeticidad, la estabilidad del producto y la facilidad de uso.

Hermeticidad: El envasado hermético es fundamental para evitar la contaminación y el deterioro del producto. Según Sánchez, et al. (2017), la hermeticidad puede lograrse mediante el uso de materiales adecuados, como envases de vidrio o plástico con tapas herméticas.

Estabilidad del producto: La estabilidad del producto es crucial para garantizar la calidad y la seguridad alimentaria. Según la Guía de Buenas Prácticas de Envasado de Líquidos de la Organización Internacional de Normalización (ISO, 2014), el envasado debe proteger el producto de la luz, el oxígeno, el calor y otros factores que puedan afectar su calidad.

Facilidad de uso: La facilidad de uso es importante para garantizar la satisfacción del cliente y la eficiencia del proceso de envasado. Según Alcántara, et al. (2020), los envases deben ser fáciles de abrir, verter y reciclar.

Esto se puede lograr mediante el uso de materiales adecuados, la protección contra factores ambientales y la facilidad de uso para el cliente.

2.2.3.9. *Lechos de secado de lodos*

Para los lechos de secado se pueden utilizar tanques con poca profundidad que contengan una capa de arena y grava sobre drenajes, donde se descarga el lodo para su secado. Durante este proceso, la mayor parte del líquido se elimina por evaporación. Los lechos de secado son estructuras que contienen arena y están equipados con tuberías perforadas rodeadas por grava en la parte inferior para permitir el drenaje del líquido residual. (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 1992: p. 170).

Los lechos de secado representan, por lo general, la opción más sencilla y rentable para el proceso de eliminación de humedad de los lodos, los lechos de secado son herramientas que permiten extraer una cantidad adecuada de agua de los lodos, con el fin de que el resto pueda ser manejado como un material sólido, con una humedad menor al 70%. (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 1992: p. 263).

Las especificaciones técnicas para el diseño de sistemas de secado de lodos mediante lechos según la normativa ecuatoriana se muestran en la tabla a continuación:

Tabla 10-2: Especificaciones técnicas para el diseño de lechos de secado de lodos.

Reducción de sólidos Volátiles	50 y 55 %.
Gravedad específica de los lodos	Entre 1,03 y 1,04.
Contenido de Sólidos	Lodo primario: 8 a 12 %.
	Lodo Secundario y Primario: 6 a 10 %.
Profundidad de aplicación de lodos	Entre 0,2 y 0,3 m.
Tiempo de Aplicación	De 4 a 6 horas.
Tiempo de Secado	Climas Cálidos: 3 y 4 semanas.
	Climas Fríos: 4 y 6 semanas.
Tiempo de remoción de lodos secos	Limpieza Manual: 1 a 2 semanas.
	Limpieza Mecánica (con tractor pequeño): 1 a 2 días.
Período de preparación y mantenimiento	De 1 día a 2 días
Material	Mampostería, concreto o tierra (con diques).
Profundidad total	0,3 o 0,4 m.
Ancho del lecho	De 3 a 6 m, para instalaciones grandes mayor a 10 m.
Medio de drenaje	Altura de 30 cm, debe contener: Medio de soporte: 15 cm de ladrillos sobre el medio filtrante (arena con tamaño efectivo de 0,3 a 1,3 mm y coeficiente de uniformidad menor a 5). Debajo del medio filtrante hay una capa de grava de 20 cm de 1,6 a 51 mm.
Medio de drenaje	Tubos de 1000 mm debajo de la grava.
Pendiente hacia la tubería central de drenaje	1,5 %

Realizado por: Montero y Pombosa, 2023.

Fuente: Instituto Ecuatoriano de Normalización, 1992: pp. 262-263.

Para cada lecho se debe proveer una tubería de descarga con su respectiva válvula de compuerta y loseta en el fondo, para impedir la destrucción del lecho. (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 1992: p. 263)

$$S_{Lat.} = \frac{D. \text{ Altura}}{\text{Longitud}} * 100 \quad (38-2)$$

2.2.4. *Biol*

Es un abono orgánico líquido resultado de una mezcla producida a partir de la descomposición de residuos vegetales y animales. (Zanabria, 2019: pp. 21)

Para (Mamani, 2010: pp.15-28), el biol es un fertilizante foliar de producción casera, que contiene nutrientes y hormonas de crecimiento como producto de la fermentación o descomposición anaeróbica (sin oxígeno) de desechos orgánicos de origen animal y vegetal.

Este fertilizante foliar posee propiedades que benefician el desarrollo de las plantas, mejorando la calidad de la cosecha y aportando nutrientes para revitalizar el suelo. Además, contribuye a fortalecer las defensas de los cultivos contra plagas e insectos, reduciendo así la necesidad de utilizar grandes cantidades de fertilizantes sintéticos (Yumbopatin, 2013: pp.33-35).

La producción de abono foliar biol es una técnica que tiene como objetivo mejorar la calidad y el rendimiento de los cultivos. Se trata de una técnica que se utiliza en pequeñas cantidades para estimular el desarrollo de las plantas y promover sus actividades fisiológicas. Esta técnica agronómica puede mejorar la floración, el enraizamiento, el vigor y el poder germinativo de las semillas, lo que a su vez contribuye al aumento de las cosechas. Además, durante la producción del abono foliar biol, se pueden añadir plantas biocidas o repelentes para combatir las plagas de insectos. En resumen, el uso del abono foliar biol es una técnica efectiva y sostenible para mejorar la calidad y cantidad de las cosechas, ya que actúa como estimulante del crecimiento de las plantas y puede contener elementos que ayudan a combatir plagas (Masaquiza, 2016: p. 12).

2.2.4.1. Contenido en nutrientes

La concentración de nutrientes presente en el biol depende en gran medida de la materia prima utilizada para su producción. Es decir, la calidad y cantidad de nutrientes presentes en el biol están estrechamente relacionadas con la materia prima empleada para su elaboración (Zanabria, 2019: pp. 21-22).

Los fertilizantes orgánicos líquidos llamados también bioles están constituidos principalmente por macro y micronutrientes en diferentes proporciones. Los macronutrientes a su vez pueden ser clasificados en primarios o esenciales y secundarios, diferenciados esencialmente entre sí y con los micronutrientes por la cantidad o concentración que requieren los vegetales de dichos nutrientes para su correcto desarrollo (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2020). A continuación, se enlistan los principales macro y micronutrientes que debería contener un fertilizante orgánico líquido:

Tabla 11-2: Macro y micronutrientes del biol.

Macronutrientes	Micronutrientes
Primarios o Esenciales	B
N	Co
P	Cu
K	Fe
Secundarios	Mn
Ca	Mo
Mg	Zn
S	Quelados y Complejados

Realizado por: Montero y Pombosa, 2023.

Fuente: (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2020: p.15).

Dentro de los micronutrientes se tiene los denominados quelados y complejados. Ambos son llamados como tal cuando se encuentran químicamente ligados quelatos o complejos, respectivamente.

Nitrógeno (N): Es uno de los macronutrientes esenciales para el crecimiento y desarrollo de cualquier cultivo, pero también uno de los más difíciles de manejar. Este compuesto es fundamental para la producción agrícola mundial. Además, es el macronutriente que se suministra más frecuentemente como fertilizante, ya que las plantas lo requieren en grandes cantidades. Si falta este elemento crecen poco, no aumentan de tamaño, y se caracterizan por hojas poco pigmentadas que se secan rápidamente, acortando el periodo de crecimiento. (Rendón Ortiz, 2013: p. 16)

Fósforo (P): Es un elemento decisivo en la floración, una reserva abundante de este elemento origina una floración temprana y profusa. (Rendón Ortiz, 2013: p.16)

Potasio (K): Aumenta la resistencia del vegetal a la sequía, a las heladas y a las enfermedades. (Rendón Ortiz, 2013: p.16)

Complejos orgánicos naturales: Estos artículos se producen a través de la reacción de sales metálicas con subproductos derivados de la industria de la pulpa de madera y otros similares, como lignosulfonatos, fenoles y poliflavonoides de origen natural. Debido al tipo de enlace que se forma con el catión metálico, se recomienda su uso en aplicaciones de pulverización foliar o fertilización líquida, ya que no es muy estable en el suelo. (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2020: pp. 11-12)

Sustancias húmicas: Son compuestos de elevado peso molecular, activos y con comportamiento de naturaleza coloidal y de colores oscuros. (Vázquez, 2013: pp. 2-10) Estas sustancias son provenientes de la descomposición por largos períodos de tiempo de la materia orgánica, ya sea por acción de agentes abióticos, bioquímicos, o la combinación de ambos. Su composición se caracteriza por ser compleja a la vez que bastante heterogénea (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2020: p. 17).

2.2.4.2. *Características físico-químicas*

El biol es utilizado principalmente como remediador o complemento nutricional del suelo, debido a su excelente bioactividad, microflora, levaduras y hongos, así como la capacidad de desarrollar fermentos nitrosos y nítricos, (Rivera, 2022, p.15) también se caracteriza por su baja carga patogénica, riqueza húmica y ser estabilidad biológica. (Mesa de Aguila, 2014, p12).

Contiene una gran cantidad de materia orgánica (Cabos et al., 2019) la cual es esencial para la generación y maduración de los suelos, beneficia principalmente a los suelos de textura fina en la definición de su estructura y representa una reserva para el nitrógeno de los mismos.

Conductividad Eléctrica (C.E.): Consiste en una medición que de manera indirecta permite determinar la cantidad de sales presentes en una sustancia, en resumen, la C.E. es la medida de la capacidad que tiene un material o sustancia para transmitir la electricidad. El Na es uno de los elementos que más aportan al valor de la C.E. por lo que esta medición se puede usar para predecir la cantidad de este nutriente en diferentes medios. Se debe tener en cuenta que valores demasiado altos de C.E. tampoco son deseables, pues al ser aplicados en el suelo pueden salificarlo haciendo que pierda su productividad (Flores, 2018: p.49).

Materia Orgánica (M.O.): Porcentaje o fracción total de material orgánico que se encuentra en un material o sustancia, generalmente consta de pequeñas moléculas, así como también sustancias húmicas y fúlvicas, polisacáridos, enzimas y biomasa en general. (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2020: p.15). La M.O. en fertilizantes se genera a partir de la descomposición controlada de materia viva, vegetal o animal (Alayón, 2014: p.26).

Carbono Orgánico (C.O.): Es esencial para la actividad biológica del suelo. Proporciona recursos energéticos a los organismos del suelo (OS), mayoritariamente heterótrofos, en forma de carbono lábil (hidratos de carbono o compuestos orgánicos de bajo peso molecular) (Martínez H et al., 2008).

Metales Pesados (M.P.): Elementos químicos que comúnmente se encuentran en estado elemental en determinadas condiciones ambientales, poseen propiedades metálicas y pueden llegar a ser considerados tóxicos para los organismos y los ecosistemas en concentraciones relativamente bajas. (Cotrina, 2016)

pH: Uno de los parámetros más importantes llamado potencial H^+ , es un valor que puede encontrarse en el intervalo desde 0 a 14, y que permite identificar el nivel de basicidad o acidez de una sustancia, siendo 0 la máxima acidez, y 14 máxima basicidad. Es importante la determinación de este parámetro en fertilizantes orgánicos pues al ser aplicados pueden causar efectos de acidificación o alcalinización excesiva del suelo, afectando su productividad (Bravo, 2016: p.17).

Relación C/N: Su determinación permite evaluar la tendencia de una sustancia a mineralizarse, es decir a permitir la liberación de nutrientes en el medio, y los procesos de evolución de M.O. principalmente en el suelo. Numéricamente es el resultado del cociente entre la concentración de Carbono y de Nitrógeno Orgánicos presentes en un fertilizante o enmienda orgánica. (Gallegos et al., 2019) Un fertilizante orgánico estable y de buena calidad debería presentar una relación C/N algo menor que 20. (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2020: p.17) En el caso de sustancia húmicas por lo general este valor va de 8 a 11, lo que indica un elevado grado de estabilidad de las moléculas, y por ende un muy limitado aporte de nutrientes debido a su extremadamente lenta descomposición en el medio. (Gallegos et al., 2019)

Sólidos Suspendidos (S.S): Son las partículas sólidas de tamaño reducido que se mantienen suspendidas en los lixiviados, ya sea como coloides o por la acción de su movimiento, constituyen un aspecto relevante en los procesos de tratamiento, y pueden eliminarse mediante sedimentación debido a su relativo volumen. Este es un factor clave a considerar en la planificación de dichos procesos.

2.2.4.3. Características microbiológicas

Microorganismos patógenos: Organismos Microscópicos, generalmente virus y bacterias que son causante de afecciones o enfermedades en otros organismos, especialmente el ser humano. (Pellón et al., 2015)

Salmonella: El género *Salmonella* son bacilos Gram negativos que pertenecen a la familia de las Enterobacteriaceae. Son anaerobios facultativos, no esporulados y generalmente móviles gracias a sus flagelos peritricos. Su metabolismo es de tipo oxidativo y fermentativo, y utilizan citrato

como su única fuente de carbono. Crecen en un rango de temperatura de 5°C a 47°C, con una temperatura óptima de 35°C-37°C, y un pH óptimo entre 6.5 y 7.5. Son altamente patógenos y difíciles de aislar, y su detección se realiza cualitativamente mediante medios de cultivo selectivos como el Mac Conkey-Hektoen además de pruebas bioquímicas y serológicas (Gonzalez Pedraza et al., 2014, párr.2).

Escherichia coli: *E. coli* es una bacteria Gram negativa, no esporulada y productora de indol a partir de triptófano. No utiliza citrato como fuente de carbono y no produce acetoina. Además, fermenta la glucosa y la lactosa con producción de gas. *E. coli* es una bacteria mesófila con un óptimo de crecimiento entre 35-43°C y una temperatura límite de 7°C. La congelación no garantiza la destrucción suficiente de bacterias viables, pero *E. coli* es sensible a temperaturas superiores a 70°C. La estructura de su cubierta le proporciona forma y rigidez, y le permite resistir presiones osmóticas relativamente elevadas (Betelgeux, 2016, párr.3).

2.2.4.4. *Aplicación en la agricultura*

Se deben considerar ciertas medidas de precaución al momento de realiza la aplicación de fertilizantes orgánicos líquidos, pues a pesar de que se ha demostrado que dichos fertilizantes utilizados en el suelo por aspersores foliares tienen una relación directa con el crecimiento y nivel de producción agrícola, en algunas ocasiones pueden tener efectos fitotóxicos que resulten en la reducción del índice de germinación y desarrollo de plantas especialmente sensibles ante la materia orgánica poco estable. (Cruz et al., 2015: p.2).

Lo recomendable es mezclar el biol con agua y aplicarlo en hojas y tallos, ya que su uso sin diluir puede ser demasiado concentrado y provocar daños en las plantas. Además, es posible aplicarlo directamente en el suelo y en el cuello de la raíz. (Foncodes, 2014: pp.20-21). La cantidad de biol a mezclar con agua varía de un 5% a un 25%. En una mochila de 15 litros se puede utilizar alrededor de 1 litro a 3 litros de biol dependiendo del tipo de cultivo, su fase de crecimiento y el momento de aplicación (Foncodes, 2014: pp.20-21).

Tabla 12-2: Dosis de biol recomendadas para su aplicación.

Cultivo	Dosis para mochila de 15 (litros)	Agua (litros)	Intervalo de aplicación (días)
Frutales: Duraznos, ciruelos.	2-3	13-12	10-15
Leguminosas: Haba, arveja, alfalfa, otros.	1.5-2	13.5-13	15
Tubérculos: Papa, olluco, oca, otros.	2-3	13-12	10-15
Hortalizas: Zanahoria, cebolla, rábano, otros	1.5	13.5	10
Cereales: Trigo, cebada, avena, otros.	3	12	15
Maíz	2	13	10

Fuente: Manual de elaboración de productos naturales para la fertilidad de suelos y control de plagas y enfermedades (AGRUCO, 2010)

2.2.4.5. *Ventajas frente a fertilizantes artificiales*

(Yumbopatin, 2013), indican que la producción de abono foliar biol es una técnica empleada con el propósito de incrementar y mejorar la calidad de las cosechas. Al utilizar pequeñas cantidades de este abono, se puede estimular el desarrollo de las plantas y promover actividades fisiológicas. Esto resulta útil para diferentes actividades agronómicas, como el enraizamiento, la acción sobre el follaje, la mejora de la floración y la activación del vigor y poder germinativo de las semillas, lo que contribuye al aumento de las cosechas. Además, en la producción del abono biológico, se puede agregar plantas con propiedades biosidas o repelentes para combatir insectos y plagas. Por ende (Yumbopatin, 2013: pp.33-35) indica las siguientes ventajas del uso del biol:

- Incrementar la tasa de crecimiento y el proceso de desarrollo de las plantas.
- Mejora la capacidad de las plantas para resistir plagas y enfermedades.
- Aumenta la tolerancia a diferentes condiciones climáticas adversas (heladas, granizadas, entre otros).
- En el trasplante, se adapta mejor la planta en el campo.
- Conserva mejor el NPK, Ca, debido al proceso de la descomposición anaeróbica lo cual permite emplear totalmente los nutrientes.
- El Nitrógeno (N) que contiene se encuentra en forma amoniacal lo cual es fácilmente asimilable.
- Este fertilizante es de origen natural y no produce efectos dañinos en el medio ambiente, incluyendo el suelo, agua y aire.

- Incrementa la fertilidad natural del suelo.
- Es económico y se emplea recursos locales y se elabora en la parcela.

Los bioles poseen dentro de su composición sustancias húmicas, producidas de manera natural a partir de la descomposición prolongada de materia orgánica bajo procesos técnicamente controlados, las principales sustancias de esta naturaleza son los ácidos húmicos y fúlvicos; los cuales contribuyen en gran medida al mejoramiento de las características biológicas del suelo, incluso, cuando su concentración es considerable, pueden generar una mejora en sus propiedades físico-químicas (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2020: p.11).

2.2.4.6. *Desventajas frente a fertilizantes artificiales*

(Foncodes, 2014: p.11) indica las siguientes desventajas:

- Tiene un largo tiempo de preparación: entre tres y cuatro meses. Esto hace necesario planificar su producción anticipadamente, dependiendo de las necesidades de abono.
- Cuando no se protege de los rayos solares directos tienden a malograrse.
- En grandes extensiones de terreno, es necesaria una mochila para su aplicación.
- No contar con insumos para su preparación
- Para mantener sus propiedades biológicas y nutritivas, es necesario almacenar el producto en un ambiente fresco y oscuro. Si se almacena en condiciones diferentes, podría perder sus propiedades.
- Después de haber sido cosechado, su uso es recomendado únicamente durante un periodo de entre tres a seis meses, ya que después de este lapso de tiempo sus propiedades comienzan a disminuir.
- Si no se maneja adecuadamente durante su aplicación, puede causar quemaduras en las plantas.

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Diseño experimental

El diseño experimental para este proyecto se fundamentó en la realización de un muestreo aleatorio compuesto, mediante la toma de muestras individuales para llegar a establecer una muestra compuesta la cual recoja la mayor parte de las características de la población estudiada, garantizando el principio de representatividad, replicación y aleatoriedad.

Se cumple con el principio de la replicación debido a que se llevó a cabo la aplicación del mismo método de obtención para cada una de las muestras obtenidas, así también se utilizaron los mismos métodos de análisis para cada una de las muestras compuestas, análisis los cuales fueron realizados por triplicado.

Se garantiza el principio de representatividad mediante la conformación de muestras compuestas a partir de la recolección de muestras individuales a partir del método aleatorio simple.

La aleatorización se garantizó en el proceso de toma de muestras mediante la selección de un punto aleatorio de recolección para la formación de muestras compuestas, en el caso del biol extraído de Porlón y el producido en el digestor aerobio tipo tambor.

3.2. Población y tamaño de la muestra

El diseño del método de recolección de muestras consistió en un diseño completamente al azar, obteniéndose muestras compuestas que fueron analizadas por triplicado del biol fresco generado en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo con un equipo aerobio tipo tambor en donde se llevó a cabo el proceso de compostaje, otro muestreo por triplicado del mismo biol mencionado pero aumentando **10 L** de agua común, y biol recolectado directamente de reservorio donde se recolectan los lixiviados producidos por compostaje en el relleno sanitario de Porlón; esta muestra fue compuesta a partir de aproximadamente **10 Litros** de biol directamente extraído de Porlón. De cada tipo de biol analizado se tomaron 6 muestras de 150 mL, a partir de las cuales se conformaron 3 muestras compuestas. Por lo cual al final de la investigación se llevó a cabo la composición y el análisis de 9 muestras compuestas de 150 mL de biol obtenido de diferentes fuentes, pero manteniendo una concordancia y lógica para el análisis de los resultados obtenidos y la elaboración de conclusiones basadas en criterios y datos técnicos.

En esta investigación la población de estudio es equivalente a la muestra tomada, pues la variación de las características físico-químicas y biológicas de sustancias líquidas es altamente variable, además de que el biol en sí mismo consiste en una sustancia cuyas características varían en gran medida con el tiempo, por lo que no se puede escalar completamente los resultados obtenidos a todo el volumen de biol generado en Porlón, durante diferentes tiempos (Borzacconi et al., s.f.).

Tabla 1-3: Muestras obtenidas de biol y su nomenclatura.

Nomenclatura	Contenido (mL)	Fuente de obtención
B_P1	150	Extracción directa de Porlón
B_P2	150	Extracción directa de Porlón
B_P3	150	Extracción directa de Porlón
B_1	150	Obtención en laboratorio con digestor rotatorio tipo tambor
B_2	150	Obtención en laboratorio con digestor rotatorio tipo tambor
B_3	150	Obtención en laboratorio con digestor rotatorio tipo tambor
B_H20_1	150	Obtenido del biodigestor aumentando 10 L de agua
B_H20_2	150	Obtenido del biodigestor aumentando 10 L de agua
B_H20_3	150	Obtenido del biodigestor aumentando 10 L de agua

Realizado por: Montero y Pombosa, 2023.

3.3. Clasificación/Separación desde la fuente de los residuos generados en el mercado

En el Mercado Mayorista del cantón Riobamba según fuentes internas de la empresa se realiza la clasificación en la fuente generadora previo el envío de los residuos en una o varias camionetas hasta la nave de compostaje ubicada en el relleno sanitario de Porlón. El principal criterio de clasificación se basó en la naturaleza de origen de los mismos, de naturaleza orgánica e inorgánica. Esta clasificación se realizó de manera manual y permitió la cuantificación y caracterización del tipo de residuos que llegan para su compostaje. En función del dato de la cantidad de residuos llevados hasta la nave de compostaje, se realizó el balance de masa correspondiente para la determinación del volumen de biol producido para el diseño del sistema de tratamiento.

3.4. Pesajes de los residuos clasificados

El pesaje la empresa lo realizó con el apoyo del GAD municipal del cantón Riobamba, más específicamente con el Departamento de Gestión Ambiental, Salubridad e Higiene quién brindó la apertura de uso de una báscula digital camionera ubicada en la planta de Compost de Porlón, de la cual son los responsables, sin embargo, debido a que esta báscula sufrió una avería no se pudieron obtener más datos para una valoración más precisa de la cantidad de residuos producidos.

Se lograron recolectar datos de generación de residuos desde Marzo hasta Diciembre del año 2020. Debido a la enorme cantidad de residuos producidos y trasladados a la nave de compostaje, dicha medición se realizó en unidades de toneladas. Y también se calculó el valor promedio diario obtenido en cada mes.

3.5. Utilización de un equipo tipo tambor para la realización del compostaje dentro de la ESPOCH

El equipo utilizado para la realización del proceso de compostaje a escala de laboratorio o piloto para la obtención de un biol fresco fue un contenedor tipo tambor rotatorio acoplado con un blower (soplador) para la aireación requerida por el proceso, así como también un motor que brindaba la potencia necesaria para que el tambor donde se dispuso los residuos girara de manera continua para de esta manera realizar volteos automáticos del material de compostaje. Dicho equipo se encuentra ubicado en uno de los laboratorios de la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO, el cual fue utilizado para el proceso de obtención de compost y el biol asociado, este último recurso se obtuvo mediante la disposición de una bandeja de recolección de lixiviados ubicada en la parte inferior del equipo, la cual con la debida inclinación permitía la recolección completa de los residuos líquidos generados hacia un recipiente receptor ubicado en la parte inferior del equipo (botella de 10 L de capacidad).

3.6. Recolección y transporte de una cantidad considerable de residuos de mercado para realizar el compostaje

Teniendo en consideración que, al momento de realización de este trabajo, la planta de compostaje de San Jerónimo de Porlón recibe únicamente residuos orgánicos provenientes del EP-EMMPA, se optó por recolectar los residuos directamente de dicho mercado con la finalidad de que los mismos llegaran al equipo digestor donde se realizó el proceso de compostaje lo más frescos posible, pues el objetivo era determinar la tasa de producción de lixiviados de los residuos con la

mayor exactitud y precisión, ya que de este valor dependerá el tamaño del sistema a diseñar. Los residuos fueron recolectados en fundas plásticas de color verde y pesados dentro del propio establecimiento previo a su transporte hasta la ESPOCH con un vehículo particular.

3.7. Preparación de los residuos orgánicos para el proceso

Una vez que los residuos orgánicos han sido transportados hasta el equipo, se procedió a triturar los mismos con una picadora, hasta obtener un diámetro promedio de partícula menor a 5 cm, debido a que esto facilita en gran medida el trabajo de los microorganismos encargados de procesar la materia orgánica para convertirla en compost, y a la vez producir lixiviados que serán transformados en biol, además que favorece la aireación al interior de la pila al tener los residuos una menor superficie de contacto.

El proceso de comprobación para determinar que efectivamente el diámetro de partícula de los residuos era el deseado, se llevó a cabo a través de la medición individual de 60 partículas de residuos tomados aleatoriamente posterior a la realización del método de cuarteo para garantizar la aleatoriedad de la muestra tomada.

El diámetro de partícula fue medido con ayuda de un Calibrador o pie de Rey que permite tomar una medida fiable con tres cifras significativas, manteniendo una exactitud de $\pm 0,05$ mm. Una vez que se recolectaron los datos de medidas necesarios, se obtuvo un valor promedio que se estableció como el diámetro general de partícula del proceso de compostaje, verificando el cumplimiento de diámetro máximo para que el proceso se realice de una manera eficiente.

3.8. Medición del volumen generado de biol a partir del proceso de compostaje

Al finalizar la etapa termofílica se realizó la recolección y medición del volumen total generado de biol a partir del proceso de compostaje realizado en el digestor aerobio con los residuos provenientes del EP-EMMPA, que habían sido recogidos por la bandeja inferior del equipo; dicha medición se realizó con ayuda de botellas de 10 Litros de capacidad debido a la gran lixiviación, y material de laboratorio graduado para mejorar la precisión.

Dicha medición se realizó una vez terminada la etapa mesofílica inicial, termofílica y mesofílica secundaria del proceso, puesto que una vez terminadas estas etapas en el proceso de compostaje la humedad remanente en los residuos es casi nula, por lo que se puede determinar el % de humedad con mayor exactitud. Para esta medición se tomó en cuenta la cantidad de agua que se añadía al momento de humedecer los residuos, que no fue más de 6 veces durante todo el proceso.

Debido a que el resultado de la medición de biol generado se encontraba en unidades de volumen, fue necesario llevar a cabo la determinación de la densidad de las muestras de biol para poder transformar a unidades de masa y relacionarlo con la masa inicial de residuos colocados para compostar.

3.9. Determinación de la tasa de producción de biol de los residuos

Se llevó a cabo una segunda recolección y transporte de residuos orgánicos desde el EP-EMMPA hasta el centro de acopio de la ESPOCH, esta vez con la única finalidad de determinar la tasa de producción diaria de biol a partir de los residuos, principalmente durante los 30 primeros días del proceso de compostaje en los cuales se genera la mayor cantidad de biol en comparación con las siguientes etapas de proceso de producción de compost.

Es de vital importancia para la presentación del diseño definitivo la cuantificación de esta tasa de lixiviación puesto que para el dimensionamiento de todo el sistema se debe considerar el volumen máximo que se genera de biol en relación con el tiempo, ya que no toda la humedad que poseen los residuos se transforma directamente en biol al mismo tiempo, si se asumiera esta premisa como real, se tendría como resultado un sistema de tratamiento sobredimensionado no fiel a la realidad.

Se realizó la construcción e implementación de seis sistemas improvisados de recuperación de biol mediante el uso de botellas plásticas de aproximadamente un galón de capacidad, y alambre fino.

Estos sistemas constaron de una botella cortada en dos partes iguales, la parte superior de la botella fue invertida y colocada sobre la base de la misma, con la tapa colocada, la cual fue previamente agujerada con ayuda de un clavo, para permitir el paso únicamente del biol generado por los residuos en la parte superior del equipo, funcionando de manera similar a una cernidera común. Para aumentar la capacidad de carga de residuos de los equipos improvisado se acopló aproximadamente 25 cm de malla en la parte superior.

El equipo se ve representado en la imagen mostrada en la parte inferior:



Gráfico 1-3: Equipo improvisado de determinación de lixiviación de residuos de mercado.

Realizado por: Montero y Pombosa, 2023.

El volumen de biol generado por cada sistema construido fue recolectado y medido diariamente con ayuda de probetas de laboratorio graduadas. Los primeros tres sistemas fueron instalados con 4 kg de residuos, y los tres últimos con 3 kg.

Los resultados diarios tomados de la generación de biol fueron representados mediante gráficos de progresión en el tiempo y analizados.

Una vez que se obtuvieron los datos diarios de la generación de biol mediante los seis sistemas improvisados implementados, se realizó el cálculo de la masa correspondiente al volumen medido, con ayuda del valor de la densidad del biol determinada anteriormente mediante análisis de laboratorio. Mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Masa de biol generado} = \text{Vol. biol generado} * \rho_{\text{Biol}} \quad (1-3)$$

Por otra parte, el porcentaje de pérdida de humedad de los residuos, y por lo tanto, de generación de biol de cada sistema se calculó mediante la diferencia de la masa inicial colocada en cada sistema con la masa de biol generado.

$$\% \text{ Pérdida de Humedad} = \frac{\text{Masa de biol generado}}{\text{Masa inicial de Residuos}} * 100\% \quad (2-3)$$

El % de pérdida de humedad fue representado en gráficos y analizado, excluyendo uno de los sistemas construidos (Unidad 6) debido a la enorme variación de sus datos en relación con las otras unidades, ya que al ser este tomado en cuenta para análisis estadísticos se aumentaría en gran medida la varianza de los datos y por ende el error generado.

Se realizó el cálculo de representación de la pérdida de humedad acumulada a través del tiempo para poder relacionarla con la cantidad de residuos que se llevan al compostaje en Porlón.

Para determinar el caudal de los sistemas tomar como referencia para escalar a nivel de Porlón se optó por determinar el valor promedio entre los datos obtenidos en la misma fecha que sean cercanos entre sí.

El caudal de diseño final para el sistema de tratamiento se determinó mediante los datos recopilados en las pruebas realizadas proyectados a futuro mediante la proyección poblacional realizada.

Por otro lado, para obtener el caudal de diseño también se tuvieron en cuenta las diferencias existentes entre los caudales generados durante las diferentes etapas del proceso de compostaje, puesto que la pérdida de humedad en los residuos varía dependiendo de la etapa en la que se encuentre el compost. Y finalmente, se tomó en consideración un factor de aumento del volumen generado en concordancia con que el experimento de obtención de biol se realizó a condiciones ambientales, que difieren de las condiciones dentro de una pila de compostaje, sobre todo en términos de la temperatura. Teniendo en cuenta que el proceso de determinación de la tasa de generación de biol se realizó a condiciones diferentes de las que se presentan en el proceso de compostaje, al momento de realizar los cálculos del porcentaje de pérdida de humedad de los residuos, se estableció una relación de aumento en los datos recopilados en función de estudios previos realizados, sobre todo en relación a como aumenta la generación de lixiviados a partir del compostaje de residuos de vegetales en función de la temperatura, dicho factor de crecimiento fue del 30 %.

3.10. Recolección de muestras de biol obtenido en estado puro, añadiendo 1 litro de agua y directamente de Porlón

Durante el proceso de compostaje y obtención de biol se tomaron muestras durante diferentes períodos del desarrollo del proceso de compostaje, el primer muestreo fue durante la etapa mesofílica inicial en la cual no se aumentó agua, el segundo muestreo se realizó a finales de la etapa termofílica, cuando se había cuantificado un aumento de volumen de agua de aproximadamente **10 L** a la carga residual inicial del digester. Estas dos muestras fueron analizadas posteriormente por triplicado para obtener un resultado fiable.

El tercer tipo de muestra fue extraída directamente de los tanques reservorios en Porlón, y se formaron igualmente 3 muestras compuestas a partir de 10 L de biol tomados inicialmente.

3.11. Caracterización físico-química y microbiológica

Se llevó a cabo la caracterización físico-química y biológica del biol obtenido, con el fin de verificar el nivel de calidad del mismo, y compararlo con normativas técnicas y manuales nacionales y extranjeros para verificar su cumplimiento y poder afirmar que puede ser considerado un abono orgánico líquido o “biol”.

3.11.1. pH

Se realizó la medición de pH de cada una de las muestras (en total 9) de biol recolectados, mediante un equipo pHmetro marca OAKION ubicado en el laboratorio de análisis instrumental de la facultad de ciencias de la ESPOCH. Las muestras no requirieron ningún tratamiento previo para poder ser analizadas bajo estas condiciones.

3.11.2. Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica fue medida en cada una de las muestras directamente sin tratamiento previo mediante un conductímetro ubicado en el laboratorio de análisis instrumental de la facultad de ciencias de la ESPOCH.

3.11.3. *Sólidos totales*

La determinación de sólidos totales en todas las muestras se realizó en el laboratorio de análisis instrumental de la facultad de ciencias de la ESPOCH, mediante filtración simple.

Primeramente, se pesó con ayuda de una balanza analítica cada uno de los recortes de papel filtro que se prepararon para la filtración. A continuación, se realizó la filtración de 5 y 10 mL de muestra por separado con papel filtro, posteriormente los mismos fueron dejados en una estufa a 104 ± 2 C por un tiempo de 12 horas. Una vez terminado este período de tiempo dentro de la estufa los papeles filtro con la muestra seca fueron retirados y pesados nuevamente en una balanza analítica del propio laboratorio.

Finalmente, el valor reportado de sólidos totales de cada una de las muestras en unidades de partes por millón (ppm) se calcularon mediante la siguiente expresión:

$$S.T. = \frac{(\text{Peso filtro} + \text{Muestra seca}) - (\text{Peso del filtro vacío})}{\text{Volumen de muestra filtrado}} \quad (3-3)$$

3.11.4. *Macronutrientes*

Los macronutrientes disponibles en el biol son de fundamental importancia para la calidad de este como abono orgánico líquido. Se llevó a cabo el análisis principalmente de Nitrógeno (N), Fósforo (P) y Potasio (K) total en todas las muestras. Para hacer este análisis se requirió darle un tratamiento previo a las muestras el cual es descrito a continuación:

Inicialmente se llevó a cabo la digestión ácida de cada una de las muestras diluyendo 5 mL de biol en 10 mL de ácido sulfúrico (H₂SO₄), se dejó en reposo por una hora, y posteriormente se las colocó en el reverbero por aproximadamente 72 horas dentro de Erlenmeyers de 250 mL tapados con vidrio reloj para evitar la evaporación del ácido o la muestra.

Una vez realizada la digestión ácida de las muestras, estas se aforaron posteriormente a 100 mL con agua destilada con un balón aforado y se neutralizó el pH de las mismas con NaOH hasta alcanzar un pH entre 3,5 y 2,5.

Todas las muestras fueron analizadas en un espectrofotómetro marca Thermo Scientific modelo Genesys 105 serie 2155296627.

3.11.5. *N Total*

En todas las muestras a analizar se añadieron 1 mL de tartrato de Na y K y 2 mL de yoduro de Potasio, posteriormente fueron aforadas a 50 mL con la propia muestra y se esperó por aproximadamente 30 minutos hasta que exista una coloración amarillenta de la muestra. Finalmente, el N fue determinado mediante espectrofotometría UV-visible.

3.11.6. *P (P₂O₅)*

El método de determinación de este macronutriente fue mediante la elaboración de una curva de calibración, se realizó la preparación de soluciones estándar de Fósforo a partir de una solución estándar con concentración de 20 ppm de P. Los estándares preparados tuvieron concentraciones de 0,4; 0,8; 1,6 y 2 ppm de Fósforo.

A continuación, se realizó una curva de calibración en Microsoft Excel para la verificación de los valores de crecimiento lineal de las soluciones estándar. Se obtiene el valor de la pendiente y la intersección en el eje de las Y (intercepto).

Una vez preparados los estándares de P, se tomaron 5 mL de las muestras digeridas previamente y se aforaron a 30 mL con agua destilada, a continuación, se basificaron las muestras con NaOH al 10 % hasta obtener un pH entre 2,5 y 3,5. Finalmente se realizó un segundo aforamiento con agua destilada a 100 mL.

Se realizó la lectura de la absorbancia tanto de las soluciones estándar y las muestras problema en un espectrofotómetro UV-Visible. El factor de correlación del equipo fue del 99,9998 %, lo que verifica la correcta elaboración de los estándares de P.

3.11.7. *K (K₂O)*

El procedimiento realizado fue exactamente igual que para la determinación de P total, con la única diferencia de que en este caso se aplicaron estándares de una solución de Potasio en lugar de Fósforo y se determinaron mediante la aplicación de una curva de calibración.

3.11.8. *% C. Orgánico*

El Carbono Orgánico de las muestras compuestas de biol fue calculado en función del contenido de materia orgánica disponible determinado mediante análisis de laboratorio realizados en el laboratorio de Calidad del Agua de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH.

El análisis de la cantidad de materia orgánica fue llevado a cabo mediante el **método de Walkey y Black**, inicialmente se llevó a cabo la preparación de los reactivos utilizados durante la determinación, que fueron Dicromato de Potasio ($K_2Cr_2O_7$) 1 M, Sulfato Férrico Amónico ($Fe(NH_4)(SO_4)$) o sal de mhor 0,5 N, e Indicador de difenilamina. Por otro lado, se requirieron también Ácido Sulfúrico (H_2SO_4), Ácido Fosfórico (H_3PO_4) y fluoruro de Sodio (NaF).

Para el análisis se realizó una dilución 1:10 de las muestras de biol debido a su elevada concentración de Nitrógeno.

Con ayuda de una bureta de 25 mL, se llevó a cabo la titulación de la solución preparada anteriormente. La titulación se realizó tanto de las muestras como de una solución “Blanco” en la cual no se colocó biol.

El cálculo del porcentaje de M.O. en las muestras se llevó a cabo mediante la siguiente expresión:

$$\% M.O. = 10 * \left(1 - \frac{M}{B}\right) * 1,34 \quad (4-3)$$

Donde:

M = mL de $Fe(NH_4)(SO_4)$ utilizados en la titulación de la muestra.

B = mL de $Fe(NH_4)(SO_4)$ utilizados en la titulación del Blanco.

El factor de 1,34 se estableció a partir de la Normalidad del $K_2Cr_2O_7$ de la siguiente manera:

$$1,0 N * \frac{12}{4000} * \frac{1,72}{0,77} * \frac{100}{0,5} = 1,34$$

12/4000 = Peso miliequivalente del Carbono.

1,72 = Factor de Transformación de Carbono en Materia Orgánica.

0,77 = Factor de recuperación del 77 % determinado por Walkey.

0,5 = Volumen de la muestra (mL).

Con base en el resultado obtenido del % de M.O. en las muestras, se puede determinar el % de Carbono Orgánico mediante la siguiente expresión propuesta por Iglesias y Pérez en 1992:

$$\% C.O. = \frac{M.O.}{1,84} \quad (5-3)$$

1,84 = Factor de transformación de % M.O. a % C.O.

3.11.9. *Relación C/N*

El cálculo de la relación Carbono Orgánico respecto a Nitrógeno total de las muestras compuestas de biol se llevó a cabo al aplicar la relación entre estos dos componentes previamente obtenidos mediante métodos analíticos de laboratorio; conforme la siguiente expresión:

$$\frac{C}{N} = \frac{\text{Carbono Orgánico}}{\text{Nitrógeno Total}} \quad (6-3)$$

Al tratarse de una relación entre concentraciones en las mismas unidades de medida, el valor de la relación C/N es una medida adimensional de carácter relativo.

3.11.10. *Microorganismos patógenos*

3.11.10.1. *Salmonella*

La presencia de cualquier microorganismo perteneciente al género *Salmonella* en las muestras tomadas de biol fue determinada mediante la preparación de Agar SS, primeramente, se llevó a cabo la esterilización de todos los equipos en la autoclave, para este caso incluyendo el agua destilada dentro de los Erlenmeyers. Como sustrato se utilizó caldo tetrionato. Una vez preparada la solución Agar SS se hirvió con ayuda de un reberbero hasta eliminar todas las partículas de tamaño observable en la solución.

Para realizar la siembra de la muestra se hizo uso de una pipeta calibrada para absorber un volumen de 100 uL de Biol, posteriormente fue incubada a una temperatura de entre 35 a 37 C por 3 días.

Los resultados fueron obtenidos mediante observación y cuantificación de unidades formadoras de colonias (UFC) en los agares preparados.

3.11.10.2. *E. coli*

El Agar preparado para la cuantificación de *E. coli* fue el EMB, utilizando como sustrato el agua de peptona, de igual manera se realizó la siembra de 100 uL de muestra en cada una de las cajas Petri, y se incubaron a 35 C por 48 horas.

Los Resultados de la cuantificación de *E. coli* fueron presentados en unidades formadoras de colonia por cada mL de lixiviado, esta unidad de medida indica la cantidad de microorganismos

pertenecientes a un mismo taxón capaces de reproducirse y generar nuevas colonias de microorganismos (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2020).

3.11.11. Metales pesados

La concentración de metales pesados de las muestras se determinó mediante fotometría de llama con un equipo Thermo Scientific iCE 3000 series ubicado en el laboratorio de análisis instrumental de la ESPOCH.

3.11.12. Densidad

La densidad del biol es un factor fundamental para determinar el comportamiento hidráulico que tendrá en el sistema de tratamiento, además de ser un factor de transformación indispensable para pasar de unidades de masa a volumen y viceversa cuando se requiera.

La densidad del biol fue determinada con un picnómetro de laboratorio con capacidad para 10 mL de fluido. Para hacerlo primeramente se pesó el picnómetro vacío en una balanza analítica, una vez determinado el peso vacío se procedió a llenar el picnómetro con 10 mL de cada una de las muestras tomadas de biol, para ser nuevamente pesado. La diferencia de peso entre el picnómetro lleno y el vacío es el resultado de la masa de biol que ocupa un volumen de 10 mL. Igualmente se calcularon los valores promedio de cada una de las muestras compuestas. Esta densidad para todas las muestras fue determinada a temperatura ambiente.

3.12. Comparación de las características del biol analizado con manuales técnicos

El valor obtenido del **pH** en las muestras compuestas obtenido mediante la medición directa con Phmetro fue comparado con el valor establecido en el Manual Técnico para el Registro y Control de Fertilizantes, Enmiendas de Suelo y Productos Afines de uso Agrícola aprobado en el año 2020 por el Ministerio de Agricultura y Ganadería, en la Tabla 5 referente a Requisitos específicos para el registro de fertilizantes de origen orgánico. En este manual se indica que el pH del fertilizante debe ser lo más cercano a la neutralidad posible, y en caso de que el valor de este parámetro sea $\leq 5,0$ se debe realizar de manera obligatoria el análisis de Al^{3+} elemental.

El parámetro de **Conductividad Eléctrica (C.E.)** correspondiente al biol fue comparado con el límite permisible establecido en el Manual Técnico para el Registro y Control de Fertilizantes, Enmiendas de Suelo y Productos Afines de uso Agrícola, donde se indica que para fertilizantes líquidos el valor máximo declarado debe ser $\geq 0,4$ S/m.

La comparación de los resultados obtenidos de la caracterización del biol en cuanto a **macronutrientes**, considerados como tales: N, P₂O₅ o K₂O; se realizó con base en los valores Mínimos Declarables para su registro como fertilizante orgánico disponible en el Manual Técnico para el Registro y Control de Fertilizantes, Enmiendas de Suelo y Productos Afines de uso Agrícola, en la Tabla 1 referente a Mínimos declarables de concentración de nutrientes.

Los resultados obtenidos de la cuantificación de *Salmonella* y *E. coli* en las muestras compuestas de biol fueron comparados con los límites permisibles establecidos en el Manual Técnico para el Registro y Control de Fertilizantes, Enmiendas de Suelo y Productos Afines de uso Agrícola, donde se establece que es necesario indicar la ausencia en un volumen de biol de 25 ml de *Salmonella sp.*, *Listeria monocitogenes*, *Shigella spp.*, *Staphylococcus aureus* y fitopatógenos. Por otra parte, para de *E. coli* y coliformes totales se aceptan estos como valores límites: 1000 UFC (g⁻¹ o mL⁻¹) (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2020) .

Según el Manual citado, se debe realizar la medición en laboratorio de la concentración en porcentaje del **N total**, y establece como límite mínimo permisible para ser registrado el biol como $\geq 1\%$ de N en las muestras compuestas.

El Manual Técnico para el Registro y Control de Fertilizantes, Enmiendas de Suelo y Productos Afines de uso Agrícola, no indica límites máximos o mínimos permisibles para el registro del biol obtenido como fertilizante orgánico líquido en cuanto al contenido en **% de Carbono orgánico**, sin embargo, especifica que esta parámetro debe ser calculado en función del contenido de Materia Orgánica, y este es un valor crítico en la determinación de la relación C/N, de la cual si se establecen límites en el Manual Técnico mencionado.

El parámetro de la **relación C/N** de las muestras fue contrastada con el límite máximo permisible establecido en el Manual Técnico para el Registro y Control de Fertilizantes, Enmiendas de Suelo y Productos Afines de uso Agrícola, el cual establece que el fertilizante orgánico líquido debe contener $\leq 30:1$ de esta relación conforme los cálculos realizados con datos obtenidos en laboratorio.

El cumplimiento de las concentraciones máximas de **metales pesados** en el biol obtenido se verificó con función en el Manual Técnico para el Registro y Control de Fertilizantes, Enmiendas de Suelo y Productos Afines de uso Agrícola, en la Tabla 2 referente a Límites máximos permitidos de metales pesados.

Tabla 2-3: Características físico-químicas y microbiológicas de un fertilizante orgánico líquido.

Característica	Límite mínimo/máximo establecido	Unidades
pH	≥ 5,0	Unidades de pH
Conductividad Eléctrica	≥ 0.4	S/m
Densidad	—	g/mL
Macronutrientes		
N	≥ 1	% N Total
P	≥ 1	% P ₂ O ₅
K	≥ 1	% K ₂ O
C Orgánico	—	%
Materia Orgánica	≥ 20	%
Relación C/N	≤ 30	S/u
Microorganismos Patógenos		
<i>Salmonella sp</i>	Ausencia en 25 mL de muestra	S/u
<i>E. coli</i>	≤ 1000	UFC/mL
Metales Pesados		
Aluminio (Al ³⁺) elemental	≤ 250	mg/kg o ppm
Arsénico (As)	≤ 40	
Cadmio (Cd)	≤ 1,5	
Cobalto (Co)	≤ 200	
Cromo hexavalente (Cr VI)	≤ 2,5	
Mercurio (Hg)	≤ 1	
Níquel (Ni)	≤ 50	
Plomo (Pb)	≤ 120	

Realizado por: Montero y Pombosa, 2023.

Fuente: Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2020: p.33-34.

3.13. Selección y elaboración del diseño más adecuado para la recuperación del biol producido

La selección del diseño más adecuado del sistema de tratamiento del biol generado en Porlón se basó principalmente en el caudal de calculado, los análisis físico-químicos y biológicos del biol, la topografía del terreno y las condiciones socioeconómicas de la zona (principalmente capacidad adquisitiva del GAD municipal de Riobamba).

Los principales datos recopilados que fueron utilizados para el diseño del sistema de tratamiento fueron: volumen a tratarse, tiempo de retención hidráulica, velocidad de sedimentación de sólidos, necesidad de aplicación de químicos, dosificación y método de preparación de químicos, volumen de efluente tratado generado diariamente, dimensiones de la estructura para el tratamiento y tasa de generación de lodos residuales.

En función de los resultados obtenidos al realizar la comparación entre la caracterización físico-química y microbiológica del biol obtenido, con los parámetros establecidos en el Manual Técnico para el Registro y Control de Fertilizantes, Enmiendas de Suelo y Productos Afines de uso Agrícola, se establecieron las operaciones unitarias a realizarse para la adecuación del residuo líquido a los requerimientos actuales para ser considerado fertilizante orgánico líquido o “biol”, teniendo en consideración la realidad socioeconómica del Cantón Riobamba para no caer en idealizaciones respecto a la tecnología y procedimientos a aplicar.

Tomando en consideración las condiciones actuales del cantón, se optó por la elaboración de un sistema que permita la recolección de biol mediante gravedad, no por bombeo, teniendo en cuenta factores como la simplicidad de manejo, mantenimiento y ahorro económico de un sistema a gravedad en frente a un sistema de bombeo.

En caso de que sea requerida y el GAD municipal de Riobamba apruebe la adición de químicos al efluente de lixiviados, se llevará a cabo una prueba de jarras bimensual para verificar la eficiencia de los mismos en el tratamiento, puesto que las características de las sustancias líquidas con elevados contenidos de materia orgánica varían en gran medida en períodos relativamente cortos de tiempo.

Se elaboró un diagrama de flujo que represente las principales operaciones unitarias llevadas a cabo tanto en la obtención como el tratamiento del biol como en la disposición de los lodos generados con el fin de presentar de mejor manera los resultados del diseño a partir de la caracterización de los residuos líquidos obtenidos.

3.13.1. Proyección poblacional

Para la realización del cálculo de proyección poblacional con el fin de proponer un sistema de tratamiento de biol que mantenga un correcto funcionamiento por lo menos por 25 años en el futuro con un funcionamiento diario de 24 horas en conformidad con la norma CPE INEN 5 Parte 9-2:1997, referente a obras civiles para tratamiento y disposición de residuos líquidos, se realizó el cálculo de dicha proyección mediante tres métodos diferentes en conformidad con la norma CPE INEN 5 Parte 9-1:1992.

Se extrajo la información más actualizada disponible en la red en cuanto al CENSO realizado en el cantón, esta información debe necesariamente incluir, la población inicial existente en el año de realización del CENSO, y la tasa de crecimiento poblacional (en tiempo de años) en el cantón donde se realizará la obra. Los tres métodos seleccionados para llevar a cabo el cálculo de la

proyección poblacional correspondiente al año 2048 en el cantón Riobamba fueron el método de **Crecimiento Exponencial, Geométrico y Aritmético**. Una vez obtenidos los tres resultados se procedió a determinar un valor promedio entre los mismos, valor con el cual se desarrollaron los cálculos posteriores.

3.13.1.1. Método de crecimiento exponencial

Se decidió que el primer método de crecimiento que se utilice para la determinación de la población futura del cantón, sea el exponencial. El cálculo de la población proyectada al año 2048 con este método se realizó aplicando la ecuación (1-2).

3.13.1.2. Método de crecimiento geométrico

El segundo método seleccionado fue la proyección poblacional mediante crecimiento geométrico. Este método fue seleccionado ya que permite tener una variación en la metodología de cálculo del mismo parámetro, lo cual permitió tener varias perspectivas sobre dicha incógnita a calcular, ampliando el espectro de análisis para el proyecto.

3.13.1.3. Método de crecimiento aritmético (modelo lineal)

El último método seleccionado fue el de crecimiento aritmético. Este método fue seleccionado debido a que presenta un crecimiento de tipo lineal aritmético, pudiendo contrastar el resultado de este con los dos métodos anteriores de crecimiento tipo exponencial. Se realizó el cálculo de la tasa de crecimiento aritmético mediante la ecuación (4) con los datos censales de la ciudad de Riobamba en los años 2001 y 2010.

3.13.2. Determinación del volumen de biol a tratar

La proyección poblacional previamente realizada sirvió para obtener un valor numérico de crecimiento o aumento de producción de residuos de mercado, considerando que el aumento de la población y de generación de este tipo de residuos están directamente relacionadas, se realizó el cálculo de un factor de aumento al relacionar los datos de la población en el cantón en el año 2048, con el año 2023, de la siguiente manera:

$$\text{Relación de Aumento de Generación de Res.} = \frac{\text{Población Proyectada (2048)}}{\text{Población Proyectada (2023)}} \quad (7-3)$$

Este valor permitió obtener unas cantidades más realistas para el diseño que se deseaba realizar, al multiplicarlo por la cantidad actual de residuos que recibe la nave de compostaje en Porlón semanalmente, como se muestra en la siguiente ecuación:

$$Cant. Residuos_{2048} = Ragr * Cant. Residuos_{2023} \quad (8-3)$$

Donde:

Cant. Residuos₂₀₄₈ = Cantidad Proyectada de Residuos Compostados en Porlón en el año 2048 (kg).

Ragr = Relación de Aumento de Generación de Residuos.

Cant. Residuos₂₀₂₃ = Cantidad de Residuos Compostados en Porlón en el año 2023 (kg).

El **% de pérdida de humedad promedio** para realizar el diseño fue determinado con tres de las unidades experimentales las cuales tuvieron resultados similares entre sí, estas fueron las unidades **1, 4 y 5**.

Una vez que fue determinada experimentalmente la **tasa de producción de biol** a partir de los residuos de mercado, tanto diariamente como acumulada se procedió a relacionar dicha tasa con la cantidad de residuos proyectada al año 2048, obteniendo de esta manera la cantidad de biol proyectada a ser generada en dicho año con proceso de compostaje realizado en Porlón, finalmente para transformar este valor a unidades de volumen, fue multiplicado por el inverso de la densidad del biol determinada en laboratorio, como se muestra en la **ecuación (7-3)**:

$$Vol. Biol Generado = \% \overline{PH} (Masa) * Cant. Residuos_{2048} (Masa) * \frac{1}{\rho_{Biol}} \quad (9-3)$$

Donde:

% \overline{PH} = Porcentaje de Pérdida de Humedad Promedio.

ρ_{Biol} = Densidad del Biol (kg/m³)

Para realizar la determinación del Volumen de biol acumulado generado por varios días, se utilizó el **% \overline{PH}** acumulado. A este valor se le añadieron 120 Litros por mes, esto debido a que según información del propio Ing. Marco Guamán trabajador del relleno sanitario, se realizan volteos a la pila de compostaje alrededor de **tres veces al mes**, y en cada volteo se añade a dicha pila alrededor de 40 Litros de agua común.

Como **medida de corroboración y verificación de los resultados obtenidos experimentalmente** del % de humedad de la mezcla de residuos de mercado con residuos de

poda, tanto mediante el equipo tipo tambor, como con el equipo improvisado de lixiviación, se realizó la determinación en laboratorio del porcentaje de humedad de la misma mezcla con una balanza de humedad marca RADWAG modelo PCM 50 serie 445710. Dicha operación fue repetida 5 veces para poder contrastar los resultados obtenidos.

3.13.3. *Canal de transporte*

Las dimensiones del canal de transporte del biol desde la zona de compostaje hasta el tanque de recolección se establecieron en función al sistema ya existente de recolección de biol dispuesto en las instalaciones de Porlón, puesto que supondría demasiado tiempo, dinero y esfuerzo demoler el ya existente y volver a construir otro canal acorde con los análisis realizados en este trabajo. El canal se estableció con una forma rectangular y con una inclinación adecuada para el transporte del fertilizante líquido generado.

3.13.4. *Rejillas*

Una vez determinado el caudal de flujo del biol a través de los canales, se asumió una velocidad de flujo conforme a lo establecido en el INEN. Se estableció un coeficiente de rugosidad de **0,021** para un canal de **revestimiento de concreto** conforme la tabla (3-2). El área del transversal requerida por el canal se calculó a partir de la ecuación (7-2).

Se decidió proponer un canal de forma cuadrangular, por lo que se asume que la medida de la altura del mismo (***h***) será numéricamente igual a su base (***b***). Conociendo la ecuación del área de un cuadrado:

$$A = b * h \quad (10-3)$$

Se puede decir que ***b = h***, por lo tanto:

$$A = b^2 \quad (11-3)$$

Y despejando ***b*** de la ecuación anterior (**11-3**) se obtiene:

$$b = \sqrt{A} \quad (12-3)$$

Con fines de facilidad de construcción se realizó la aproximación de las medidas calculadas.

Con fines de seguridad se aumentó la altura de construcción del canal un 20 % con respecto al resultado numérico obtenido.

En función de que los resultados obtenidos para las dimensiones del canal fueron demasiado bajos para llevar a cabo una propuesta real, se optó por utilizar las medidas en los canales ya existentes en la plataforma de compostaje.

Se llevó a cabo el cálculo de la pendiente del canal de contención de las rejillas en concordancia con la ecuación (8-2).

Se seleccionó un valor para el espesor (e), geometría, separación (s) y ángulo de inclinación (θ) de rejillas de tipo manual de Hierro a partir de la tabla (4-2). En función de la geometría de la rejilla se seleccionó un coeficiente de pérdida de carga (β) establecido en la tabla (5-2).

Se realizó el cálculo del número de rejillas, el cual se basa en la relación entre el ancho de la base del canal, sobre el espacio total ocupado por los barrotes (incluyendo separación), conforme la ecuación (9-2).

El cálculo de la longitud horizontal (L) de las rejillas se realiza mediante trigonometría básica, teniendo el dato de altura total del canal (H) y ángulo de inclinación de las rejillas respecto a la horizontal θ . Se calcula L mediante el despeje de fórmulas de la función tangente (**Ecuación 11-2**).

$$L = \frac{H}{\operatorname{tg}\theta} \Rightarrow \operatorname{tg}\theta = \frac{H}{L} \quad (13-3)$$

Por otro lado, la longitud inclinada (l) o real de las rejillas se calculó mediante la función trigonométrica correspondiente al coseno del ángulo interno (**Ecuación 13-2**).

$$\cos\theta = \frac{L}{l} \Rightarrow l = \frac{L}{\cos\theta} \quad (14-3)$$

Se realizó el diseño de una bandeja de retención de sólidos para facilitar las labores de limpieza, no existe exactamente un cálculo para poder determinar la longitud de la bandeja de retención de sólidos, se consideró que debe ser entre el 50 y 30 % de (L). Se seleccionó el material de la bandeja en función de las posibilidades y el diseño realizado. Se determinó el material y el grosor de las paredes de toda la estructura propuesta.

Finalmente, se calcularon las pérdidas de carga del biol debido a las rejillas instaladas en el flujo, mediante la **Ecuación 10-2**.

3.13.5. *Tanque de recepción y almacenamiento*

Se realizaron consideraciones especiales para el diseño del tanque de almacenamiento de biol puesto que la tasa de producción de biol determinado incluso después de haber aplicado el crecimiento de la generación de residuos basado en la proyección poblacional fue demasiado baja. De esta manera se consideró que la opción más viable fue diseñar el tanque de almacenamiento en función del volumen, y no del caudal generado, considerando un **factor de seguridad**.

En concordancia con los mismos datos obtenidos, se determinó que el almacenamiento del biol se realizaría en **3 batches** a lo largo de un mes, hasta que el biol almacenado alcance un volumen determinado, una vez que lo haga, este tendría que ser descargado inmediatamente.

Para poder determinar el volumen de diseño del tanque de recepción, se estableció una relación largo/ancho (L/a) del tanque de recepción de **2:1**. Por lo tanto se puede decir que el largo del canal será numéricamente igual al doble de su ancho.

$$L = 2 * a \quad (15-3)$$

Por geometría se conoce que el volumen de un rectángulo es numéricamente igual a el producto entre el área superficial del mismo y su profundidad o altura (h), valor el cual fue asumido en función de las condiciones del área superficial de construcción. Posteriormente se despejó el valor del área de la obteniendo la ecuación (14-3).

$$V = As * h \Rightarrow As = \frac{V}{h} \quad (16-3)$$

V = Volumen de Diseño del tanque (m^3).

As = Área Superficial del tanque (m^2).

h = Profundidad del tanque (m).

En el diseño de este tanque también se consideró una **altura de seguridad**.

Una vez que se ha determinado el valor del área superficial del tanque, se determinó el valor del ancho del mismo mediante la aplicación de la siguiente ecuación desglosada del área superficial de un rectángulo:

$$As = L * a \quad (17-3)$$

Al reemplazar la ecuación (15-3) en (18-3), se obtuvo la siguiente expresión, de la cual posteriormente se despejo a de la siguiente manera:

$$As = 2a * a \quad (18-3)$$

$$a = \sqrt{\frac{As}{2}} \quad (19-3)$$

Una vez obtenido el valor del ancho del canal, este valor se reemplazó en la ecuación (15-3), obteniendo el valor del largo del mismo (L). Debido a las elevadas dimensiones obtenidas como resultado de los cálculos, se optó por diseñar dos tanques de almacenamiento en lugar de uno.

Para el siguiente dispositivo después del tanque de almacenamiento, se requiere un caudal mayor al obtenido a partir de la experimentación y cálculos realizados, por esta razón se optó por que el tanque diseñado en este punto tenga una triple función, recepción, almacenamiento, y potenciación del caudal que llega desde la nave de compostaje en Porlón.

Se calculó el área requerida para la tubería de salida del biol del tanque teniendo en cuenta que el caudal de flujo es igual a velocidad de flujo por el área transversal por donde fluye el fluido, **ecuación (6-2)**. Para poder hacerlo se asumió un caudal y una velocidad de salida del biol con la que se pueda trabajar.

Una vez que se calculó el área transversal por la cual el biol va salir del tanque, se hizo uso de la ecuación **15-2** para calcular el diámetro interno de la tubería a instalar.

Finalmente, para determinar el tiempo aproximado de vaciado del tanque diseñado, se utilizó la **ecuación 17-2**, con el volumen del biol que contendrá el tanque, y el caudal asumido anteriormente.

3.13.6. Canal Parshall

Como se mencionó anteriormente, el tanque fue acoplado para brindar un caudal de biol suficiente para la aplicación de una canaleta Parshall. Con este valor del caudal de flujo se determinó el diseño estandarizado de canaleta óptimo para utilizar en concordancia con la tabla 6-2, principalmente en valor del ancho de garganta requerido (W).

El valor de la altura en la sección de medición del canal se determinó con la **ecuación 19-2** utilizando diferentes constantes en función de W conforme lo indicado en la **tabla 7-2**. Esta altura calculada debe ser menor a la altura del propio canal Parshall en la sección previa al resalto hidráulico, para que el flujo no se desborde, la cual según la nomenclatura de la tabla propuesta por la Organización Panamericana de la Salud (OPS) y el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS) es representada con la letra "E", la cual se encuentra en el **Anexo A** de este trabajo.

Para poder calcular el valor de v_1 primeramente se calculó el valor de β , que es el ángulo asociado con la inclinación de la pendiente en el resalto hidráulico mediante la siguiente expresión:

$$\cos\beta = \frac{-q * g}{\left(\frac{2}{3} * g * Eo\right)^{1,5}} \quad (20-3)$$

La sumergencia es la relación existente entre la altura útil antes del resalto hidráulico y la sección de medición, por lo que se calculó con la siguiente fórmula:

$$S\% = \frac{h_1}{h_a} * 100\% \quad (21-3)$$

Donde:

$S\%$ = Sumergencia del flujo previo al resalto hidráulico (%).

Las variables calculadas para el diseño de la canaleta Parshall y las ecuaciones utilizadas para hacerlo se resumen en la tabla a continuación:

Tabla 3-3. Variables calculadas de la canaleta Parshall.

Variable	Ecuación	N. Ecuación
D''	$\frac{2}{3} * (D - W) + W$	20-2
v_0	$\frac{Q}{D'' * Ha}$	21-2
q	$\frac{Q}{W}$	22-2
Eo	$\frac{v_0^2}{2 * g} + (Ha + N)$	23-2
β	$\cos\beta = \frac{-q * g}{\left(\frac{2}{3} * g * Eo\right)^{1,5}}$	20-3
v_1	$2 * \sqrt{\frac{2}{3} * g * Eo * \cos\left(\frac{\beta}{3}\right)}$	25-2
h_1	$\frac{q}{v_1}$	26-2
$S\%$	$\frac{h_1}{ha} * 100\%$	21-3
N_{Fr1}	$\frac{v_1}{\sqrt{g * h_1}}$	27-2
h_2	$\frac{h_1}{2} * \left(\sqrt{1 + 8 * N_{Fr1}^2} - 1\right)$	28-2
v_2	$\frac{Q}{W * h_2}$	29-2
h_3	$h_2 - (N - K)$	30-2
v_3	$\frac{Q}{C * h_3}$	31-2
hp	$ha + K - h_3$	32-2
T	$\frac{2 * G}{v_2 + v_3}$	33-2
Gr	$\sqrt{\frac{\gamma}{\mu}} * \sqrt{\frac{hp}{T}}$	34-2

Los valores de D , N , K , C , G , Fueron extraídos directamente de la tabla con las medidas de las canaletas Parshall prefabricadas (**Anexo A**). Y su ubicación dentro de la estructura de la propia canaleta se muestra en las figuras a continuación:

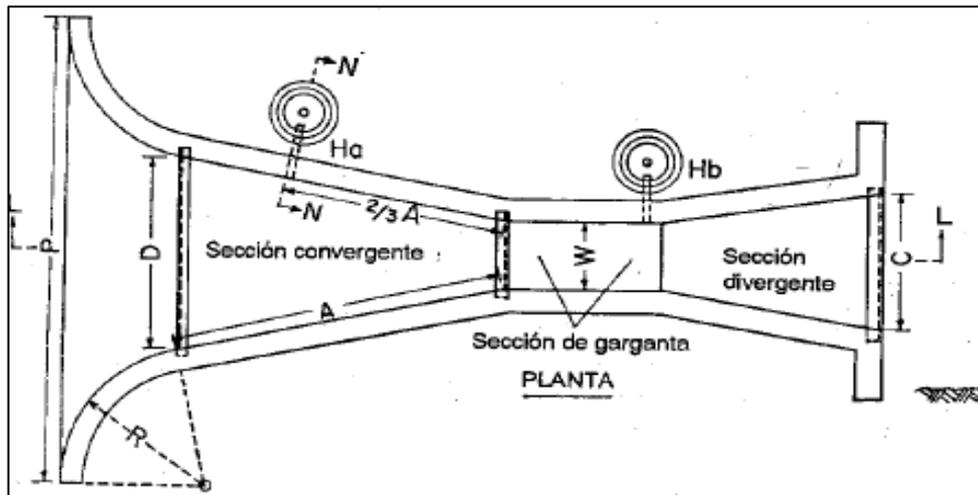


Figura 1-3: Nomenclatura de las dimensiones de una canaleta Parshall (vista planta).

Fuente: Romero et al., 2004: p. 88

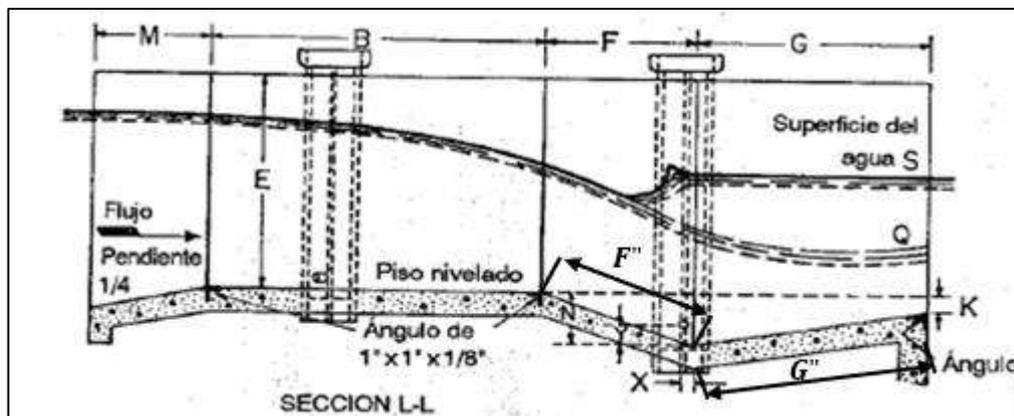


Figura 2-3: Nomenclatura de las dimensiones de una canaleta Parshall (corte longitudinal).

Fuente: Romero et al., 2004: p. 88

Esta altura calculada debe ser menor a la altura del propio canal Parshall en la sección previa al resalto hidráulico o sección de medición, para que el flujo no se desborde, la cual según la nomenclatura de la tabla propuesta por la Organización Panamericana de la Salud (OPS) y el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS) es representada con la letra "E".

El tiempo de retención Hidráulica (*trh*) se calculó en función de las velocidades determinadas en cada uno de los puntos del canal, y la longitud real de las mismas.

$$v = \frac{d}{trh} \quad (22-3)$$

$$trh = \frac{d}{v} \quad (23-3)$$

Donde:

v = Velocidad de flujo del biol (m/s).

d = Distancia recorrida por el biol, o longitud de la sección (m).

trh = Tiempo de retención hidráulica o tiempo de flujo (s).

Para calcular la longitud inclinada que recorre el biol con la v_1 , se determinó primeramente el ángulo de inclinación de la sección mediante la función tangente (**Ecuación 11-2**), teniendo en cuenta que en este caso el $C.O. = N$, y el $C.A. = F + X$ (Observar **Figura 2-3**).

$$\begin{aligned} \tan \theta &= \frac{N}{F + X} \\ \theta &= \tan^{-1} \left(\frac{N}{F + X} \right) \end{aligned} \quad (24-3)$$

El valor de la longitud de esta sección inclinada fue representado con (F'') se obtuvo aplicando la función seno (**Ecuación 12-2**) y despejando el valor de la hipotenusa de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} \text{sen} \theta &= \frac{N}{F''} \\ F'' &= \frac{N}{\text{sen} \theta} \end{aligned} \quad (25-3)$$

También se debió calcular la longitud inclinada que recorre el biol con la v_2 , representada con la letra G'' después del resalto hidráulico, se procedió de igual manera que en el caso anterior, pero teniendo en cuenta que $C.O. = Y$, y el $C.A. = G$,

$$\begin{aligned} \tan \alpha &= \frac{Y}{G} \\ \alpha &= \tan^{-1} \left(\frac{Y}{G} \right) \end{aligned} \quad (26-3)$$

$$\begin{aligned} \text{sen} \alpha &= \frac{Y}{G''} \\ G'' &= \frac{Y}{\text{sen} \alpha} \end{aligned} \quad (27-3)$$

Finalmente, se hizo uso de la siguiente ecuación para encontrar el tiempo de retención hidráulica, la cual resulta de la sumatoria del tiempo que le toma al biol recorrer todas las secciones de la canaleta con su respectiva velocidad:

$$trh = \left(\frac{0,75 * B}{v_0} \right) + \left(\frac{F''}{v_1} \right) + \left(\frac{G''}{v_2} \right) \quad (28-3)$$

Para finalizar esta parte del diseño, se realizó el cálculo de la distancia que debe poseer el canal contiguo a la canaleta Parshall para que la reacción de los químicos añadidos al biol pueda reaccionar completamente, mediante análisis de laboratorio se determinó que el tiempo requerido para que se dé una reacción completa fue de 3 segundos, por lo que se aplicó la **ecuación 20-3**, despejando el valor de la distancia de la siguiente manera:

$$d = v * trh \quad (29-3)$$

3.13.7. Desinfección

El método seleccionado para realizar la desinfección del biol de ser necesario fue la cloración. Sin embargo, esta debe ser realizada de manera celosamente controlada, puesto que una cantidad muy elevada de Cl añadido a una sustancia con gran contenido de materia orgánica puede resultar en la generación de sustancias cancerígenas como los Trihalometanos (THMs).

Esta operación será realizada directamente mediante la dosificación de Cl en el biol mediante goteo utilizando una estructura de suero médico que permite la dosificación mediante goteo de un volumen o cantidad determinada de sustancia en tiempos cortos o largos. Para el cálculo de la cantidad de Cl que se debe añadir al biol para eliminar la presencia de patógenos nocivos para la salud, se debe tener en consideración el límite de concentración de cloruros (Cl^{-1}) en el biol establecido por el Ministerio de Agricultura y Ganadería, que es de aproximadamente el 2%.

Cabe recalcar que esta operación deberá ser realizado solo en determinadas ocasiones cuando al realizar los análisis del biol generado, exista presencia de microorganismos no benéficos superando los límites permisibles indicados en el Manual Técnico para el Registro y Control De Fertilizantes, Enmiendas de Suelo y Productos Afines de uso Agrícola propuesto por el Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador.

3.13.8. Sedimentación y retención de grasas

3.13.8.1. Sedimentación simple

Para poder determinar la velocidad y tasa de sedimentación simple (sin adición de sustancias auxiliares del proceso), se hizo uso de tres conos de laboratorio graduados de 1 L de capacidad, en los cuales se realizó la medición del volumen de sedimentos generados a través del tiempo hasta un máximo de dos días iniciado el proceso de sedimentación en 500 mL de biol sin

tratamiento previo. Los intervalos de tiempo a los que se tomaba dato de la cantidad de sólidos sedimentados fue variando a través del tiempo, puesto que se conoce gracias a estudios previos que la tasa de sedimentación va decayendo gradualmente a lo largo del tiempo hasta llegar a ser nula. Los resultados fueron representados de manera gráfica para un mejor análisis.

Se realizó la determinación del porcentaje correspondiente a cada uno de los diámetros de partícula que se pudieron determinar mediante una torre de sedimentación, por diferencia de peso, esto para determinar que dimensión tienen los sólidos que más posee el biol, y enfocar el diseño en sedimentarlos. El equipo utilizado para esta determinación tenía las siguientes medidas de luz de malla para determinación de diámetro de partícula:

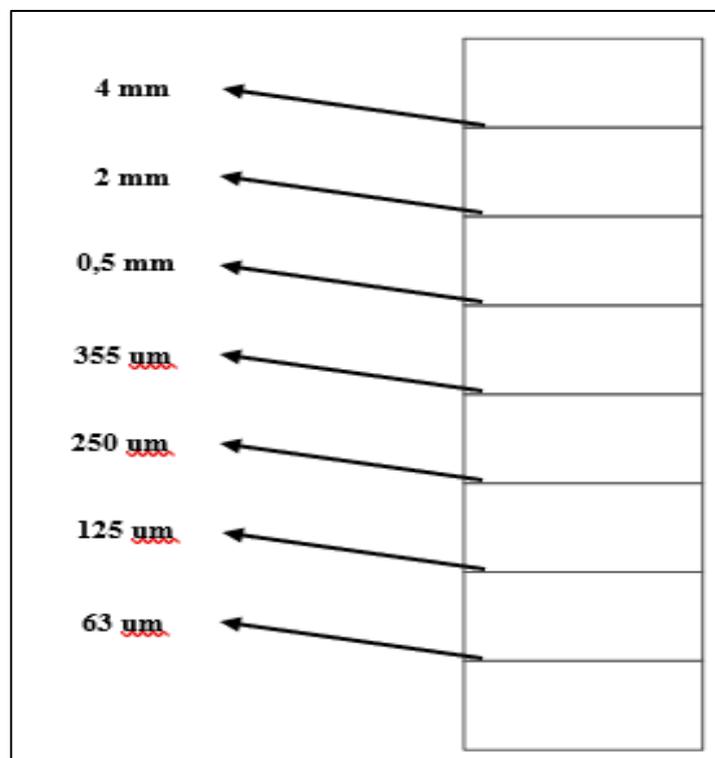


Figura 3-3: Torre de sedimentación para determinar diámetro de partícula.

Realizado por: Montero y Pombosa, 2023.

Una vez determinados los porcentajes de cada partícula en el biol en función de su diámetro aproximado, se procedió a calcular la velocidad de sedimentación de las mismas.

A diferencia de la tasa de sedimentación que se determinó experimentalmente en laboratorio, la velocidad de sedimentación fue calculada teóricamente a partir de datos específicos obtenidos previamente mediante análisis de laboratorio, usando la **ecuación (37-2)**.

3.13.8.2. Sedimentación por coagulación-floculación

Esta determinación se realizó mediante la prueba de jarras, se probaron 4 diferentes volúmenes de coagulante con diferentes concentraciones, pero manteniendo constante el volumen de floculante añadido y el coagulante utilizado (Policloruro de Aluminio), como se muestra en la tabla a continuación:

Tabla 4-3: Tipo, concentración y cantidad de coagulante y floculante en las pruebas.

N. Prueba	Coagulante utilizado	Volumen añadido	Concentración	Floculante utilizado	Volumen añadido	Concentración
1	Policloruro de Al	20 mL	5 %	Amónico	1 mL	0,1 %
2	Policloruro de Al	50 mL	5 %	Amónico	1 mL	0,1 %
3	Policloruro de Al	20 mL	10 %	Amónico	1 mL	0,1 %
4	Policloruro de Al	50 mL	10 %	Amónico	1 mL	0,1 %

Realizado por: Montero y Pombosa, 2023.

Para la realización de la prueba de jarras se colocó 1 L de biol en un vaso de precipitación graduado de la misma capacidad, para poder determinar el volumen de sólidos sedimentados en cada una de las pruebas y seleccionar el procedimiento más idóneo, como se muestra en el gráfico a continuación:



Gráfico 2-3: Prueba de jarras para coagulación floculación en biol.

Realizado por: Montero y Pombosa, 2023.

Esta metodología permitió diferenciar claramente la matriz sólida (formada a partir de los sólidos sedimentados) de la matriz líquida (biol clarificado) como se observa en el **gráfico 2-3**:



Gráfico 3-3: Separación Matriz líquida y sólida mediante coagulación floculación en biol.

Realizado por: Montero y Pombosa, 2023.

Una vez que se obtuvieron los datos experimentales de la generación de sólidos a partir de las diferentes aplicaciones de coagulante y floculante, se procedió a escalar dicha cantidad de lodos generados a el volumen de biol proyectado a generarse en Porlón; este

dato permitió determinar el volumen requerido de diseño para la zona de lodos en el sedimentador propuesto. Esto mediante el producto entre el volumen a tratar de biol con la tasa de generación de lodos determinada en la prueba de jarras, y el tiempo de retención del biol en el sedimentador, como se muestra en la ecuación a continuación:

$$\text{Volumen de Lod. Generados} = \left(V_{\text{biol}} * \frac{Ts(\text{Vol})}{V_{\text{biol}}(\text{Vaso})} \right) * T.r. \quad (30-3)$$

Donde:

V_{biol} = Volumen de biol a tratar en el sedimentador (m³).

$Ts(\text{Vol})$ = Tasa de generación de Lodos por tiempo por volumen de biol tratado (mL de lodos/día/m³ de biol tratado).

$V_{\text{biol}}(\text{Vaso})$ = Volumen de biol tratado en el vaso de precipitación (m³).

$T.r.$ = Tiempo de residencia del biol en el sedimentador (días).

3.13.8.3. Diseño del Sedimentador tipo Trampa de Grasas

El diseño del sedimentador al igual que el tanque de almacenamiento, se realizó en función del volumen de biol recibido, en lugar del caudal determinado experimentalmente y proyectado a futuro. También se requirió calcular el volumen de lodos generados con la adición de cantidades determinadas de coagulante y floculante a diferentes concentraciones, mediante la ecuación **28-3** para determinar el volumen de diseño de la zona trapezoidal de lodos del sedimentador.

Se realizó el diseño de dos sedimentadores en paralelo para poder tratar el volumen de biol que llegaría desde el tanque de recepción a través de la canaleta Parshall, cada uno para tratar un volumen de biol de aproximadamente 2 m³. Hay que tener en cuenta que a partir de este volumen de biol se generará el volumen esperado de lodos a remover, por lo que un porcentaje del diseño fue destinado al biol y otro al almacenamiento temporal de los lodos sedimentados.

El porcentaje del diseño destinado a la zona de lodos se determinó mediante la relación del volumen de lodos predicho, con el volumen total del biol a tratar.

$$\begin{aligned} \text{\%de volumen del Sedimentador para zona de lodos} & \quad (31-3) \\ & = \frac{\text{Vol. Lodos}}{\text{Vol. Biol}} * 100\% \end{aligned}$$

De esta manera se decidió dividir el diseño del sedimentador en dos zonas, la zona de retención del biol clarificado, y la zona de retención de lodos, cada una con un determinado volumen de partida a partir del cual se determinaron sus dimensiones.

A partir de dicho volumen determinado para cada sedimentador se diseñaron dos cámaras de sedimentación.

Tabla 5-3: Zonas del sedimentador, forma y funciones.

Zona	Forma	Función
Retención de Biol	Rectangular	Retener el biol clarificado listo para la siguiente etapa del tratamiento.
Retención de Lodos	Trapezoidal	Retener los lodos sedimentados para ser transportados hasta la zona de secado de lodos (Lecho de secado).

Realizado por: Montero y Pombosa, 2023.

Primera Cámara:

Se asumió que la relación $\frac{L}{a}$ del sedimentador es 2:1; en concordancia con lo establecido por la OPS, por lo que se puede establecer la siguiente ecuación, similar a la **ecuación 13-3**:

$$\frac{L}{a} = \frac{2}{1} \implies L = 2 * a \quad (32-3)$$

Debido a la forma geométrica de la sección de almacenamiento de biol del sedimentador, que es rectangular, se conoce que su volumen se calcula mediante la **ecuación 16-3**:

Al remplazar la **ecuación 30-3** en la **expresión 15-3**, se obtiene la siguiente expresión:

$$As = 2a * a \quad (33-3)$$

Al reemplazar la **ecuación 31-3** en la **ecuación 14-3** y despejar el valor del ancho (a) del sedimentador, se obtuvo la siguiente expresión:

$$a = \sqrt{\frac{V}{2 * h}} \quad (34-3)$$

Una vez determinado el valor del ancho del sedimentador se procedió a calcular el largo (L) del mismo en función de la **ecuación 30-3**.

La profundidad del sedimentador (h) se estableció de **80 cm** en función de la forma rectangular del sedimentador y teniendo en cuenta las indicaciones de la OPS y el CEPIS.

La mayoría de las dimensiones del sedimentador se establecieron en función de la **tabla 8-2**, teniendo en cuenta ciertas modificaciones realizadas para el mejor funcionamiento del mismo, las cuales se muestran a continuación:

- Dentro del mismo manual se indica que se necesita dejar un espacio por encima de la tubería tee de salida de aproximadamente 5 cm por debajo del nivel del techo, sin embargo, como en este diseño no se colocó un techo en el sedimentador, se tomó como referencia superior la altura máxima de la trampa de grasas diseñada.
- En las mismas especificaciones técnicas se indica que la tubería de salida del líquido debe estar a una distancia de entre 7,5 y 15 cm del fondo, pero para este diseño que difiere del tratamiento de aguas, en este caso este parámetro dependió del volumen de lodo que se ha predicho se formará con el volumen de biol tratado, esta tubería estará a la distancia mencionada del límite superior de la zona de lodos.
- Se establece también que el espacio sobre el nivel del líquido y la parte inferior de la tapa será mayor a 30 cm, para este diseño este parámetro se tomó en consideración para la altura de seguridad del sedimentador.

Para determinar las medidas de la zona de deposición de lodos se empleó la fórmula de cálculo del volumen de un trapecoide, por lo tanto, se puede decir que el volumen de la zona de lodos es igual al área transversal de la zona trapezoidal o zona de lodos ($A_{Zona\ de\ Lodos}$) multiplicada por el largo del sedimentador ($L_{Sedimentador}$), semejante a la **ecuación 34-2**.

$$V_{Zona\ de\ Lodos} = A_{Zona\ de\ lodos} * L_{Sedimentador} \quad (35-3)$$

Despejando el valor del $A_{Zona\ de\ lodos}$ de la ecuación anterior se obtuvo la siguiente expresión:

$$A_{Zona\ de\ lodos} = \frac{V_{Zona\ de\ Lodos}}{L_{Sedimentador}} \quad (36-3)$$

Para calcular el área de la zona de lodos se tuvo en cuenta que es un prisma trapezoidal, se hizo uso de la **ecuación (35-2)** teniendo en cuenta ciertos cambios propios del diseño, de la siguiente manera:

$$A_{Zona\ de\ Lodos} = \left(\frac{B + b}{2} \right) * h$$

Donde:

B = Base mayor del trapecio, en este caso es equivalente al ancho **a** de la sección rectangular del sedimentador (m).

b = Base menor del trapecio, establecida en función de la **tabla 8-2** (m).

h = Altura de la figura, en este caso la altura de la zona de lodos **h_L** (m).

$$A_{Zona\ de\ Lodos} = \left(\frac{a + b}{2} \right) * h_L \quad (37-3)$$

Una vez que ha sido calculada el área del trapecio mediante la ecuación (34-3), se calculó la altura de la zona de lodos (**h_L**) despejando dicha variable de la ecuación anterior:

$$h_L = \frac{A_{Trapecio}}{\left(\frac{a + b}{2} \right)} \quad (38-3)$$

La pendiente de la inclinación del trapecio (**θ_T**) con respecto a la horizontal debe estar entre 45 y 60 grados según la OPS (**tabla 8-2**), para este caso se usó la **ecuación 11-2**. Pero en este caso el valor del cateto adyacente es igual a la diferencia entre la mitad del ancho de la sección rectangular con la mitad del valor de la base menor del trapecio **b**, como se muestra a continuación:

$$C. A. = \left(\frac{a}{2} \right) - \left(\frac{b}{2} \right) \quad (39-3)$$

Al reemplazar la **ecuación 37-3** en la **ecuación 11-2** reemplazar el valor del cateto opuesto por la altura de lodos y despejar el valor del ángulo, se obtuvo la siguiente ecuación:

$$\theta_T = \tan^{-1} \left(\frac{h_L}{C. A.} \right) \quad (40-3)$$

Para un mejor entendimiento de las variables calculadas en esta parte, observar la figura a continuación:

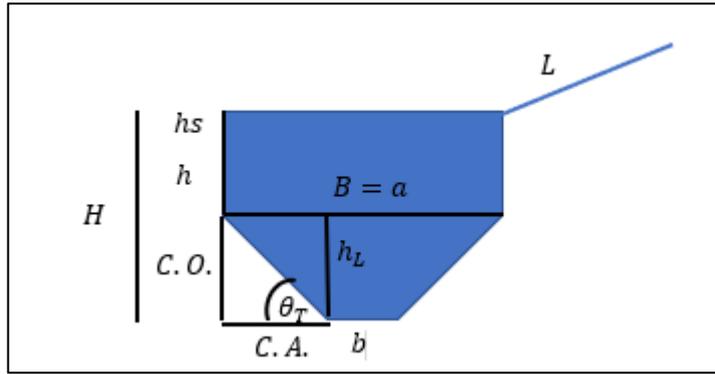


Figura 4-3: Nomenclatura de las dimensiones del sedimentador (corte transversal).

Realizado por: Montero y Pombosa, 2023.

Segunda Cámara:

La segunda cámara de sedimentación se diseñó de manera idéntica a la primera, pero como el objetivo del diseño es que la mayor parte de los sólidos sean almacenados en la primera cámara, toda la producción de lodos se consideró en el diseño del volumen de la primera cámara, mientras que en la segunda se consideró únicamente el biol clarificado, y una porción mínima. Por esta razón esta segunda cámara se diseñó teniendo en cuenta el % del diseño para cada función determinado en la primera cámara.

Por esta razón la segunda cámara fue más pequeña que la primera.

Almacenamiento de grasas:

Teniendo en cuenta las especificaciones dadas por la OPS y CEPIS y considerando que el sistema de tratamiento diseñado en ciertos días podría llegar a trabajar por más de 16 horas diarias, se consideró realizar el diseño de un tanque lateral de almacenamiento de grasas de por lo menos **1/3 del volumen total de la trampa de grasa**, como se indica en la **tabla 8-2**.

Como la zona de acumulación de grasas contigua tiene forma rectangular según la **figura 2-2** se utilizó la ecuación **14-3** pero en lugar de utilizar el área superficial, se usó el área transversal, así se obtuvo la siguiente ecuación:

$$Vg = Atg * L \quad (41-3)$$

Donde:

Vg = Volumen de la zona de acumulación de grasas (m³).

Atg = Área transversal de la zona de acumulación de grasas (m^2).

L = Largo de la zona de acumulación de grasas, numéricamente igual al largo del sedimentador (m).

Despejando Atg de la **ecuación 39-3**:

$$Atg = \frac{Vg}{L} \quad (42-3)$$

Una vez obtenido el valor del área transversal necesaria para el diseño, y conociendo que la ecuación para determinar dicha área en un rectángulo es:

$$Atg = bg * hg \quad (43-3)$$

Donde:

bg = Ancho o base de la zona de grasas (m).

hg = Altura de la zona de grasas (m).

El valor de hg fue asumido teniendo en cuenta que no sea mayor al valor calculado anteriormente de la altura útil del biol en la sección rectangular. De esta manera se pudo calcular el ancho de la zona de grasas despejando esta variable de la **ecuación 41-3**:

$$bg = \frac{Atg}{hg} \quad (44-3)$$

Una vez que se posee todas las dimensiones del tanque de retención de grasas, esta fue colocada contigua a la primera cámara de sedimentación, puesto que en esta es donde se proyecta que se produzcan la mayor cantidad de grasas y espumas.

3.13.9. Sistema de cascadas (aireación)

Según el CPE INEN 5 de 1992 se debe considerar un área de operación del sistema en función del caudal semejante a $1 m^2/L/s$, para este diseño se consideró adecuado utilizar un valor de $1,5 m^2/L/s$.

Conociendo la velocidad (v) de flujo del biol por la tubería de salida del sedimentador, para saber el caudal de biol que llegara al sistema de aireación, el área de dicha tubería debió ser calculada con el diámetro de la misma (D) determinado en concordancia con la **tabla 8-2**. El valor del área de flujo del biol a través de la tubería fue calculado mediante la **ecuación 14-2**.

Una vez determinada el área de flujo, se calculó el caudal de recepción de las cascadas mediante la **ecuación 6-2**.

El valor del área superficial requerida para el diseño, se obtiene mediante el producto entre el caudal a tratar de biol y el área de operación que según el CPE INEN 5 de 1992, como se muestra en la ecuación a continuación:

$$As = Q * A_{Operación} \quad (45-3)$$

Donde:

As = Área superficial de operación de aireación (m²).

Q = Caudal de entrada de biol a las cascadas (L/s).

A_{Operación} = Área de operación en función del caudal de recepción, para este caso 1,5 m²/L/s.

Una vez calculado el valor del área superficial de operación, se calculó el ancho **a** de cada grada asumiendo un valor para el largo **L** de la **ecuación 17-3**.

Se debe tener en consideración para el diseño la **carga hidráulica** presentada por el INEN, que debe ser de 1 a 3 m, el valor de la carga hidráulica es igual al producto entre la cantidad de gradas diseñadas y la altura de cada una de las mismas:

$$H = h * N \quad (46-3)$$

Donde:

H = Carga Hidráulica (m).

h = Altura de cada grada (m)

N = Número de gradas.

Una vez obtenido el valor del ancho de la grada, se procedió a calcular el valor de la **capa de biol** que circulará por las gradas, varios autores indican que mientras más fina sea, más eficiente será el proceso de aireación. Para calcular la altura de esta capa se hizo uso de la **ecuación 7-2** despejando el valor del área.

El valor de dicha capa es igual a la altura útil del biol a través de la grada, la cual fue determinada mediante la ecuación del área transversal de un cuadrado, despejando el valor de la altura de la siguiente manera:

$$h = \frac{A}{a} \quad (47-3)$$

El valor calculado de h también es necesario para determinar la altura de las paredes laterales del sistema de cascadas.

3.13.10. Estandarización y envasado

El proceso de envasado del biol se realizará de manera manual en un tanque de estandarización que podrá almacenar el doble del volumen de los tanques de recepción y almacenamiento diseñados previamente, esto teniendo en consideración que la función de este tanque será la dilución del biol con agua en caso de exceso de nutrientes, así como también deberá poder almacenar el volumen de los dos tanques de recepción en caso de que se requiera por cualquier motivo externo el almacenamiento del biol más tiempo de lo esperado, aunque no sería lo correcto.

Este tanque contará con un talud de inclinación para que la recolección del biol sea más sencilla por parte de los trabajadores del relleno sanitario, dicha inclinación fue de aproximadamente **2,5 %**.

El diseño de dicho tanque se realizó de manera idéntica a los tanques de recepción y almacenamiento, con la única diferencia de que **la relación Largo/Ancho (L/a) en este caso fue de 3/2**.

3.13.11. Lecho de secado de lodos

Para realizar el diseño de los lechos de secado de lodos se debe tener en consideración obviamente el volumen de lodos generados en el proceso de sedimentación durante el proceso de secado de los lodos que ya han sido depositados en el lecho, esto para que el sistema no colapse. De igual manera considerando el tiempo de limpieza, preparación, y extracción de los lodos secos del lecho, se optó por diseñar dos lechos de secado, por lo que el volumen de lodos utilizado para el diseño fue dividido entre dos.

Para calcular la masa de los lodos dispuestos en los lechos se debe conocer el valor de la gravedad específica de los mismos que según el INEN, 1992, para lodos producidos por la mayor parte de

coagulantes es de entre 1,03 y 1,04, (**tabla 10-2**) para dicho cálculo se aplicó la siguiente ecuación:

$$M_{Lodos} = V_{Lodos} * G.E.Lodos \quad (48-3)$$

Donde:

M_{Lodos} = Masa de los lodos (kg).

V_{Lodos} = Volumen de lodos (m³).

$G.E.Lodos$ = Gravedad Específica de los lodos.

También se calculó el valor de la cantidad de lodos reducidos y completamente secos con base en la información de la **tabla 10-2**.

El área requerida para la disposición de los lodos se calculó con la ecuación **16-3**, conociendo el valor del volumen de lodos húmedos a disponer, así como la altura de la capa de lodos, establecida en la tabla **10-2**.

Para el diseño se asumió un valor del ancho del lecho, a partir del cual se calculó el largo del mismo con la **ecuación 17-3**.

La pendiente de los bordes del lecho hacia la sección central en donde se encuentra la tubería de drenaje se asumió de 1,5 % en concordancia con la información de la EPA y la CONAGUA. La ecuación de la inclinación hacia dicha tubería central fue:

$$S_{Lat.} = \frac{D. Altura}{Longitud} * 100 \quad (49-3)$$

Donde:

$S_{Lat.}$ = Inclinación lateral del lecho (%).

$D. Altura$ = Diferencia de altura entre el borde y el centro del lecho (m)

$Longitud$ = Longitud lateral del lecho (m).

La longitud lateral del lecho viene dada por la diferencia entre la mitad del ancho del mismo con la mitad del diámetro de la tubería central:

$$Longitud = \frac{a}{2} - \frac{D}{2} \quad (50-3)$$

Donde:

a = Ancho del lecho de secado (m).

D = Diámetro de la tubería central (m).

Despejando el valor de la diferencia de alturas de la **ecuación 46-3** se obtiene la diferencia de altura que se aplicó al diseño realizado:

$$D. \text{ Altura} = \frac{S_{Lat.} * Longitud}{100} \quad (51-3)$$

Para un mejor entendimiento del diseño realizado y las variables intervinientes observar la **figura 4-3** realizada en base a las especificaciones del INEN en la **tabla 10-2**.

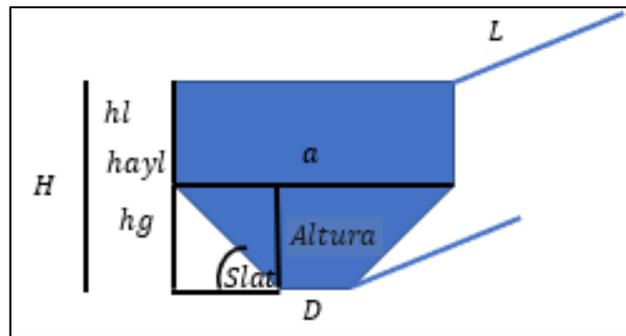


Figura 5-3: Nomenclatura de las dimensiones de lecho de secado (corte transversal).

Realizado por: Montero y Pombosa, 2023.

Donde:

hl = Altura de lodos a secar (m).

hayl = Altura de arena y ladrillos (medio de soporte) (m).

hg = Altura de grava (m).

3.14. Representación del diseño elaborado en 2D y 3D “AutoCAD y SketchUP”

Una vez que se ha llevado a cabo el cálculo de las dimensiones y características del sistema de tratamiento se procedió a realizar la representación del diseño completo e individual (dispositivos) del mismo. Esto se realizó en los softwares de AutoCAD y SketchUp, los cuales permiten una visualización en 2 y 3 dimensiones de la estructura, siendo bastante fiel a la realidad de la construcción de estos dispositivos.

Los modelos elaborados fueron debidamente escalados, etiquetados, acotados y georreferenciados.

3.15. Elaboración del manual de operación del sistema de tratamiento

La estructura del manual de operación del sistema de tratamiento de biol diseñado fue elaborado según el tipo de planta y las necesidades específicas de la instalación. Este contiene los puntos que se muestran detallados a continuación:

3.15.1. *Introducción*

Este apartado se encargó de proporcionar una visión general de la planta de tratamiento del biol, incluyendo su propósito, funciones y objetivos.

3.15.2. *Descripción de la planta*

Su función fue la de presentar una descripción detallada de la planta, incluyendo su diseño general, los equipos principales utilizados, las capacidades de tratamiento y cualquier información relevante sobre el proceso de tratamiento del biol.

3.15.3. *Responsabilidades y roles*

En este se enumeraron las responsabilidades y roles del personal involucrado en la operación y mantenimiento de la planta, como operadores, supervisores, personal de mantenimiento, etc.

3.15.4. *Procedimientos operativos*

En este apartado se vieron detallados los procedimientos operativos para el funcionamiento normal de la planta, incluyendo las instrucciones paso a paso para el inicio y apagado de equipos, control de procesos, muestreo de líquidos, pruebas de calidad, y cualquier otra tarea operativa relevante.

3.15.5. *Procedimientos de seguridad*

Se describieron los procedimientos y protocolos de seguridad que deben seguirse en la planta, incluyendo el uso adecuado de equipos de protección personal (EPP), manejo de sustancias

peligrosas, medidas de prevención de incendios y cualquier otro aspecto relacionado con la seguridad.

3.15.6. *Mantenimiento y calibración*

Este subtema se realizó con la función de brindar información sobre los procedimientos de mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos de la planta, así como las pautas para la calibración regular de los instrumentos de medición.

3.15.7. *Manejo de emergencias*

En este se describieron los procedimientos a seguir en caso de situaciones de emergencia, como fugas, derrames, fallas en los equipos o cualquier otro incidente que pueda afectar la operación de la planta de tratamiento.

3.15.8. *Registros y documentación*

Con este apartado se buscó especificar los registros y documentación necesarios para el seguimiento adecuado de la operación de la planta, como registros de procesos, registros de mantenimiento, registros de calidad, informes de incidentes, entre otros.

CAPÍTULO IV

4. MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Clasificación/Separación desde la fuente de los residuos generados en el mercado

A partir de la realización de las visitas de observación y levantamiento de datos al EP-EMMPA, se pudo determinar que previo al envío de los residuos orgánicos hasta la nave de compostaje en Porlón, los residuos debían pasar por tres triajes o procesos de separación manuales que funcionaban como filtros para que los residuos lleguen a Porlón libres de la presencia de impropios y el proceso de obtención de compost se realice de manera rápida y efectiva.

Los procedimientos de recolección y transporte de residuos de naturaleza orgánica e inorgánica son competencia de los trabajadores del mercado, específicamente de la unidad de aseo y limpieza quienes destinan sus esfuerzos al procedimiento completo desde la recolección de los residuos en la fuente, hasta la entrega de los mismos ya libres de impropios para llevar a cabo el compostaje.

La administración del EMMPA cuenta con un plan de gestión integral de residuos en el cual se presentan rutas internas de recolección, horarios y frecuencia en función de las áreas del establecimiento. Esto teniendo en cuenta que el tiempo de permanencia de los residuos en los puntos de generación debe ser mínimo.

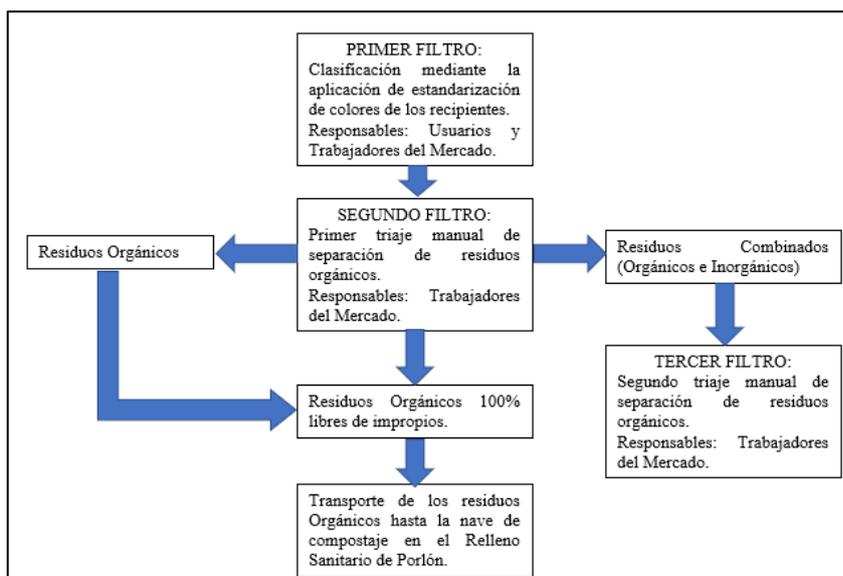


Gráfico 1-4: Esquema de proceso para obtención de residuos orgánicos a compostar en Porlón.

Realizado por: Montero y Pombosa, 2023.

Fuente: Pino, 2020: pp. 25-31.

4.2. Pesaje de los residuos clasificados

Los resultados del Pesaje de los residuos generados diariamente en el EP-EMMPA durante los últimos 10 meses del año 2020, otorgados directamente por parte de la empresa, se resumen en la tabla a continuación.

Tabla 1-4: Datos de recolección de residuos dentro del EP-EMMPA.

Mes (2020)	Promedio diario (Kg)	Promedio diario (Ton)
Marzo	6911.9	6.9
Abril	6989.7	7.0
Mayo	7668.7	7.7
Junio	7075.0	7.1
Julio	6490.3	6.5
Agosto	7185.0	7.2
Septiembre	5910.0	5.9
Octubre	8151.6	8.2
Noviembre	1869.2	6.9
Diciembre	6540.0	6.5
Total, promedio por día	6479.1	7.0

Fuente: Pino, 2020: p. 19.

Como valor inicial del total de residuos generados en la empresa durante un día, se tomó el valor promedio calculado a partir de los valores obtenidos después de los 10 meses de cuantificación. Sin embargo, no todos los residuos orgánicos que se generan en el mercado son llevados para ser compostados, cuando se considera que en alguno de los tachos recolectores la separación de los residuos sería demasiado complicada debido a la falta de conciencia ambiental de las personas, estos son directamente transportados por los camiones recolectores de basura del GAD municipal de Riobamba. La cantidad de residuos que tuvieron este destino fue determinada en 1924,99 kg, por lo que la cantidad de residuos a ser separados por el segundo y tercer filtro del proceso son el resultado de la diferencia entre el promedio diario determinado y la cantidad de residuos no aprovechados, obteniéndose una cantidad de 4554,11 kg a ser separados y transportados a la nave de compostaje en Porlón.

Durante uno de los envíos de residuos orgánicos a la nave de compostaje en Porlón, se realizó el pesaje de los residuos orgánicos obtenidos después del segundo filtro de los residuos que consiste en el primer triaje manual de separación por parte de los trabajadores, para determinar el porcentaje que representan estos residuos orgánicos con respecto al total de residuos generados. Se determinó que después del primer triaje se obtuvo una cantidad de 2775,6 kg o

aproximadamente 3 toneladas. Por lo que el porcentaje de residuos orgánicos provenientes del segundo filtro sería:

$$\% \text{ Residuos Orgánicos }_{2do \text{ Filtro}} = \frac{2775,6 \text{ kg}}{4554,11 \text{ kg}} * 100\% = 60,94 \%$$

Se calculó que aproximadamente el 60,94 % de los residuos iniciales eran de origen orgánico. A continuación, se realizó el tercer y último filtro, que fue un segundo triaje manual de separación de los residuos combinados separados en un inicio a partir del primer triaje, la cantidad de residuos orgánicos resultantes de esta operación se añadió a la cantidad de residuos orgánicos obtenidos del primer triaje, de esta manera obteniendo el resultado de la cantidad de residuos orgánicos libres de impropios que fueron finalmente transportados al Relleno Sanitario de Porlón.

Se lograron separar alrededor de 1396,87 kg de residuos orgánicos en este segundo triaje, por lo que se procedió a calcular el porcentaje total de residuos orgánicos separados y enviados al proceso de compostaje en Porlón.

$$\% \text{ Residuos Orgánicos }_{3er \text{ Filtro}} = \frac{2775,6 + 1396,87 \text{ kg}}{4554,11 \text{ kg}} * 100\% = 91,62 \%$$

Este resultado nos indica que la gran mayoría de los residuos que se generan en el EP-EMMPA son de origen orgánico y que al proceso de compostaje de Porlón se deberían destinar en condiciones óptimas **aproximadamente entre 3 y 4 toneladas de residuos orgánicos por día**. Este dato fue de vital importancia para el dimensionamiento del sistema de tratamiento de biol propuesto en este trabajo.

4.3. Utilización de un equipo tipo tambor para la realización del compostaje dentro de la ESPOCH

Se hizo uso de un equipo digestor tipo tambor rotatorio acoplado con un aireador (blower) el cual facilitó en gran medida los procedimientos de volteo y aireación durante el proceso de compostaje de los residuos recolectados dentro del EP-EMMPA. El proceso de aireación y volteo del material compostable dentro del equipo se realizó dos veces al día.

Con ayuda de la bandeja recolectora inclinada que se encontraba en la parte inferior del equipo se pudo recolectar todo el biol generado durante el proceso, para su posterior medición volumétrica que permita calcular el porcentaje de humedad de los residuos de mercado y de poda. Dicho compostaje se realizó y monitoreó de manera continua durante 2 meses y medio.

4.4. Recolección y transporte de una cantidad considerable de residuos de mercado para realizar el compostaje

Como ya se mencionó, a la fecha de realizado este trabajo, la planta de compostaje de Porlón recibía únicamente residuos orgánicos provenientes del EP-EMMPA, los residuos fueron directamente recolectados del mercado en cuestión, y transportados en camioneta hasta el centro de acopio de la ESPOCH, en donde se ubicaba el equipo donde se realizaron las tareas de compostaje. Se recolectaron alrededor de **100 kg de residuos orgánicos frescos** que fueron almacenados en fundas para ser transportados con seguridad, dicha cantidad de residuos fue pesada en las propias instalaciones del mercado. Se pudo corroborar que la mayor parte de los residuos recolectados eran vegetales, legumbres y hortalizas, con un porcentaje menor de frutas, concordando con los resultados obtenidos por Brito et al., en el 2016.

4.5. Preparación de los residuos orgánicos para el proceso

Aunque en el relleno sanitario en ocasiones se omite este proceso, con el objetivo de facilitar el proceso biológico que realizaron los microorganismos encargados de llevar a cabo el proceso de compostaje y también la aireación de los residuos, se procedió a triturar los mismos con ayuda de una picadora de jardinería, con la finalidad de obtener un diámetro de partícula general que sea **menor a 5 cm.**

El método de cuarteo se repitió 5 veces por cada funda de residuos transportada desde el EP-EMMPA hasta la ESPOCH, que fueron 4 en total, para homogeneizar y aleatorizar los resultados de medición de diámetro obtenidos.

Para comprobar que se cumple con dicho parámetro de control en el proceso, una vez realizado el método de cuarteo de los residuos para garantizar la aleatoriedad y representatividad de la muestra medida, se procedió a medir el diámetro de 15 partículas de cada funda, obteniéndose un total de 60 datos de medición. Dichas mediciones se realizaron con un calibrador o comúnmente llamado pie de Rey, para garantizar la exactitud de los datos medidos. Los resultados obtenidos se ven resumidos en la tabla a continuación.

Tabla 2-4: Diámetro de partícula de los residuos a compostar.

# de Funda	peso (lb)	Diámetro (cm)	Promedio
1	52,5	1,68	2,144
		1,755	
		1,455	

		1,655	
		1,57	
		1,925	
		2,56	
		2,755	
		2,195	
		3,2	
		2,595	
		2,185	
		3,295	
		2,335	
		1,005	
		1,1	
		2,955	
		1,39	
		1,89	
		0,815	
		2,005	
		2,335	
2	54	1,325	1,938
		2,665	
		1,9	
		2,245	
		3,085	
		1,55	
		2,72	
		1,09	
		1,595	
		3,915	
		1,31	
		2,12	
		1,625	
		1,38	
		2,245	
3	53,5	1,96	2,080
		1,575	
		2,955	
		2,36	
		2,545	
		1,245	
		1,94	
		2,435	
4	57,5	1,39	2,144

		1,885	
		1,1	
		1,665	
		2,675	
		1,99	
		1,87	
		1,735	
		1,515	
		1,89	
		2,055	
		1,49	
		2,21	
		1,945	
		1,725	
Promedio Diámetro General (cm)		2,077	

Realizado por: Montero y Pombosa, 2023.

Como se puede observar en la tabla anterior, el promedio general del diámetro de los residuos picados fue de 2,077 cm, cumpliendo con el requisito de que las partículas a compostar no deben tener un diámetro superior a 5 cm.

Según los propios trabajadores de la planta de compostaje en el Relleno Sanitario de Porlón, las pilas de compostaje que allí se colocan están compuestas en un 75 % de residuos orgánicos provenientes del mercado mayorista, y el 25 % restante consta de residuos de poda provenientes de las tareas de mantenimiento de áreas verdes ya sea de la ESPOCH o la propia ciudad. Por lo que, al haber colocado aproximadamente 100 kg de residuos orgánicos de mercado en el equipo, se procedió a aumentar aproximadamente 25 kg de residuos de poda al proceso de compostaje.

4.6. Medición del volumen generado de biol a partir del proceso de compostaje

Una vez finalizada la fase termofílica del proceso de compostaje, aproximadamente a los 60 días de iniciado el proceso, se procedió a recolectar el biol producido en un recipiente de plástico, y posteriormente fue medida la cantidad del mismo con ayuda de botellas de 10 L de capacidad. En total se obtuvo un volumen de **76,7 L de biol** a partir de **100 kg de residuos orgánicos de mercado y 25 kg de residuos de poda**.

A partir de este resultado se calculó el porcentaje de humedad de la composición con la que se elaboró el compost, valor que posteriormente fue corroborado con análisis de

laboratorio usando una balanza de humedad, y la determinación experimental de la tasa de producción de biol. Teniendo en cuenta que el valor de la densidad del biol a temperatura ambiente determinada en laboratorio fue de aproximadamente **1,06435 g/mL**, se determinó el porcentaje de humedad de los residuos de acuerdo a la **ecuación 1-3 y 2-3**:

$$\% \text{ Humedad} = \frac{\left(76,7 \text{ L biol} * \frac{1,06435 \text{ kg}}{\text{L}}\right)}{125 \text{ kg}} * 100\%$$

$$\% \text{ Humedad} = 65,30 \%$$

Se obtuvo un resultado de humedad de aproximadamente el **65 %** en la mezcla de residuos orgánicos de mercado con residuos de poda a través del compostaje de los mismos en el equipo tipo tambor rotatorio. Resultado que sería verificado con los obtenidos más adelante mediante otros métodos.

4.7. Determinación de la tasa de producción de biol de los residuos

Una vez determinado experimentalmente los datos del volumen generado de biol diariamente y acumulado, se procedió a determinar el % de humedad perdida por día aplicando las **ecuaciones 1-3 y 2-3**, por ejemplo, en el día 8 una vez colocado el equipo improvisado de lixiviación (Observar **gráfico 1-3**), y aumentando el 30 % debido a la diferencia de temperatura con el proceso de compostaje de Porlón, en la unidad número 1 se recogieron **254,5 mL de biol**, conociendo que la densidad de esta sustancia es **1,06435 g/mL**, y que la masa de residuos inicial era de **4 kg**, se calculó:

$$\text{Masa de biol Generado} = 254,5 \text{ mL} * \frac{1,06435 \text{ g}}{\text{mL}} = 270,878 \text{ g biol.}$$

$$\% \text{ Pérdida de Humedad} = \frac{270,878 \text{ g biol}}{4000 \text{ g residuos}} = 6,772\%$$

Con este resultado se puede decir que la unidad 1 el octavo día una vez iniciado el experimento perdió el 6,7 % de su humedad inicial, y dicho % de humedad se traduce en la producción de 254,5 mL de biol.

Después de llevar a cabo la determinación de la generación diaria de biol a partir de los residuos orgánicos de mercado, dichos datos fueron analizados mediante Microsoft Excel y se obtuvo como resultado el gráfico a continuación:

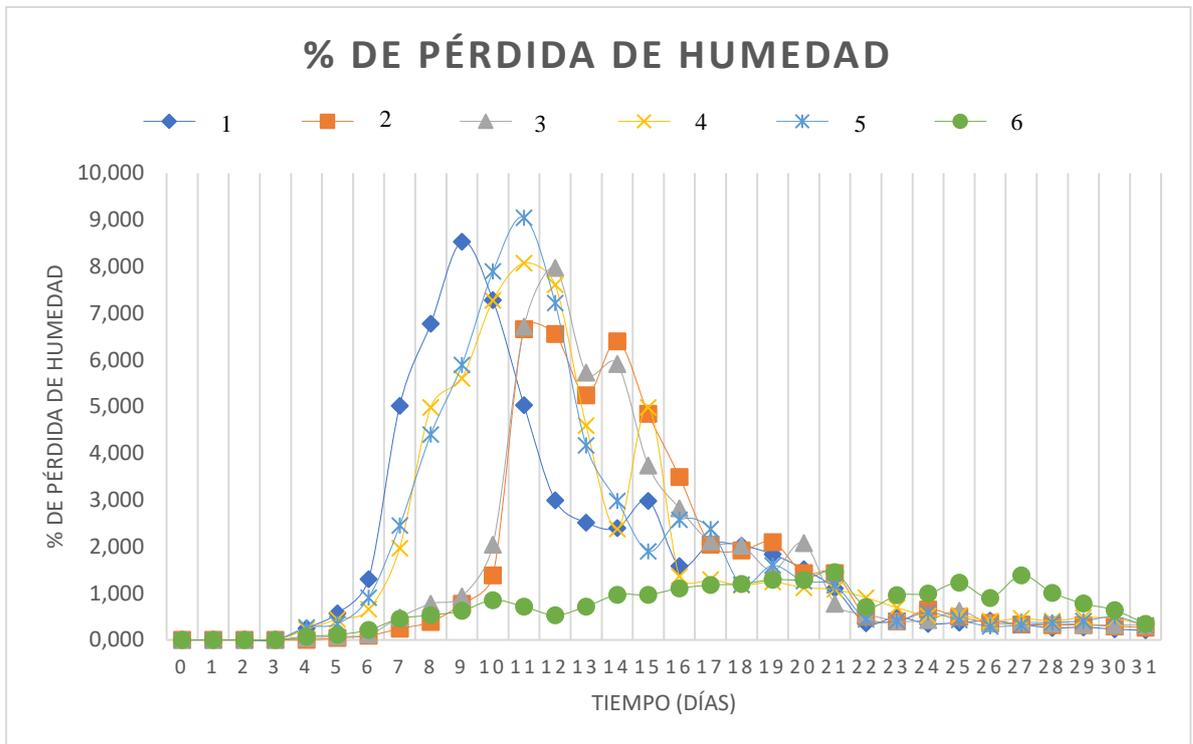


Gráfico 2-4: Pérdida de humedad diaria de los residuos de mercado.

Realizado por: Montero y Pombosa, 2023.

En el **gráfico (2-4)** se puede observar los resultados obtenidos del porcentaje de pérdida de humedad generada a partir de los datos recopilados durante el mes de marzo del 2023. Como se mencionó anteriormente se realizaron 6 unidades de medición, las unidades **1, 4 y 5** tuvieron valores cercanos entre sí, mientras que las unidades **2 y 3** se alejaron de los resultados de las tres anteriores, pero mostraron concordancia entre ellos, sin embargo, la unidad **6** no mostró ninguna correlación con ninguna de las demás unidades, esto puede ser debido a condiciones externas que no fueron analizadas previo a la realización del experimento, como acidez o basicidad elevadas.

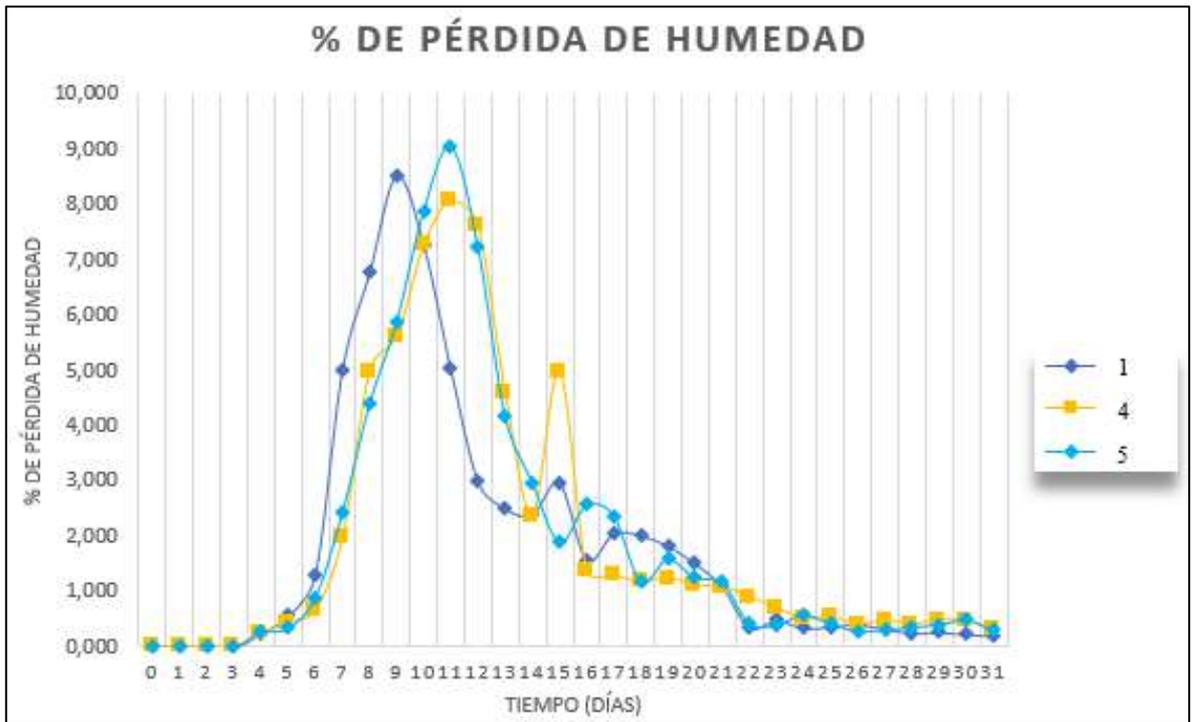


Gráfico 3-4: % Pérdida de humedad (unidades 1,2 y 5).

Realizado por: Montero y Pombosa, 2023.

Los resultados de la pérdida de humedad total o acumulada en el tiempo no son más que el resultado de la sumatoria entre todas las pérdidas presentadas hasta el momento de la toma del dato, y se muestran en el gráfico a continuación:

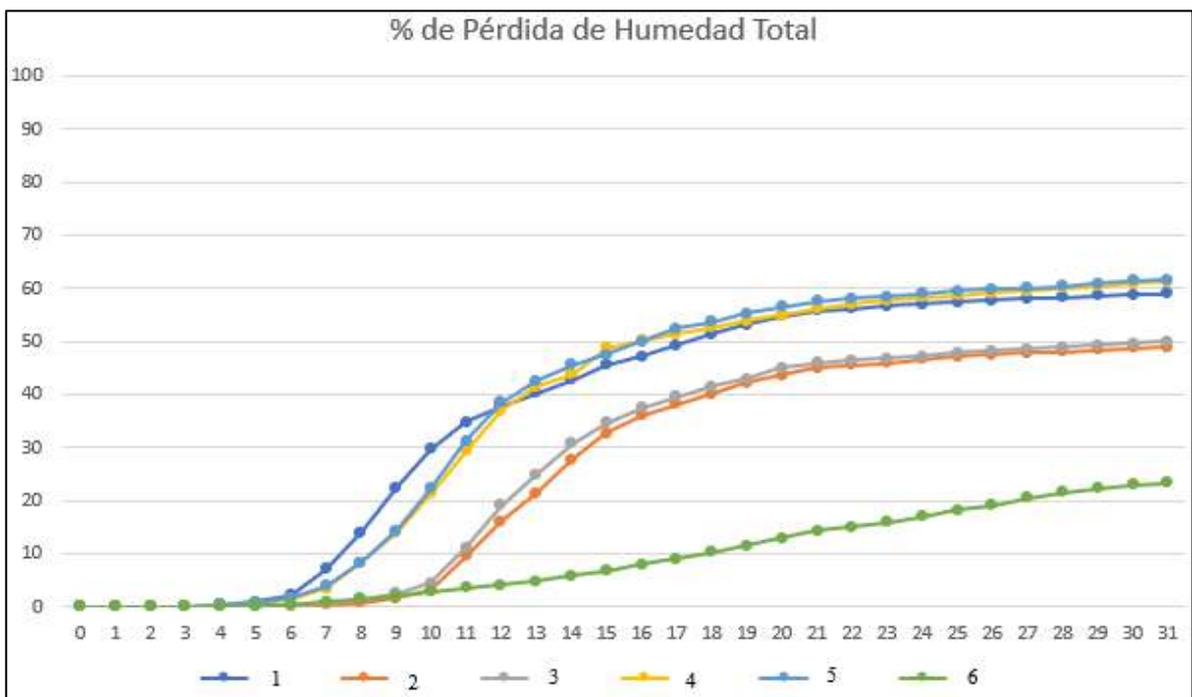


Gráfico 4-4: Pérdida de humedad acumulada de los residuos.

Realizado por: Montero y Pombosa, 2023.

Como se puede observar en el **gráfico 4-4**, 5 de las unidades realizadas perdieron al final del mes de monitoreo más del **50 % de humedad**, sin embargo, la unidad 6 perdió tan solo menos de la mitad de las otras, por esta razón esta última unidad fue descartada para el cálculo de la tasa de producción de biol proyectada y escalada a futuro con la cantidad de residuos llevada a Porlón.

4.8. Recolección de muestras de biol obtenido en estado puro, añadiendo 1 litro de agua y directamente de Porlón

En total se llevó a cabo la elaboración de **9 muestras compuestas** de **150 mL** cada una, 3 correspondientes al biol recolectado del digestor ubicado en la ESPOCH, 3 elaboradas a partir del mismo biol anterior, pero cuando se había cuantificado un aumento de **10 L de agua común** durante el proceso de compostaje y finalmente 3 muestras correspondientes al biol recolectado directamente de los tanques de reserva que contienen el biol obtenido en el compostaje realizado en el relleno sanitario en Porlón. Estas últimas fueron recolectadas con el equipo de seguridad respectivo y la ayuda de los trabajadores del relleno sanitario.

Todas las muestras fueron refrigeradas hasta ser analizadas, y fueron conservadas en frascos herméticamente cerrados de plástico.

4.9. Caracterización físico-química y microbiológica

4.9.1. Sólidos totales

El cálculo de los sólidos totales presentes en las muestras tomadas de biol se realizó en función de la **expresión 1-3**, como ejemplo se muestra a continuación la determinación de sólidos totales para la muestra BP1 con base en los datos obtenidos en el laboratorio:

$$S.T. = \frac{(0,219 \text{ g}) - (0,1945 \text{ g})}{5 \text{ mL de muestra}}$$

$$S.T. = 0,0049 \frac{\text{g S.S.}}{\text{mL muestra}} * \frac{1000 \text{ mg}}{1 \text{ g}} * \frac{1000 \text{ mL}}{1 \text{ L}} = 4900 \text{ ppm S.T.}$$

Este cálculo se realizó de igual manera para cada una de las muestras analizadas, obteniéndose como resultados de concentración de S. S. los datos que se resumen en la tabla a continuación:

Tabla 3-4: Sólidos totales determinados en las muestras.

Muestra	Sólidos Suspendidos (ppm)	Promedio (ppm)
BP_1	4900	2893,33
BP_2	1160	
BP_3	2620	
B_1	880	826,67
B_2	680	
B_3	920	
BH2O_1	620	806,67
BH2O_2	960	
BH2O_3	840	

Realizado por: Montero y Pombosa, 2023.

Como se puede observar en los resultados expuestos en la **tabla 3-4**, el biol obtenido directamente del Porlón fue el que presentó mayor cantidad de sólidos totales, esto puede deberse a que las canaletas por donde circulaba el biol para llegar a los tanques de almacenamiento no se limpiaban constantemente lo que permitía el arrastre de polvo del entorno, así como otros sólidos de gran tamaño que perjudican la calidad del fertilizante líquido.

Por otro lado, en el caso de los bioles obtenidos en la ESPOCH, aunque no se equiparan al biol de Porlón, también se puede evidenciar una presencia considerable de sólidos, esto mediante la observación diaria de los residuos en el equipo tipo tambor, que permanecía la mayor parte del tiempo cerrado pero permitiendo el paso de Oxígeno del exterior, se determinó que se debía a la presencia de sólidos que ya venían de por sí en los residuos previo al compostaje, principalmente tierra, debido a las condiciones en que los comerciantes tienen los vegetales en el EP-EMMPA para su comercialización, así como el método de recolección de los residuos por parte del propio mercado. Por las razones previamente descritas se recomienda lavar los residuos previos el inicio del proceso de compostaje en el Relleno Sanitario y mantener una limpieza constante de los canales de transporte del biol, de esta manera se reducirían:

- Frecuencia de limpieza de las rejillas y cantidad de desechos retirados.
- Frecuencia y rigurosidad de limpieza del tanque de almacenamiento del biol.
- Taponamientos ocasionales de tuberías.
- Cantidad de coagulante utilizado en el sedimentador.
- Frecuencia de limpieza del sedimentador y cantidad de lodos extraídos del mismo.
- Cantidad de lodos a disponer en los lechos de secado, así como tiempos de secado.

4.9.2. % C. Orgánico

Una vez determinado el volumen consumido de titulante (Fe (NH₄) (SO₄)) 0,5 N; en función de la **ecuación 2-3** se llevaron a cabo los siguientes cálculos para obtener tanto el % de M.O. como de C.O. de cada una de las muestras, como ejemplo se muestran los cálculos para la muestra BP_1:

$$\% \text{ M. O.} = 10 * \left(1 - \frac{20,1\text{mL}}{23\text{mL}}\right) * 1,34 * 10$$

El Factor de 10 al final de la ecuación fue agregado debido a que durante la realización del análisis de M.O. se determinó que era necesario realizar una dilución 1:10 de la muestra debido a su muy elevado contenido en Materia Orgánica y Nitratos.

$$\% \text{ M. O.} = 16,896 \%$$

Con base en este resultado se llevó a cabo el cálculo del % de Carbono Orgánico en las muestras de la siguiente manera:

$$\% \text{ C. O.} = \frac{16,896 \%}{1,84} = 9,182 \%$$

Los cálculos presentados anteriormente fueron repetidos para todas las muestras analizadas. Los resultados de los análisis y cálculos realizados se muestran en la tabla a continuación:

Tabla 4-4: % de Materia Orgánica y Carbono Orgánico en las muestras.

Muestra	V titulante	% M.O.	% M.O. promedio	% C.O.	% C.O. promedio
BP_1	20,1	16,896	14,565	9,182	7,916
BP_2	20,4	15,148		8,233	
BP_3	21	11,652		6,333	
B_1	18,8	24,470	22,722	13,299	12,349
B_2	18,9	23,887		12,982	
B_3	19,6	19,809		10,766	
BH2O_1	19,8	18,643	20,391	10,132	11,082
BH2O_2	19,3	21,557		11,716	
BH2O_3	19,4	20,974		11,399	

Realizado por: Montero y Pombosa, 2023.

Como se puede observar en los resultados expuestos en la **tabla 4-4**, a diferencia de lo esperado, el biol obtenido directamente de Porlón presentó un porcentaje tanto de M.O. y C.O. menor al obtenido en la ESPOCH, esto a pesar de que en el relleno sanitario llega una mayor cantidad de residuos y el proceso de compostaje llevado a cabo allí tiene controles más rigurosos de temperatura, pH y humedad, lo que debería traducirse en una mejor calidad del biol, es decir, en un mayor porcentaje de materia orgánica.

Este resultado se debe principalmente a la dilución del biol producido por el agua de lluvia, ya que el sistema de recolección de lixiviados del proceso de compostaje en Porlón se encuentra completamente al descubierto, y el biol del que se recolectó las muestras según los propios trabajadores del relleno llevaba aproximadamente 6 meses en stock dentro de los tanques de almacenamiento, lo que implica que dicho biol ha recibido una dilución considerable debido al agua de lluvia que llega desde los canales abiertos.

4.9.3. Relación C/N

El cálculo de este parámetro se realizó mediante la **ecuación 6-3**, por ejemplo, para la muestra BP_1 se determinó de la siguiente manera:

$$\frac{C}{N} = \frac{9,182\%}{0,09\%} = 102,27$$

Los resultados obtenidos para todas las muestras se indican en la tabla a continuación:

Tabla 5-4: Relación C/N de las muestras.

Muestra	C/N	Promedio
BP1	51,013	43,142
BP2	41,163	
BP3	37,251	
BD1	37,996	37,355
BD2	38,182	
BD3	35,885	
BH2O1	31,664	35,860
BH2O2	36,611	
BH2O3	39,306	

Realizado por: Montero y Pombosa, 2023.

Como se muestra en la **tabla 5-4**, la relación C/N en todas las muestras resultó ser demasiado alta, teniendo en consideración que el Manual Técnico difundido por el Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador indica que el valor idóneo debe ser menor a 30/1.

Por otro lado, el biol obtenido en la ESPOCH presentó mayor concentración de N y por lo tanto, una relación C/N más cercana al límite establecido.

Este último resultado puede deberse a dos factores el primero puede ser a la ausencia de sustratos en el compostaje que brinden una cantidad considerable de Nitrógeno al biol, puesto que como se indicó anteriormente el compostaje se realiza únicamente con residuos de mercado y de poda, y si bien estos últimos brindan cierta cantidad de este nutriente al fertilizante, según los análisis realizados, no son suficientes para que el fertilizante cumpla la normativa establecida. El otro factor que determine este problema puede ser debido a que no existe la lixiviación adecuada de este nutriente desde los residuos compostados hacia el biol generado, por factores como la temperatura, diámetro de partícula de los residuos compostados, el pH, humedad, adición de agua, etc.

Lo razón más probable de este problema es la diferencia de diámetro de partícula de los residuos entre el compostaje realizado en Porlón y el realizado en la ESPOCH, puesto que a lo residuos de Porlón no se les tritura previo ser compostados, por lo que la superficie de contacto de estos últimos es menor, reduciendo la eficiencia de trabajo de los microorganismos y la extracción de Nitrógeno.

4.9.4. Densidad

Los cálculos realizados para determinar la densidad (ρ) del biol de las diferentes muestras se indican a continuación para la muestra BP_1:

$$\rho_{Biol} = \frac{M. \text{muestra y picnómetro} - M. \text{picnómetro vacío}}{\text{Volumen del Picnómetro}}$$
$$\rho_{Biol} = \frac{26,6696g - 16,0757g}{15 \text{ mL}} = 1,05939g/mL$$

Los resultados obtenidos para todas las muestras analizadas se muestran en la tabla a continuación:

Tabla 6-4: Densidad de las muestras.

Muestra	Muestra en el picnómetro	Densidad	Densidad Promedio
BP1	26,6696	1,05939	1,06435
BP2	26,7557	1,068	
BP3	26,7323	1,06566	
BD1	26,7568	1,06811	1,07062
BD2	26,7615	1,06858	
BD3	26,8274	1,07517	
BH2O1	26,8428	1,07671	1,07062
BH2O2	26,7908	1,07151	
BH2O3	26,7122	1,06365	

Realizado por: Montero y Pombosa, 2023.

En cuanto a lo que se refiere a la densidad del biol, todas las muestras tuvieron resultados similares, con valores muy cercanos a la densidad del agua.

4.10. Comparación de las características del biol analizado con manuales técnicos

Para realizar la comparación de los resultados obtenidos de laboratorio con los establecidos en el manual Técnico, se utilizó el promedio calculado entre los tres resultados obtenidos para cada tipo de muestra, como se muestra en la tabla a continuación:

Tabla 7-4: Resultados análisis del biol vs exigencias del manual técnico.

Característica	Límite establecido en el Manual Técnico	ESPOCH (B)	ESPOCH + 10L H2O (BH2O)	Porlón (BP)	Unidades
pH	≥ 5,0	7,77	7,83	7,4	Unidades de pH
Conductividad Eléctrica	≥ 0,4	1,639	1,661	1,917	S/m
Sólidos Totales	—	827	806	2893	ppm
Densidad	—	1,07	1,07	1,06	g/mL
Macronutrientes					
N	≥ 1	0,33	0,31	0,18	% N Total
P	≥ 1	0,11	0,10	0,05	% P ₂ O ₅
K	≥ 1	0,16	0,14	0,08	% K ₂ O
C Orgánico	—	12,349	11,082	7,916	%
Materia Orgánica	≥ 20	22,722	20,391	14,565	%
Microorganismos Patógenos					

<i>Salmonella sp</i>	Ausencia en 25 mL de muestra	0	0	13 * 10 ⁻¹	UFC/mL
<i>E. coli</i>	≤ 1000	410	350	1300	UFC/mL
Metales Pesados					
Arsénico (As)	≤ 40	0,0231	0,0215	0,0173	mg/L o ppm
Cadmio (Cd)	≤ 1,5	—	—	—	mg/L o ppm
Cobalto (Co)	≤ 200	0,0935	0,0932	0,0754	mg/L o ppm
Mercurio (Hg)	≤ 1	0,0051	0,0073	0,0093	mg/L o ppm
Plomo (Pb)	≤ 120	0,0116	0,0129	0,0024	mg/L o ppm

Realizado por: Montero y Pombosa, 2023.

Fuente: Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2020: p.33-34.

Como se puede observar en la **tabla 7-4**, todas los bioles analizados cumplen con la normativa en cuanto al **pH**, todos se encuentran cercanos a la neutralidad por lo que al ser aplicados no acidificaran o basificaran el suelo, igualmente sucede con la **conductividad eléctrica** que resultó ser mucho mayor a lo que sugiere el manual, indicando que el fertilizante contiene una cantidad adecuada de sales y minerales disueltos para proporcionar los nutrientes necesarios para las plantas. También indica que la solución del fertilizante es capaz de transportar los nutrientes hacia las raíces de las plantas.

Existe una cantidad elevada de **Sólidos Totales** en todos los bioles, pero aún más en el producido en Porlón, esto debido al arrastre de material sólido indeseable como tierra y cenizas al transportar el biol por los canales, esta concentración de sólidos debe ser reducida a pesar de que en el manual no hay especificaciones de límites respecto a ellos, esto debido a que una elevada concentración de sólidos en el biol afecta a la presentación del producto final, así como a su aplicación en el suelo y al proceso de envasado del mismo, además puede ocasionar daños en la propia estructura del sistema de tratamiento, tanto a corto como a largo plazo.

La **Densidad** del biol fue similar para todos, siendo cercano al valor de la densidad del agua a temperatura ambiente que es alrededor de 1 g/mL.

En cuanto a los **Macronutrientes (N, P y K)**, su concentración en todos los bioles se encuentra muy por debajo del límite permisible, esto debido a que no existió una correcta lixiviación de los mismos, se cree que esto se puede deber principalmente a condiciones propias del proceso de compostaje, como el pH, la elevada temperatura, la humedad, adición de agua dura, etc.

El **% de Materia Orgánica** se encuentra por encima del límite mínimo establecido en el caso de los bioles producidos en la ESPOCH, a diferencia del obtenido en Porlón que se encuentra un poco por debajo. Esto puede deberse a la excesiva dilución sufrida por las lluvias que caen en los

canales abiertos descubiertos del relleno sanitario. Como el **% de Carbono Orgánico** dependió de la Materia Orgánica, el análisis es exactamente el mismo.

Hablando de los **Microorganismos Patógenos** en el biol, los dos bioles producidos en la ESPOCH no presentaron problemas y estuvieron por debajo del límite establecido para *E. coli*, y no se detectó presencia de *Salmonella sp* en ninguno. Pero en el caso del biol muestreado en Porlón, sí se presentó *Salmonella sp* mientras que *E. coli* igualmente superó el límite máximo permisible. Sin embargo, de este problema tratarse de algo común en el biol generado a partir del compostaje de residuos de mercado, se hubiera presentado en todos los tipos de biol analizados, pero no lo hizo, por esta razón se asoció mayormente al hecho de que el biol estuviera en stock por 6 meses. Por lo que dicha contaminación puede haberse dado bien por una fuente externa que llevó el patógeno hasta el fertilizante, como algún animal, o que durante alguno de los procesos de compostaje realizados haya existido la presencia de *Salmonella sp* de manera latente y en cantidades inferiores a las detectables, pero al estar compuesto el biol por gran cantidad de materia orgánica y tener una humedad elevada al estar en estado líquido, los patógenos pudieron multiplicarse a lo largo del tiempo.

En cuanto a los **metales pesados**, todos los bioles presentaron una concentración extremadamente baja de los 5 metales analizados, incluso hubo ausencia de Cd en todos. Esto indica que la toxicidad del biol tanto para seres humanos como para plantas es nula. También permite afirmar que la aplicación de este biol no afectará a la salud del recurso suelo donde se aplique.

4.11. Selección y elaboración del diseño más adecuado para la recuperación del biol producido

4.11.1. Proyección poblacional

Se realizó la proyección poblacional del cantón Riobamba a **25 años** en el futuro, con una tasa de crecimiento poblacional del **1,5 % anual** y los resultados fueron los siguientes:

4.11.1.1. Método de crecimiento exponencial

Al reemplazar valores en la **ecuación (1-2)** se obtiene el siguiente resultado:

$$P_{2048} = 225741 \text{ hab.} * e^{(0,015*38)}$$
$$P_{2048} = 399170 \text{ hab.}$$

4.11.1.2. Método de crecimiento geométrico

Reemplazando datos en la **ecuación (2-2)** se obtuvo:

$$P_{2048} = 225741 \text{ hab.} * (1 + 0,015)^{38}$$
$$P_{2048} = 397484 \text{ hab.}$$

4.11.1.3. Método de crecimiento aritmético

El valor calculado del factor de crecimiento aritmético fue determinado en función de la **ecuación (4-2)**:

$$r = \frac{225741 - 193315 \text{ hab.}}{2010 - 2001}$$
$$r = 3602,89$$

El resultado del cálculo de la proyección poblacional aritmética en concordancia con la ecuación (3-2) fue:

$$P_{2048} = 225741 \text{ hab.} + (3602,89 * (38))$$
$$P_{2048} = 362651 \text{ hab.}$$

4.11.2. Determinación del volumen de biol a tratar

Utilizando la balanza de humedad igualmente se obtuvo un resultado de % de humedad de la mezcla de residuos a compostar. A continuación, se muestran los resultados del % de humedad de la mezcla de residuos obtenido por diferentes métodos:

Tabla 8-4: % de humedad de los residuos determinado con diferentes métodos.

Método de Determinación	Equipo utilizado	% de Humedad
Experimental	Compostador tipo tambor rotatorio	65,300 %
Experimental	Equipo Improvisado de Lixiviación	60,658 %
Analítico (Laboratorio)	Balanza de Humedad	73,721 %

Realizado por: Montero y Pombosa, 2023.

El % de humedad utilizado para el diseño del sistema de tratamiento fue el determinado mediante el equipo improvisado de determinación de lixiviación de residuos.

Para determinar el volumen de biol a tratar se tuvo en consideración la cantidad de residuos que recibe el relleno sanitario para compostaje en una semana, como se obtuvo el resultado de que a la plataforma de compostaje de Porlón se llevan aproximadamente **3 toneladas de residuos los días martes y viernes**, se utilizó como dato para relacionar con la proyección poblacional que se van a compostar **9 toneladas de residuos orgánicos y 3 toneladas de residuos de poda**, teniendo en consideración el factor de relación de **75/25 % de residuos de mercado/residuos de poda**, dando como total una cantidad de residuos a compostar de **12 toneladas recolectadas a lo largo de una semana**.

Se realizaron los mismos cálculos detallados en la proyección poblacional de este trabajo, pero esta vez para obtener el dato de la **población del 2023**, puesto que no hay un censo actual que brinde información de cuál es la población del cantón Riobamba al momento de realizado este trabajo, y al igual que con las proyecciones realizadas para el año 2048, se obtuvo el valor de la población promedio en base a los tres métodos aplicados, con el cual se trabajó para realizar el diseño del sistema de tratamiento.

Con los resultados de la proyección poblacional para el año 2023 y 2048 que se obtuvieron previamente se hizo uso de la **ecuación 7-3**, obteniéndose el siguiente resultado:

$$R_{agr} = \frac{386.435 \text{ hab.}}{273.624 \text{ hab.}}$$
$$R_{agr} = 1,4123$$

Según Brito, et al en el 2016, la etapa termofílica durante la realización del compostaje de residuos del mercado mayorista de Riobamba puede durar 84 días, sin embargo, donde **se alcanzaron las mayores temperaturas fue del día 7 al 21 una vez iniciado el proceso de obtención de compost**, en este período de tiempo es donde se aplicó el factor de aumento de generación de lixiviados debido a la mayor temperatura de la pila de compostaje con respecto al experimento realizado a temperatura ambiente, que fue del 30 %.

Primeramente, se determinó la cantidad de residuos que serán destinados a ser compostados en el relleno sanitario de Porlón en el año 2048, para esto se hizo uso del factor de relación de aumento de generación de residuos en el EP-EMMPA calculado previamente conforme la **ecuación 8-3**.

$$Cant. Residuos_{2048} = 1,4123 * 12 \text{ ton.}$$
$$Cant. Residuos_{2048} = 16,95 \text{ ton.}$$

Se determinó que en el año 2048 si se mantiene la tendencia actual, se realizará el compostaje de aproximadamente **17 ton de residuos** en total, incluyendo **12,7 ton. de residuos de mercado** y **4,24 ton. de residuos de poda**.

El volumen de biol generado a partir del proceso de compostaje realizado con los residuos a llegar al Porlón en el año 2048 se realizó con la **ecuación 9-3**, por ejemplo, a continuación, se presentan los cálculos realizados para el octavo día una vez iniciado el proceso:

$$\text{Vol. Biol Genrado} = \frac{6,772 + 4,985 + 4,399}{3 * 100} * 16.950 \text{ kg} * \frac{L}{1,06 \text{ kg}}$$
$$\text{Vol. Biol Genrado} = \mathbf{861,14 L}$$

El volumen de biol acumulado a lo largo del tiempo no es más que el resultado de la sumatoria del biol generado en el presente con el biol generado hasta ese momento. Siguiendo esta premisa se obtuvo como resultado que **al final de los primeros 31 días del proceso de compostaje se habrán obtenido aproximadamente 9,66 m³ de biol**. Esta cantidad fue dividida en **3 batches** para poder diseñar los tanques de recepción y almacenamiento del biol en función del volumen y no del caudal.

En el **primer batch** que va del día 0 al día 10, se calculó que se deberían obtener aproximadamente 3,88 m³ de biol, mientras que en el **segundo batch** que va desde el día 11 hasta el 16, se deberían obtener 3,90 m³ de biol, y finalmente a lo largo de los **15 días restantes**, se deberían generar aproximadamente 1,83 m³ de biol. Aunque esta última cantidad de biol parezca pequeña con referencia a las demás, para este punto ya deberían haber llegado nuevos residuos a la plataforma de compostaje, y debería estar en el punto de mayor generación de lixiviados, por lo que esta deficiencia se verá llenada con el flujo de biol de estos residuos.

4.11.3. Canal de transporte

Debido a los resultados de las dimensiones necesarias para transportar el mayor caudal calculado de biol en este trabajo, que fueron de menos de 1 cm, se consideró inviable la realización del diseño con estas medidas.

Por lo que el canal de transporte que lleve el caudal hasta el sistema de tratamiento tuvo en el diseño realizado las mismas dimensiones que los canales ya existentes en la plataforma de compostaje en Porlón, que eran de 30 cm de ancho por 45 cm de alto, en las secciones del diseño donde el caudal se divide en dos, el tamaño del canal se redujo a 15 cm de ancho por 25 cm de

alto, para ahorrar costos en la construcción, así como facilitar las labores de mantenimiento de los trabajadores.

4.11.4. *Rejillas*

Una vez determinado el caudal (Q) de flujo del biol de 1.18m³/día o 1.3605*10⁻⁵ m³/s, se asumió una velocidad de flujo intermedia conforme a lo establecido en el INEN de 0,3m/s y a continuación se hizo uso de la ecuación de continuidad (6-2) que al despejar el área nos dio como resultado la ecuación (7-2):

$$A = \frac{1.3605 * 10^{-5} m^3/s}{0.3 m/s} = 4,5351 * 10^{-5} m^2$$

Se hizo uso de la ecuación (10-3), por su geometría cuadrangular y se asume que b=h por ende se despeja de la ecuación (11-3) la base dando como resultado la ecuación (12-3) y reemplazando valores nos queda de la siguiente manera:

$$b = \sqrt{4,5351 * 10^{-5} m}$$

$$b = 0.0067 m$$

$$h = 0.0067 m$$

Teniendo en cuenta que los resultados son demasiado bajos y no justifica la construcción de un canal se optó por utilizar las medidas de los canales laterales previamente existentes en Porlón cuyas medidas fueron b=0,3m y h=0,45m, incluyendo en esta última medida la altura de seguridad.

Para determinar la pendiente del sistema se parte de la ecuación de Manning (5-2), donde n es la rugosidad del material de construcción, es este caso se usará hormigón ordinario con un valor de 0,15 según la **tabla (3-2)**.

De la ecuación principal se despeja la pendiente como se lo observa en la ecuación (8-2) y se asume una velocidad de 0,3 m/s:

$$S = \left(\frac{0.3 * 0,021}{(2 * 0.45 + 0.3)^{\frac{2}{3}}} \right)^2$$

$$S = 3,11 * 10^{-5} m/m$$

$$S = 0,003 \%$$

Para el cálculo de los parámetros de barrotes o rejillas se tomará en cuenta la tabla (4-2) por ende se instalará rejillas de limpieza manual con un ángulo de inclinación de 60°, espesor de rejillas

(e) de 0,020m o 2,0cm, separación entre barras de(s) 0,015m o 1,5cm y finalmente según su geometría cuadrangular se hará uso de la tabla (5-2) donde nos da a conocer el coeficiente de pérdida de carga (β) de 1,79

Para calcular el número de barrotes (N) se parte de la ecuación (9-2):

$$N = \left(\frac{0,3m}{0,015m + 0,020m} \right) = 8,57142857$$

Cabe mencionar que no se puede poner fracciones de barrotes por ende será N= 8, después se realiza el cálculo de la longitud horizontal de la varilla (L) con ayuda de la ecuación (11-2) y (13-3)

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \theta \text{ es} &= \operatorname{tg}(60^\circ) = 1,7320508 \\ L &= \frac{0,45}{1,7320508} = 0,26m \end{aligned}$$

Para el cálculo de la longitud inclinada o real del barrote o rejilla (l) igualmente se aplica trigonometría para poder determinar (l) a partir de la ecuación (13-2) y (14-3)

$$\begin{aligned} \operatorname{cos} \theta \text{ es} &= \operatorname{cos}(60^\circ) = 0,5 \\ l &= \frac{0,26}{0,5} = 0,52m \end{aligned}$$

Después seguimos con el cálculo de la longitud de la bandeja para retención de sólidos cabe mencionar que no existe exactamente un cálculo para poder determinar esta longitud, se considera que debe ser entre el 50 y 30 % de L por ende asumimos el 50%.

$$Lon, Ban. = 0,5 * 0,26 = 0,1299m$$

Con fines de construcción la longitud de bandeja será 0,15m y su material es de metal con 6cm de espesor. Finalmente se calculará la pérdida de carga mediante la ecuación (10-2) donde β es el factor dependiente de la forma de las barras, por tanto, $\beta = 1,79$ debido a su forma circular de acuerdo a la tabla (5-2) y a su vez se usa la ecuación (12-2).

$$\begin{aligned} \operatorname{sen} \theta \text{ es} &= \operatorname{sen}(60^\circ) = 0,866 \\ h &= 1,79 * \left(\frac{1,5}{2} \right)^{\frac{4}{3}} * \frac{0,3^2}{2 * 9,81} * \operatorname{sen} 60 \\ h &= 0,00485m \end{aligned}$$

En conclusión, podemos decir que h es menor a 14cm esto quiere decir que el diseño es correcto.

Tabla 9-4: Dimensiones calculadas para el sistema de rejillas.

Dimensión/Componente	Medida de diseño
Caudal de diseño (Q)	$1,3605 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$
Velocidad	0,3m/s
Área (m ²)	$4,5351 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2$
Ancho del canal (B)	0,30m
Altura total (H)	0,45m
Pendiente	0,1587998%
Separación entre barras (s)	0,015m
Espesor de rejillas (e)	0,020m
Número de barrotes	8
Longitud horizontal de la varilla (L)	0,26m
Longitud inclinada o real del barrote o rejilla (l)	0,5196m
Ángulo de inclinación(Θ)	60°
Longitud de la bandeja para retención de sólidos	0,15m
Pérdida de carga	0,00485m

Realizado por: Montero y Pombosa, 2023.

4.11.5. *Tanque de recepción*

Para el diseño del tanque de recepción se realizará en 3 batch con un volumen de biol total de 9658,40L, es decir que aproximadamente cada batch tiene 4 m^3 incluyendo un margen de seguridad.

Por ende, se hará uso de la ecuación (15-3) porque se estableció una relación largo/ancho (L/a) del tanque de recepción de 2:1.

Por geometría el volumen de un rectángulo es numéricamente igual a el producto entre el área superficial del mismo y su altura (h), valor el cual fue asumido en función de las condiciones del área superficial de construcción como lo indica la ecuación (16-3) dando como resultado:

$$As = \frac{4\text{m}^3}{1,5\text{m}} = 2,7\text{m}^2$$

Para determinar el valor del ancho se reemplaza la ecuación (15-3) en (17-3), y se obtiene la siguiente formula (18-3) dando resultado la ecuación (19-3).

$$a = \sqrt{\frac{2,7m^2}{2}} = 1,15m$$

Después de encontrar el valor del ancho del canal, este valor se reemplazó en la ecuación (15-3), obteniendo el valor del largo del mismo (**L**).

$$L = 2 * 1,15 = 2,31m$$

Se diseño 2 tanques debido a las elevadas dimensiones obtenidas como resultado de los cálculos por ende tanto el volumen, largo, ancho, altura y área se dividieron para los 2 tanques en cuestión dando como resultado los siguientes datos:

Tabla 10-4: Dimensiones calculadas para los tanques de recepción y almacenamiento.

Volumen (v)	$4/2 = 2m^3$	2000L
Área (A)	$2,7/2 = 1,33m^2$	133.33cm ²
Largo (L)	$2,31/2 = 1,15m$	115.47cm
Ancho (a)	$1,15/2 = 0,58m$	57.74cm
Altura (h)	$1,5/2 = 0,75m$	75.00cm

Realizado por: Montero y Pombosa, 2023.

Y se asumió una altura de seguridad de 0,1m

Para calcular el caudal de flujo se estableció la ecuación (6-2) por ende se asumió un caudal y una velocidad de salida del biol con la que se pueda trabajar:

$$Q = \frac{15l}{s} = 0,015m^3/s$$

$$v = 6m/s$$

El área obtenida será el de la tubería a colocar para el paso del biol hacia el canal parshall con la ecuación (7-2).

$$A = \frac{0,015m^3/s}{6m/s} = 0,0025m^2$$

Una vez que se calculó el área transversal por la cual el biol va salir del tanque, se hizo uso de la ecuación (15-2) para calcular el diámetro interno de la tubería a instalar.

$$D = \sqrt{\frac{4 * 0,0025}{\pi}} = 0,0564m \text{ ó } 5,64cm$$

Finalmente, para determinar el tiempo aproximado de vaciado del tanque diseñado, se utilizó la ecuación (16-2) donde se despeja el tiempo de vaciado quedando de esa manera la ecuación (17-2):

$$Tv = \frac{2m^3}{0,015m^3/s} = 133,333s \text{ ó } 2,22min$$

Tabla 11-4: Especificaciones calculadas para los tanques de recepción y almacenamiento.

Dimensión/Componente	Medida de diseño
Batches	3
Volumen total	9658,40L
Volumen de Biol a almacenar por batch Seguridad	4m ³
Profundidad (h)	0,75m
Área (A)	1,33 m ²
Largo (L)	1,15m
Ancho (a)	0,6m
Altura se seguridad (hs)	0,1 m
Tiempo de vaciado del tanque (Tv)	2,22 minutos

Realizado por: Montero y Pombosa, 2023

4.11.6. Canal Parshall

Para este diseño se toma en cuenta que el tanque fue acoplado para brindar un caudal de biol suficiente para la aplicación de una canaleta Parshall. Por ende, con ese valor de caudal de flujo se determinó el diseño estandarizado de canaleta óptimo para utilizar en concordancia con la tabla (6-2), dándonos un valor de ancho de garganta requerido (W) de 0,051m o 5,1cm. Por lo cual se trabajó con un caudal de 0,015m³/s o 15l/s.

Para este diseño se toma a consideración la fórmula (19-2) con ayuda de la tabla (7-2) donde nos indica los coeficientes constantes dependientes de las dimensiones del canal.

$$Ha = \left(\frac{\frac{15l}{s}}{0,002702} \right)^{\frac{1}{1,55}}$$

$$Ha = 260,5mm \text{ o } 26,05cm \text{ o } 0,2605m$$

Cabe recalcar que esta altura calculada debe ser menor a la altura del propio canal Parshall en la sección previa al resalto hidráulico, para que el flujo no se desborde por lo cual se hace uso del Anexo “A” que está interpretada como letra “E” con un valor de 35,6cm por ende se puede decir que:

$$Ha < E$$

El ancho del canal después de la entrada en la sección de medición se representa con (D''), este cálculo se lleva a cabo mediante la ecuación (20-2). Cabe destacar que el valor de (D) salió de la tabla del Anexo “A” que es de 21,4cm o 0,214m.

$$D'' = \frac{2}{3} * (0,214m - 0,051m) + 0,051m = 0,1596667m$$

Despejando el valor de la velocidad de la ecuación de continuidad (6-2), y conociendo que el área de la sección de medición es igual al producto entre **D''** y **Ha**; se obtiene la siguiente expresión (21-2).

$$v_0 = \frac{0,015}{0,1596667 * 0,2605} = 0,3607m/s$$

Para el cálculo del caudal específico lo realizamos mediante la ecuación (22-2).

$$q = \frac{0,015}{0,051} = 0,2941m^3/s * m$$

Cálculo de la Carga hidráulica disponible (Eo) en la sección de la garganta se calcula a partir de la ecuación (23-2) y (24-1). Cabe mencionar que el valor de N se encuentra en la tabla del Anexo “A” que es de 4,3cm o 0,043m.

$$Eo = \frac{0,3607^2}{2 * 9,81} + (0,2605 + 0,043) = 0,3101m$$

El cálculo de la velocidad antes del resalto hidráulico (**v1**) se realiza mediante la ecuación (25-2) y (20-3).

$$v1 = 2 * \sqrt{\frac{2}{3} * 9,81 * 0,3101 * 0,51257} = 1,4599m/s$$

$$\cos\beta = \frac{-0,2941 * 9,81}{\left(\frac{2}{3} * 9,81 * 0,3101\right)^{1,5}} = -0,9990$$

$$\beta = 177,49352$$

$$\cos\left(\frac{\beta}{3}\right) = 0,51257$$

El cálculo de la altura antes del resalto hidráulico (**h1**), se calcula mediante la siguiente ecuación (26-2).

$$h1 = \frac{0,2941}{1,4599} = 0,2015m \text{ o } 20,15cm$$

Después realizamos el cálculo de la sumergencia con la ecuación (21-3).

$$S = \frac{0,2015}{0,2605} * 100 = 77,3494\%$$

El Número de Froude antes del resalto hidráulico (N_{Fr1}) se determina mediante la siguiente ecuación (27-2).

$$N_{Fr1} = \frac{1,4599}{\sqrt{9,81 * 0,2015}} = 1,0384 \text{ es decir es supercrítico}$$

La altura del fluido en el resalto hidráulico (**h2**) se calcula con la siguiente expresión (28-2).

$$h2 = \frac{0,2015}{2} * \left(\sqrt{1 + 8 * 1,0384^2} - 1\right) = 0,2118m \text{ o } 21,181cm$$

Para llevar a cabo el cálculo de la velocidad en el resalto hidráulico (**v2**), se parte de la ecuación (29-2).

$$v2 = \frac{0,015}{0,051 * 0,2118} = 1,38856m/s$$

Para calcular la altura útil en la sección de salida de la canaleta (**h3**) se hace uso de la siguiente ecuación (30-2). Cabe mencionar que tanto el valor de N y K se encuentran en la tabla del Anexo "A".

$$h3 = 0,2118 - (0,043 - 0,022) = 0,1908m \text{ o } 19,08cm$$

Para realizar el cálculo de la velocidad de flujo en la sección de salida (**v3**) se debe utilizar la siguiente fórmula (31-2).

$$v_3 = \frac{0,015}{0,135 * 0,1908} = 0,5823m/s$$

La pérdida de energía o de carga (**hp**) se calcula mediante la siguiente ecuación (32-2).

$$hp = 0,2605 + 0,022 - 0,1908 = 0,0916m$$

Para los cálculos de la mezcla de compuestos químicos se hará uso de la ecuación (33-2).

$$T = \frac{2 * 0,254}{1,38856 + 0,5823} = 0,25776s$$

El cálculo del gradiente de velocidad para mezclas químicas hacemos uso de la ecuación (34-2). Por ende, debemos tener en cuenta la temperatura de 15°C, una densidad de 1064,35kg/m³ y una viscosidad de 4,7631389cP o también puede ser 0,0047631Pa*s.

$$Gr = \sqrt{\frac{1064,35 * 9,81}{0,0047631}} * \sqrt{\frac{0,0916}{0,25776}} = 882,8545s^{-1}$$

Gr=debe estar entre 700–1300 s⁻¹ entonces *si cumple*

El tiempo de retención Hidráulica (**trh**) se calculó en función de las velocidades determinadas en cada uno de los puntos del canal, y la longitud real de las mismas mediante la ecuación (22-3) y (23-3). Por lo cual se hará uso de la tabla del Anexo “A” donde nos indican los valores tanto de B, F, X, F+X y N que se necesitaran para remplazar en las ecuaciones posteriores.

Para calcular la longitud inclinada que recorre el biol con la **v1**, se determinó primeramente el ángulo de inclinación de la sección mediante la función tangente de la ecuación (11-2) y (24-3).

$$\tan\theta = \frac{4,3}{13} = 0,3307692$$

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{4,3}{13}\right) = 18,302633^\circ$$

El valor de la longitud de esta sección inclinada fue representado con (F'') se obtuvo aplicando la función seno de la ecuación (12-2) y usando la ecuación (25-3).

$$\text{sen}\theta = \text{sen}(18,302633) = 0,314$$

$$F'' = \frac{4,3}{0,314} = 13,7cm \text{ o } 0,1369427m$$

También se calculó la longitud inclinada que recorre el biol con la v_2 , representada con la letra G'' después del resalto hidráulico y haciendo uso de las ecuaciones (26-3) y (27-3). Cabe destacar que se usó el Anexo “A” donde indican los valores de Y y G.

$$\tan \alpha = \frac{2,5}{25,4} = 0,0984252$$

$$\alpha = \tan^{-1}\left(\frac{2,5}{25,4}\right) = 5,6212451$$

$$\theta = 5,6212451$$

$$\text{sen}\theta = \text{sen}(5,6212451) = 0,09795$$

$$G'' = \frac{2,5}{0,09795} = 25,52\text{cm o } 0,2552323\text{m}$$

Finalmente, se hizo uso de la siguiente ecuación (28-3) para encontrar el tiempo de retención hidráulica.

$$trh = \left(\frac{0,406}{0,3607}\right) + \left(\frac{0,1369427''}{1,4599}\right) + \left(\frac{0,2552323}{1,38856}\right) = 1,4032418\text{s}$$

Y finalmente hacemos uso de la ecuación (29-3) donde despejamos la distancia de la ecuación (22-3) y se realizamos el cálculo de la (d) que debe poseer el canal contiguo a la canaleta Parshall para que la reacción de los químicos añadidos al biol pueda reaccionar completamente, mediante análisis de laboratorio se determinó que el tiempo requerido para que se dé una reacción completa fue de 3 segundos.

$$d = 0,5823 * 3 = 1,7468988\text{m}$$

Tabla 12-4: Dimensiones calculadas para la canaleta Parshall.

Dimensión/Componente	Medida de diseño
Caudal (Q)	0,015m ³ /s
Ancho de garganta (W)	0,051m
Coeficientes (n)	1,55
Coeficiente (C)	0,002702
Ha	0,2605m
Ancho del canal (D'')	0,1596667m
Velocidad en la sección de medición (V ₀)	0,3607m/s
Caudal específico en garganta (q)	0,2941m ³ /s*m
Carga Hidráulica disponible (E ₀)	0,3101m
Velocidad antes del resalto hidráulico (V ₁)	1,4599m/s
Altura antes del resalto hidráulico (h ₁)	0,2015m

Porcentaje de Sumergencia	77,3494%
Numero de fraude (Nfr ₁)	1,0384
Altura resalto Hidráulico (h ₂)	0,2118m
Velocidad en resalto hidráulico (V ₂)	1,38856m/s
Altura de sección de Salida (h ₃)	0,1908m
Velocidad en la sección de salida(V ₃)	0,5823m/s
Perdida de carga, hp	0,0916m
Tiempo de retención hidráulica (T)	0,25776s
Gradiente de velocidad (Gr)	882,8545s ⁻¹
Tiempo de retención hidráulica 2 (trh)	1,4032418s

Realizado por: Montero y Pombosa, 2023

4.11.7. *Desinfección*

Según varias fuentes la bacteria *Sallmonella sp.* muere en concentración de Cl de alrededor de **0,5 ppm**, que transformado a unidades de concentración en volumen es igual al **0,005 % V/V**, sin embargo, el cloro comercial tiene una concentración de **5 % de cloro**, realizando la relación estequiométrica correspondiente para obtener el volumen de cloro comercial a añadir en 4 m³ de biol se obtiene los siguiente:

$$\text{Cloro Comercial a Añadir} = 4000L \text{ biol} * \frac{100L \text{ Cl Comercial}}{5 L \text{ Cl}} * \frac{0,005L \text{ Cl}}{100 L \text{ biol}}$$

$$\text{Cloro Comercial a Añadir} = 4 L \text{ Cl Comercial.}$$

Se obtuvo que en 4.000 Litros de biol se deben añadir aproximadamente 4 L de cloro comercial para eliminar *Sallmonella sp.* y otros patógenos sin superar el límite máximo establecido por el Manual que es de **2 %** de concentración de cloro en fertilizantes orgánicos.

4.11.8. *Sedimentación y retención de grasas*

4.11.8.1. *Sedimentación simple*

Al llevar la cuenta del volumen de lodos generado a partir de la sedimentación simple del biol obtenido en Porlón durante los primeros 106 minutos de sedimentación, se obtuvieron los resultados que se ven en el gráfico a continuación:

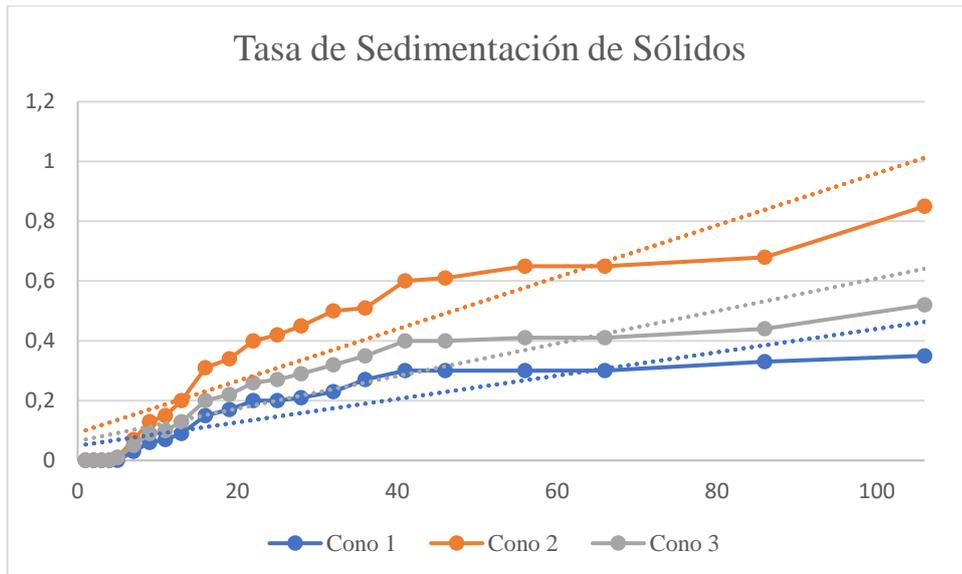


Gráfico 5-4: Tasa de sedimentación de sólidos (sedimentación simple).

Realizado por: Montero y Pombosa, 2023

Al observar el **gráfico 5-4**, se pudo determinar que la tasa de sedimentación de sólidos mediante sedimentación simple iba disminuyendo su velocidad a lo largo del tiempo, sin embargo, al final solo se logró medir un volumen de sólidos sedimentados de aproximadamente 1 mL de lodos. Lo cual no justificaba el diseño de un sedimentador.

Al determinar el porcentaje de sólidos presentes en cada uno de los tamices evaluados en la torre de sedimentación, así como su respectiva densidad de partícula, se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 13-4: Determinación de diámetro y densidad de partícula de los sólidos sedimentados.

Luz de malla (mm)	Masa de Sólidos (g)	Porcentaje de sólidos (%)	Densidad (g/mL)
4	1,6	7,55	1,28
2	9,2	43,40	1,22666667
0,5	7,9	37,26	1,08965517
0,355	0,7	3,30	1,04477612
0,25	0,2	0,94	—
0,125	0,8	3,77	0,82474227
0,063	0,5	2,36	0,74626866
0,063	0,3	1,42	—
Total	21,2	100,00	

Realizado por: Montero y Pombosa, 2023

Con estos datos y la viscosidad cinemática determinada en el laboratorio, se pudo calcular la velocidad de sedimentación correspondiente a cada una de las partículas clasificadas según su diámetro con la **ecuación 37-2**, por ejemplo, para las partículas de diámetro superior a 4 mm:

$$Vs = \frac{1}{18} * \frac{981 \frac{cm}{s^2} * (0,4cm)^2}{0,0476 \frac{g}{cm * s}} * \left(\frac{1,28g}{cm^3} * \frac{1,06g}{cm^3} \right)$$

$$Vs = 39,506 \frac{cm}{s}$$

Ahora los resultados para todas las partículas clasificadas se muestran a continuación:

Tabla 14-4: Velocidad de sedimentación de las partículas clasificadas.

D partícula (mm)	Densidad Partícula	Vs (cm/s)	mm/s
≈ 4	1,28	39,506	395,05630
≈ 2	1,226666667	7,434	74,33831
≈ 0,5	1,089655172	0,072	0,72433
≈ 0,355	1,044776119	-0,028	-0,28244
≈ 0,250	-	-	-
≈ 0,125	0,824742268	-0,043	-0,42866
≈ 0,063	0,746268657	-0,014	-0,14455

Realizado por: Montero y Pombosa, 2023

Como se puede observar en la tabla anterior, la velocidad de sedimentación de las partículas de 2 y 0,5 mm es demasiado baja, dato que se corroboró con la determinación de la tasa de sedimentación determinada anteriormente, por esta razón se optó por realizar una sedimentación mediante coagulación y floculación.

4.11.8.2. Sedimentación por Coagulación-Floculación

Los resultados de la prueba de jarras realizada con diferentes concentraciones y cantidades de coagulante y floculante sobre el mismo tipo de biol, el de Porlón, se muestran en la tabla a continuación:

Tabla 15-4: Volumen de lodos formado con cada prueba de jarras.

N. Prueba	Volumen de Lodos Formado	Tiempo de Sedimentación
1	150 mL	1 día
2	250 mL	1 día
3	250 mL	1 día
4	475 mL	1 día

Realizado por: Montero y Pombosa, 2023

Para observar el tipo, las cantidad y concentraciones de coagulante y floculante utilizados en cada prueba observar la **tabla 3-3**.

Se consideró que el modelo de tratamiento ideal fue el indicado por la **prueba N. 1**, puesto que se genera una buena cantidad de lodos, es decir se sedimenta una gran cantidad de los sólidos no deseados, pero sin llegar a sedimentar los nutrientes que posee el biol, como sucedería al aplicar el método de la prueba N.- 4.

Una vez determinada la cantidad de lodos formados en el biol con la aplicación seleccionada se procedió a determinar el volumen de lodos producidos con el volumen de biol real a tratar en el relleno sanitario de Porlón, mediante la **ecuación 30-3**:

$$\text{Vol. de Lodos Generados} = \left(4\text{m}^3 * \frac{150 \frac{\text{mL lodos}}{1 \text{ L biol}}}{0,001\text{m}^3 \text{ biol}} \right) * 1 \text{ día}$$

$$\text{Vol. de Lodos Generados} = 0,6 \text{ m}^3 \text{ Lodos}$$

Con el volumen obtenido de **0,6 m³ de lodos por cada 4 m³ de biol**, se realizará el dimensionamiento del sedimentador tipo trampa de grasas.

4.11.8.3. Diseño del sedimentador tipo trampa de grasas

Se realizó el diseño de **2 sedimentadores tipo trampa de grasas**, cada uno con dos cámaras de sedimentación y una cámara de retención de grasas y espumas.

El volumen de biol a ser tratado en cada uno de los sedimentadores fue de **2000 Litros**, teniendo en cuenta que a partir de este volumen se generarán los lodos por lo cual se determinó con base en el volumen de lodos establecido en la prueba de jarras, el porcentaje del diseño que será destinado al almacenamiento del biol clarificado, y el destinado al almacenamiento de lodos, como se muestra en la tabla a continuación:

Tabla 16-4: Porcentaje del diseño del sedimentador destinado a cada fin.

Retención de:	Volumen	Porcentaje del Diseño
Biol Clarificado	1700 L	85 %
Lodos	300 L	15 %

Realizado por: Montero y Pombosa, 2023

Para observar la forma geométrica de cada sección del sedimentador ver la **tabla 4-3**.

Como ya se mencionó el sedimentador diseñado cuenta con dos cámaras para la sedimentación de sólidos y retención del biol clarificado. Por esta razón el volumen de biol y de lodo mostrados en la **tabla 16-4** fue dividido para abarcar las dos cámaras diseñadas, de la siguiente manera:

Tabla 17-4: Porcentaje y volumen correspondiente a las cámaras del sedimentador.

Primera Cámara		Segunda Cámara	
% Biol clarificado	50 %	% Biol clarificado	50 %
Volumen de Biol Clarificado	850 L	Volumen de Biol Clarificado	850 L
% Lodos	100 %	% Lodos	0 %
Volumen de Lodos	300 L	Volumen de Lodos	—

Realizado por: Montero y Pombosa, 2023

Tener en cuenta que los porcentajes y volúmenes obtenidos en la **tabla 17-4**, se derivan a partir de los presentados en la **tabla 16-4**, y que el porcentaje de lodos en la segunda cámara es igual a cero ya que se espera que la totalidad de los mismos sedimenten en la primera cámara, sin embargo, se destinó el mismo porcentaje de diseño determinado en esta última tabla a la sección trapezoidal, a partir de el volumen de biol a contener en la segunda cámara.

Primera cámara:

La relación Largo/Ancho del sedimentador diseñado fue de 2/1 y se propuso una **altura útil de la zona rectangular (h) de 0,8 m** en función de lo establecido por la OPS (Ver **tabla 8-2**). Al reemplazar valores en la **ecuación 34-3**, se obtuvo como ancho de la sección rectangular del sedimentador el resultado:

$$a = \sqrt{\frac{0,85 \text{ m}^3}{2 * 0,8 \text{ m}}}$$

$$a = 0,73 \text{ m}$$

Con fines de construcción se optó por establecer un valor de **a** de **0,75 m**.

Posteriormente el cálculo del largo del sedimentador **L** con la **ecuación 32-3**, dió como resultado **1,50 metros**.

La entrada del biol al sedimentador se dará a través de un **codo de 90 ° de PVC con diámetro interno de 3 pulgadas**, mientras que la salida por una tubería tipo Tee del mismo material y el mismo diámetro.

La diferencia de altura entre la tubería de ingreso y salida (e) del biol fue de **5 cm**, de la sección de corte superior de la tubería de salida con respecto a la altura máxima del sedimentador (f) fue igualmente de **5 cm**.

La sección de corte inferior de la tubería de salida (g) se diseñó a **7,5 cm por encima de la superficie de los lodos**. Por otro lado, la altura de seguridad del sedimentador (hs) fue de **30 cm**.

El valor de diseño de la base menor de la zona de lodos (b) fue de **25 cm**.

El área transversal de la zona trapezoidal de lodos se calcula con la **ecuación 36-3**, con el volumen de lodos (Ver **tabla 17-4**) fue de:

$$A_{Zona\ de\ Lodos} = \frac{0,3\ m^3}{1,50\ m}$$

$$A_{Zona\ de\ Lodos} = \mathbf{0,20\ m^2}$$

Calculando la altura vertical de la sección de lodos con la **ecuación 38-3** se obtuvo el siguiente resultado:

$$h_L = \frac{0,20\ m^2}{\left(\frac{0,75\ m + 0,25\ m}{2}\right)}$$

$$h_L = \mathbf{0,4\ m}$$

Para calcular el valor de la pendiente de inclinación de la zona de lodos (θ_T), el cateto opuesto fue igual a 0,4 m (h_L), mientras que el cateto adyacente fue calculado con la **ecuación 39-3**:

$$C.A. = \left(\frac{0,75\ m}{2}\right) - \left(\frac{0,25\ m}{2}\right)$$

$$C.A. = \mathbf{0,25\ m}$$

$$\theta_T = \tan^{-1}\left(\frac{0,4\ m}{0,25\ m}\right)$$

$$\theta_T = \mathbf{58^\circ}$$

Como se puede comprobar, el valor de θ_T se encuentra dentro de los límites establecidos por la OPS (Ver **tabla 8-2**).

Segunda cámara:

Los resultados en esta cámara fueron idénticos a los de la primera, con la variación de que para sus cálculos se utilizó el **85 %** del volumen total del biol de esta cámara para la sección rectangular, es decir **0,7225 m³** y el **15 %** restante para la sección trapezoidal, es decir **0,1275 m³**.

En esta ocasión, el ancho de la sección rectangular se calculó en función de la **ecuación 16-3**, despejando el valor del ancho, utilizando el volumen descrito anteriormente, el propio largo del sedimentador y la misma altura útil de biol que la cámara uno:

$$a = \frac{0,7225 \text{ m}^3}{1,5 \text{ m} * 0,8 \text{ m}}$$
$$a = 0,6 \text{ m}$$

Como se puede observar en este caso el ancho del sedimentador en la segunda cámara es **15 cm menor** al de la primera debido a la ausencia del volumen de lodos.

Al reducirse el valor de **a** en la segunda cámara igualmente se verá reducido el valor de la altura de lodos **h_L** de la misma. El resultado obtenido en este caso fue de **0,2 m**. Esta reducción también cambió el valor del ángulo de inclinación que fue calculado de igual manera que el primero, pero se obtuvo esta vez un resultado de **49°** que de igual manera se encuentra dentro de los límites.

Almacenamiento de grasas:

El volumen de diseño de la zona de retención de grasas fue de 1/3 del volumen del sedimentador, como se indica en la **tabla 8-2**, por lo tanto, fue de **0,33 m³**. A partir de este volumen y el largo del sedimentador se calculó el valor del área transversal de la zona de grasas con la **ecuación 42-3**:

$$Atg = \frac{0,33 \text{ m}^3}{1,5 \text{ m}}$$
$$Atg = 0,222 \text{ m}^2$$

Al proponer una altura de la zona de acumulación de grasas **hg** de 0,6 m se calculó el valor del ancho o base de la misma con la **ecuación 44-3**:

$$bg = \frac{0,222 \text{ m}^2}{0,6 \text{ m}}$$
$$bg = 0,37 \text{ m}$$

Con fines de construcción se determinó que el valor de **bg** sea de **0,4 m**.

Finalmente, la conexión entre la zona de sedimentación y de almacenamiento de grasas y espumas se dará a través de un vertedor de rebose con inclinación dirigida hacia esta última zona, dicha inclinación proporcionó una diferencia de altura de **5 cm** por encima del nivel del biol.

A continuación, se muestra la tabla donde están los resultados obtenidos en el diseño de cada uno de los dos sedimentadores diseñados:

Tabla 18-4: Dimensiones del sedimentador tipo trampa de grasas.

Dimensión/Componente	Medida de Diseño
Volumen Total a tratar	2 m ³
Volumen de Lodos total generado	0,3 m ³
Relación L/a	2/1
Primera Cámara	
% Diseño para el Biol	85 %
Volumen de Biol	0,85 m ³
% Diseño para la zona de Lodos	15 %
Volumen de Lodos	0,3 m ³
Ancho (a)	0,75 m
Largo (L)	1,5 m
Altura útil del biol (h)	0,8 m
Diámetro de tubería de ingreso del líquido (codo de 90°)	7,5 cm
Diámetro de tubería de salida del líquido (Tipo Tee)	7,5 cm
Diferencia de nivel entre la tubería de ingresa y salida (e)	5 cm
Diferencia de altura entre la sección superior de la tubería de salida y la altura total del sedimentador (f)	5 cm
Altura de la sección inferior de la tubería de salida con respecto a la superficie de los lodos (g)	7,5 cm
Altura de seguridad (hs)	30 cm
Base menor del trapecio de la zona de lodos (b)	25 cm
Base mayor del trapecio de la zona de lodos (B) = (a)	0,75 m
Altura de la zona de lodos (hl)	40 cm
Ángulo de inclinación del talud de la zona de lodos con respecto a la horizontal (θ_7)	58°
Altura total del sedimentador	1,5 m
Segunda Cámara	
% Diseño para el Biol	85 %
Volumen de Biol	0,7225 m ³
% Diseño para la zona de Lodos	15 %
Volumen de Lodos	0,1275 m ³
Ancho (a)	0,6 m
Largo (L)	1,5 m

Altura útil del biol (h)	0,8 m
Diferencia de nivel entre la tubería de ingresa y salida (e)	5 cm
Altura de la zona de lodos (hl)	20 cm
Base menor del trapecio de la zona de lodos (b)	25 cm
Base mayor del trapecio de la zona de lodos (B) = (a)	0,6 m
Ángulo de inclinación del talud de la zona de lodos con respecto a la horizontal (θ_T)	49°
Zona de Retención de Grasas y Espumas	
Diferencia de altura del vertedor de rebose con respecto a h (k)	5 cm
Volumen de la zona de Grasas (Vg)	0,33 m ³
Altura de la zona de grasas (hg)	0,6 m
Ancho de la zona de grasas (bg)	0,4 m
Largo de la zona de grasas (Lg)	1,5 m

Realizado por: Montero y Pombosa, 2023

4.11.9. Sistema de cascadas (aireación)

Para este diseño se tomó en cuenta lo expuesto por el CPE INEN 5 de 1992 que se indica en la tabla (9-2) por ende se debe considerar un área de operación del sistema en función del caudal semejante a 1 m²/L/s, para este diseño se consideró adecuado utilizar un valor de 1,5 m²/L/s. Y para calcular el valor del área de flujo del biol a través de la tubería fue mediante la ecuación (14-2). Teniendo en cuenta que el valor del diámetro (D) es de 0,0762 m

Según el CPE INEN 5 de 1992

$$A_o = \pi * \frac{0,0762m^2}{4} = 0,00456m^2$$

Después se calculó el caudal de recepción de las cascadas mediante la ecuación (6-2). Cabe mencionar que la velocidad máxima de salida del sedimentador (v_s) = 0,5 m/s.

$$Q = 0,00456m^2 * 0,5 \frac{m}{s} = 0,0023 \frac{m^3}{s} \text{ o } 2,3 \frac{L}{s}$$

El resultado obtenido al calcular el área superficial de operación con el valor de área de operación en función del caudal de recepción propuesto por el INEN (Ver **tabla 9-2**), en función de la **ecuación (45-3)**, se muestra a continuación:

$$A_s = 2,3 \frac{L}{s} * \frac{0,1m^2}{\frac{L}{s}} = 0,23 m^2$$

Se calculó el ancho (a) de cada grada despejando de la **ecuación (17-3)** y a su vez se asumió un valor para el largo (L) de 0,5 m.

$$a = \frac{0,23 \text{ m}^2}{0,5 \text{ m}} = 0,46 \text{ m}$$

Con fines de construcción se construirán las gradas con un ancho de **0,45m**.

Para encontrar la carga hidráulica se hizo uso la **ecuación (46-3)**, donde se asume los valores de altura (h) de la grada de 0,30 m y el número (N) de gradas de 5.

$$H = 0,3 \text{ m} * 5 = 1,5 \text{ m}$$

El cual nos indica que la carga hidráulica se encuentra entre los límites de **1 a 3m**, según el INEN (Ver **tabla 9-2**).

Y para finalizar se determina la altura útil del biol para realizar el diseño de las paredes laterales del sistema de cascadas mediante la ecuación (7-2) y (47-3) la cual fue determinada mediante la ecuación del área transversal de un cuadrado.

$$A = \frac{0,0023 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{0,5 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 0,00456 \text{ m}^2$$

$$h = \frac{0,00456 \text{ m}^2}{0,45 \text{ m}} = 0,01 \text{ m} = 1,01 \text{ cm}$$

Tabla 19-4: Dimensiones calculadas para el sistema de aireación (cascadas).

Dimensión/Componente	Medida de diseño
Número de Gradas	5
Carga hidráulica (H)	1,5 m
Diámetro (D)	0,0762m
Área de flujo (A ₀)	0,0045m ²
Velocidad máxima de salida del sedimentador (v _s)	0,5 m/s
Caudal (Q)	2,3 L/s
Área superficial de operación (A _s)	0,23 m ²
Largo (L)	0,5 m
Ancho (a)	0,45 m
Altura útil (h)	1,01 cm

Realizado por: Montero y Pombosa, 2023.

Debido a que en algunas ocasiones el sistema de aireación debe abarcar el caudal combinado de ambos sedimentadores, se duplicó el valor del ancho y el largo de cada una de las gradas diseñadas, duplicando de esa manera el área de operación para aireación en el diseño.

4.11.10. Estandarización y envasado

El tanque de estandarización se diseñó con el doble del volumen de cada uno de los tanques de recepción y almacenamiento, pero con la misma metodología, incluyendo una inclinación de 2,5 % para una mayor facilidad de recolección del biol, los resultados de las medidas calculadas para este tanque se muestran en la tabla a continuación:

Tabla 20-4: Dimensiones del tanque de estandarización.

Volumen de Diseño	4 m ³ .
Relación L/a	3/2
Ancho (a)	1,3 m
Largo (L)	2 m
Profundidad (h)	1,5 m
Altura de Seguridad (hs)	20 cm
Inclinación (S)	2,5 %

Realizado por: Montero y Pombosa, 2023.

4.11.11. Lecho de secado de lodos

Para este diseño se tomó en cuenta la norma INEN, 1992 que se indica en la tabla (10-2) y para dicho cálculo se aplicó la ecuación (48-3). Por ende, hay que tener en cuenta que el volumen de lodos es de 0,60m³, el periodo de secado de 6 semanas dando como resultado 3,6 m³ de volumen.

$$M_{Lodos} = 3,6 * 1,03 = 3,71kg$$

Según la tabla (10-2) el valor de la reducción de sólidos volátiles escogido es del 55% y de lodos primarios del 12% dando como resultado los siguientes datos.

$$\text{Volumen de lodos reducidos } 3,6 * \left(\frac{55}{100}\right) = 1,98m^3$$

$$\text{Volumen de lodos completamente secos } 3,6 * \left(\frac{12}{100}\right) = 0,43m^3$$

Para sacar el área requerida para la disposición de los lodos se calculó con la ecuación (16-3), conociendo el valor del volumen de lodos húmedos a disponer, así como la altura de la capa de lodos, establecida en la tabla (10-2) de 0,3m.

$$A = \left(\frac{3,6}{\frac{0,3}{2}} \right) = 6m^2$$

Para el diseño se asumió un valor del ancho del lecho de 2m, a partir del cual se calculó el largo (L) despejando de la ecuación (17-3)

$$L = \left(\frac{6}{2} \right) = 3m$$

De la ecuación (49-3) se despeja el diámetro de altura quedando de esa manera la ecuación (51-3) teniendo en cuenta que la pendiente hacia el canal central de drenaje (S_{LAT}) = 1,5 % y finalmente que la longitud está dada por la ecuación (50-3) con su diámetro de la tubería central de drenaje de 0,1m. también se mencionó el medio de drenaje y soporte donde la capa de ladrillos es de 0,15m con un estrato de grava de 0,2m

$$Longitud = \frac{2}{2} - \frac{0,1}{2} = 0,95m$$

$$D. Altura = \left(\frac{1,5}{\frac{0,95}{100}} \right) = 0,01m$$

Donde la suma de altura es: $H = 0,2 + 0,15 + 0,3 = 0,65m$

Tabla 21-4: Dimensiones del lecho de secado.

Dimensión/Componente	Medida de diseño
Ancho (a)	2,00m
L (largo)	3,00m
Diferencia de Altura (D_{altura})	0,01m
Diámetro de la tubería central de drenaje (D)	0,1m
Pendiente (S)	1,5%
Estrato de grava (hg)	0,2m
Capa de ladrillos (hayl)	0,15m
Altura util (hl)	0,3m
Altura total (H)	0,65

Realizado por: Montero y Pombosa, 2023

4.12. Representación del diseño realizado elaborado en 2D y 3D “AutoCAD y SketchUP”

Los resultados del diseño realizado tanto en SketchUP como en AutoCAD con base en las dimensiones calculadas, experimentos realizados y las especificaciones técnicas de diferentes manuales y normas nacionales e internacionales, debidamente escalados, acotados y con los materiales de construcción propuestos se muestran en los **anexos de este trabajo**.

4.13. Manual de operación del sistema de tratamiento

El manual de operación del sistema propuesto se ve detallado a continuación:

4.13.1. Introducción

El tratamiento adecuado de los lixiviados generados por los residuos orgánicos es esencial para minimizar su impacto ambiental y proteger la salud pública debido a que los lixiviados son líquidos altamente contaminados que se generan cuando los residuos orgánicos se descomponen y liberan sustancias tóxicas y nocivas. Por ende, es fundamental dicha planta de tratamiento para evitar la contaminación del suelo, las aguas subterráneas y los cuerpos de agua cercanos. Por lo cual estos sistemas están diseñados para eliminar o reducir los contaminantes presentes en los lixiviados, permitiendo su correcta gestión y minimizando los impactos negativos en el entorno. La planta de tratamiento del biol puede incluir una combinación de procesos físicos, químicos y biológicos, adaptados a las características específicas de los residuos orgánicos y los contaminantes presentes en los lixiviados.

El objetivo principal de planta de tratamiento del biol es eliminar o reducir la concentración de contaminantes como compuestos orgánicos, metales pesados, nutrientes y otros contaminantes potencialmente peligrosos. Esto se logra a través de procesos de tratamiento que transforman los lixiviados en un efluente tratado que cumple con los estándares ambientales y sanitarios establecidos.

La implementación de una planta de tratamiento del biol no solo contribuye a la protección del medio ambiente, sino que también ofrece beneficios adicionales. Al reducir la carga contaminante de los lixiviados, se puede obtener agua tratada que puede ser reutilizada en diferentes aplicaciones, como el riego agrícola o el proceso industrial, lo que fomenta la conservación y el uso eficiente de los recursos hídricos.

4.13.2. Descripción de la planta

La planta de tratamiento del biol constará de 7 diseños como son las rejillas, tanque de almacenamiento, canal Parshall, sedimentador, sistema de cascadas, tanque de estandarización y lechos de secado los cuáles serán descritos a continuación:

Rejillas: desempeñan un papel crucial en la planta de tratamiento de biol al ayudar en la remoción de sólidos y materiales no deseados presentes en el flujo de líquido. Estas rejillas se utilizan en diferentes etapas del proceso y ofrecen los siguientes beneficios:

- **Eliminación de sólidos gruesos:** Las rejillas colocadas en la entrada de la planta de lixiviados se encargan de retener y eliminar los sólidos más grandes, como escombros, restos de residuos, plásticos y otros objetos. Al evitar que estos sólidos ingresen a la planta de tratamiento, se protegen los equipos y se previene el bloqueo de tuberías y bombas.
- **Protección de equipos y maquinarias:** Las rejillas actúan como una barrera para proteger los equipos y maquinarias que se encuentran aguas abajo en el proceso de tratamiento. Al evitar la entrada de materiales sólidos no deseados, se reduce el desgaste y se previene el daño a los equipos, lo que contribuye a mantener su funcionamiento eficiente y prolongar su vida útil.
- **Mejora del rendimiento de procesos posteriores:** Las rejillas ayudan a eliminar los sólidos más grandes, lo que facilita el funcionamiento óptimo de los procesos de tratamiento subsiguientes, como la sedimentación, la filtración u otros métodos de separación. Al reducir la carga de sólidos en el flujo de líquido, se mejora la eficiencia de estos procesos y se evitan obstrucciones o interrupciones en el sistema.

Es importante tener en cuenta que las rejillas deben ser diseñadas y dimensionadas adecuadamente para manejar las cargas previstas y evitar obstrucciones o daños en el sistema. Además, se requiere un mantenimiento regular de las rejillas para eliminar los sólidos retenidos y garantizar su funcionamiento óptimo.

Tanque de almacenamiento y tanque de estandarización: es importante en una planta de tratamiento del biol al proporcionar capacidad de almacenamiento para los líquidos tratados y los lixiviados antes y después del proceso de tratamiento. Estos tanques cumplen varias funciones clave:

- **Almacenamiento temporal del biol:** Los tanques de almacenamiento permiten recolectar y retener los lixiviados generados antes de que sean sometidos al proceso de tratamiento. Esto permite un control adecuado del flujo de líquido y garantiza que haya suficiente volumen para su tratamiento continuo, incluso en momentos de variación en la generación de lixiviados.
- **Almacenamiento de efluentes tratados:** Una vez que los lixiviados han sido sometidos a los procesos de tratamiento, los tanques de almacenamiento se utilizan para retener los efluentes tratados antes de su disposición final o reutilización. Esto asegura que se cumplan los estándares de calidad del agua y permite un manejo adecuado de los efluentes antes de su liberación o uso.
- **Soporte de cargas hidrostáticas:** Los tanques de almacenamiento están diseñados para soportar las cargas hidrostáticas generadas por el líquido almacenado en su interior. Estas cargas dependen del volumen de líquido y la altura del nivel del líquido en el tanque. Los tanques se construyen con materiales resistentes y estructuras adecuadas para soportar estas cargas y garantizar la integridad estructural del tanque.

La capacidad de carga de los tanques depende de varios factores, como el diseño estructural del tanque, el material utilizado en su construcción y la presión hidrostática máxima prevista. Los tanques se dimensionan y se seleccionan en función de la carga esperada y los requisitos de almacenamiento específicos de la planta de tratamiento del biol.

Canal Parshall: es un dispositivo utilizado para medir y controlar el caudal de líquido que fluye a través del sistema. Esta canaleta tiene una forma específica que permite medir el nivel del líquido y estimar el caudal de manera precisa. Además de la medición de caudal, la canaleta de Parshall también ofrece otros beneficios en una planta de tratamiento de lixiviados:

- **Medición de caudal:** La principal función de la canaleta de Parshall es medir el caudal de líquido que fluye en el sistema de tratamiento de lixiviados. Esto es esencial para monitorear y controlar el flujo de líquido a través de las diferentes etapas del proceso de tratamiento.
- **Control de flujo:** La canaleta de Parshall permite regular y controlar el flujo de líquido en la planta de tratamiento de lixiviados. Al proporcionar una medición precisa del caudal, se puede ajustar la velocidad de tratamiento y garantizar una operación eficiente de los diferentes componentes del sistema.
- **Detección de variaciones de caudal:** La canaleta de Parshall es capaz de detectar cambios en el caudal de líquido. Esto es especialmente útil para identificar y responder

a fluctuaciones en la generación de lixiviados, lo que puede influir en la planificación y la capacidad de tratamiento de la planta.

En cuanto a las cargas que soporta la canaleta de Parshall, estas están relacionadas principalmente con el nivel y la presión hidrostática del líquido en el sistema. La estructura de la canaleta está diseñada para soportar las cargas hidrostáticas y mantener la integridad del dispositivo. Es importante tener en cuenta que la canaleta de Parshall debe ser correctamente dimensionada y seleccionada de acuerdo con las características del flujo de líquido y los requisitos de medición de la planta de tratamiento de lixiviados. Además, se requiere un mantenimiento regular para garantizar su funcionamiento óptimo y una medición precisa del caudal.

Sedimentador: también conocido como clarificador o decantador y su función principal es la separación y la sedimentación de los sólidos suspendidos presentes en el líquido tratado. Estos son algunos de los propósitos y beneficios del uso de sedimentadores en una planta de tratamiento de lixiviados:

- Separación de sólidos: El sedimentador se utiliza para separar los sólidos suspendidos más pesados presentes en el líquido tratado. Estos sólidos tienden a asentarse en el fondo del sedimentador debido a la fuerza de gravedad.
- Clarificación del líquido: Al separar los sólidos suspendidos, el sedimentador ayuda a clarificar el líquido tratado, eliminando una parte significativa de las partículas en suspensión. Esto resulta en un líquido más limpio y transparente, que cumple con los estándares ambientales y sanitarios antes de su disposición o reutilización.
- Reducción de la carga orgánica: Los sólidos que se asientan en el fondo del sedimentador generalmente contienen una carga orgánica considerable. Al remover estos sólidos, se reduce la carga orgánica en el efluente tratado, mejorando su calidad y facilitando su posterior tratamiento o disposición.
- Mejora de la eficiencia de otros procesos: Al reducir la carga de sólidos suspendidos, el sedimentador ayuda a mejorar la eficiencia de otros procesos de tratamiento posteriores, como la filtración o la desinfección. Al tener un líquido más claro y con una menor concentración de sólidos, se evita la obstrucción de los equipos y se optimiza la eficacia de los procesos subsiguientes.

Sistema de cascadas: se refiere a una serie de estanques o piscinas interconectadas en diferentes niveles, donde el líquido tratado fluye de uno a otro a través de cascadas o caídas de agua. Estos sistemas de cascadas ofrecen varios beneficios en una planta de tratamiento de lixiviados:

- **Oxigenación del líquido:** Las cascadas en el sistema de tratamiento de lixiviados permiten la exposición del líquido a una mayor superficie de aire. A medida que el líquido cae en cascada o se agita, se produce una mayor transferencia de oxígeno del aire al líquido. Esto ayuda a mejorar la oxigenación del líquido, lo que favorece el crecimiento de bacterias aeróbicas beneficiosas que contribuyen a la descomposición de los contaminantes orgánicos presentes en los lixiviados.

Lechos de secado: también conocidos como lechos de secado solar o camas de secado, cumplen varias funciones importantes en una planta de tratamiento de lixiviados:

- **Deshidratación del lodo:** Una de las funciones principales de los lechos de secado es deshidratar el lodo residual generado durante el proceso de tratamiento de lixiviados. El lodo, que contiene sólidos orgánicos e inorgánicos, se coloca en los lechos donde es expuesto a la radiación solar y al aire ambiente. La combinación de calor y aireación natural promueve la evaporación del agua presente en el lodo, lo que resulta en una reducción significativa del contenido de humedad y un aumento en la concentración de sólidos.
- **Reducción de volumen:** Al deshidratar el lodo, los lechos de secado ayudan a reducir su volumen. La eliminación del agua presente en el lodo disminuye su peso y volumen, lo que facilita su posterior manejo y disposición. La reducción del volumen también contribuye a la eficiencia global del sistema de tratamiento de lixiviados al disminuir la carga de residuos y los costos asociados con su disposición final.
- **Estabilización del lodo:** Durante el proceso de secado, los lechos también contribuyen a la estabilización del lodo. La exposición prolongada al sol y al aire ayuda a reducir la actividad biológica en el lodo, lo que reduce los olores desagradables y minimiza los riesgos de contaminación y propagación de patógenos.
- **Obtención de un producto final utilizable:** El lodo deshidratado en los lechos de secado puede convertirse en un producto final utilizable, como biosólidos, que puede ser utilizado como fertilizante o en aplicaciones agrícolas y de jardinería. El lodo deshidratado tiene un contenido de humedad más bajo y una mayor concentración de nutrientes, lo que lo hace más adecuado para su reutilización o disposición segura.

Es importante tener en cuenta que el diseño y la operación de los lechos de secado deben considerar factores como el clima, la disponibilidad de luz solar, la cantidad y características del lodo generado, y los requisitos de calidad del producto final deseado. La optimización de estos factores garantiza un proceso de secado eficiente y la obtención de un lodo deshidratado de alta calidad.

4.13.3. Responsabilidades y roles

En la planta de tratamiento propuesta líquidos con las características mencionadas, los roles y responsabilidades son los siguientes:

4.13.3.1. Gerente de planta

Responsable general de la operación y funcionamiento de la planta de tratamiento del biol. Supervisa a todo el personal y se asegura de que se cumplan los objetivos establecidos.

4.13.3.2. Supervisor de operaciones

Encargado de supervisar las operaciones diarias de la planta, incluyendo la coordinación del personal y el monitoreo de los procesos de tratamiento. Se asegura de que se sigan los procedimientos adecuados y de que se alcancen los estándares de calidad y eficiencia.

4.13.3.3. Operadores de planta

Realizan las tareas diarias de operación de la planta, incluyendo el arranque y apagado de equipos, monitoreo de procesos, ajuste de parámetros, control de dosificación de químicos, mantenimiento de registros y solución de problemas básicos. También llevan a cabo las labores de limpieza y mantenimiento de los equipos.

4.13.3.4. Técnico de mantenimiento

Encargado del mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos de la planta, como las rejillas de retención de sólidos, los sedimentadores, las cascadas de aireación y los lechos de secado. Realiza inspecciones regulares, identifica y soluciona problemas, reemplaza piezas y coordina los servicios de mantenimiento externos si es necesario.

4.13.3.5. Químico de planta

Responsable de la dosificación y monitoreo de los productos químicos utilizados en el proceso de tratamiento de líquidos. Realiza análisis y pruebas de calidad del biol, asegurando que se cumplan los estándares establecidos. Además, realiza ajustes en la dosificación de químicos según sea necesario. Este puede ser la propia ESPOCH a través de sus diferentes centros de investigación y técnicos de laboratorio en convenio con el GAD de Riobamba.

Estos roles y responsabilidades están sujetos a variación en función de la estructura organizativa y las políticas específicas de la instalación. Así como a adaptaciones de estas responsabilidades según las necesidades y requisitos del sistema de tratamiento.

4.13.4. Procedimientos operativos

A continuación, se establecen los procedimientos operativos para la planta de tratamiento del biol con las características mencionadas anteriormente:

4.13.4.1. Arranque de la planta:

- a. Verificar el suministro de energía y biol a la planta.
- b. Verificar el buen funcionamiento de las rejillas de retención de sólidos y limpiarlas si es necesario.
- d. Comprobar el nivel de los tanques de almacenamiento y reponer los productos químicos necesarios.

4.13.4.2. Control de dosificación de químicos:

- a. Comprobar los niveles de los tanques de almacenamiento de productos químicos y reponerlos según sea necesario.
- b. Ajustar los sistemas de dosificación de químicos según los parámetros establecidos y las demandas del proceso de tratamiento en función de las ecuaciones propuestas en este trabajo.
- c. Realizar pruebas periódicas para asegurar que las dosificaciones sean precisas y ajustar los sistemas si es necesario.

4.13.4.3. Monitoreo y ajuste de la canaleta Parshall:

- a. Verificar el buen funcionamiento de la canaleta Parshall y asegurarse de que no haya obstrucciones.
- b. Monitorear y registrar regularmente el flujo de entrada y salida utilizando los indicadores de la canaleta.
- c. Realizar ajustes en la dosificación de químicos o en el caudal de entrada que proviene de los tanque de recepción y almacenamiento, según sea necesario, para garantizar un rendimiento óptimo.

4.13.4.4. Operación de sedimentadores:

- a. Monitorear y ajustar los niveles de los sedimentadores para garantizar una buena separación de los sólidos sedimentables.
- b. Realizar pruebas de turbidez y sólidos suspendidos para evaluar la eficiencia de los sedimentadores.
- c. Retirar los lodos acumulados en los sedimentadores de acuerdo con el programa de mantenimiento establecido. De manera manual.

4.13.4.5. Operación de las cascadas de aireación:

- a. Verificar el correcto flujo del biol a través de los canales que conectan los sedimentadores con las gradas, y verificar la correcta altura de lámina de flujo a través del sistema.
- b. Monitorear los niveles de oxígeno disuelto en el agua y ajustar los parámetros de aireación según sea necesario.
- c. Realizar pruebas periódicas de oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y otros parámetros relevantes para evaluar la eficiencia de la aireación.

4.13.4.6. Operación de los lechos de secado:

- a. Monitorear los niveles de humedad en los lechos de secado.
- b. Realizar inspecciones regulares de los lechos de secado para verificar la calidad del producto final y realizar el seguimiento de los tiempos de secado. Que según el INEN debería ser de 4 a 6 semanas.
- c. Retirar y disponer adecuadamente los lodos secos de acuerdo con las regulaciones locales. De manera manual.

4.13.4.7. Apagado de la planta:

- a. Detener los equipos en el orden adecuado, siguiendo los procedimientos de seguridad establecidos. Especialmente cerrando las válvulas de compuerta en la salida de los tanques de recepción y almacenamiento.
- b. Realizar la limpieza y el mantenimiento rutinario de los equipos.
- c. Volver a verificar la limpieza y el correcto estado de los canales de transporte del biol desde su generación hasta el último paso del tratamiento.

Estos procedimientos están sujetos a variaciones en función de las especificaciones y requisitos de la planta de tratamiento del biol. Se debe asegurarse de adaptarlos a las necesidades y

regulaciones específicas de la planta. Es importante contar con manuales de procedimientos detallados y entrenar al personal adecuadamente para llevar a cabo estas operaciones de manera segura y eficiente.

4.13.5. Procedimientos de seguridad

La seguridad en una planta de tratamiento de biol es de suma importancia para proteger la salud y el bienestar de los trabajadores, así como para prevenir riesgos ambientales y garantizar el cumplimiento de regulaciones y normativas aplicables. A continuación, se describen los procedimientos y protocolos de seguridad comunes que deben seguirse en una planta de tratamiento de lixiviados:

- **Evaluación de riesgos:** Antes de iniciar cualquier actividad en la planta, se debe realizar una evaluación exhaustiva de los riesgos presentes. Esto implica identificar los posibles peligros, evaluar su probabilidad de ocurrencia y su gravedad, y desarrollar medidas de control para mitigar los riesgos identificados.
- **Capacitación y formación:** Todos los empleados deben recibir capacitación adecuada sobre los procedimientos de seguridad y las prácticas de trabajo seguras. Esto incluye la comprensión de los riesgos asociados con los diferentes procesos de tratamiento, el manejo seguro de sustancias peligrosas, el uso adecuado de equipos de protección personal (EPP) y el conocimiento de los protocolos de emergencia.
- **Equipos de protección personal (EPP):** Los trabajadores deben utilizar los EPP apropiados para el tipo de trabajo que realizan. Esto puede incluir cascos, gafas de seguridad, guantes resistentes a productos químicos, mascarillas respiratorias, protectores auditivos y calzado de seguridad. Es esencial que se proporcionen los EPP adecuados y que se capacite a los trabajadores sobre su uso correcto y mantenimiento.
- **Manejo de sustancias peligrosas:** Las sustancias químicas utilizadas en el proceso de tratamiento de lixiviados deben ser almacenadas, manejadas y eliminadas de acuerdo con las regulaciones y normativas aplicables. Esto implica seguir protocolos seguros para la manipulación y el almacenamiento de productos químicos, así como la identificación adecuada de las sustancias, el uso de etiquetas y fichas de seguridad, y la implementación de medidas de control para minimizar los riesgos asociados.
- **Prevención y control de incendios:** Se deben establecer medidas de prevención y control de incendios en la planta. Esto puede incluir la instalación de sistemas de detección de incendios, extintores de incendios estratégicamente ubicados, sistemas de rociadores automáticos, rutas de escape claras y accesibles, así como capacitación en el uso de extintores y en los procedimientos de evacuación en caso de emergencia.

- **Mantenimiento adecuado de equipos:** Los equipos y maquinarias utilizados en la planta deben mantenerse en condiciones seguras de funcionamiento. Esto implica seguir un programa de mantenimiento preventivo regular, realizar inspecciones periódicas, reparaciones necesarias y reemplazar cualquier equipo defectuoso o dañado.
- **Control de acceso y seguridad perimetral:** Se deben establecer medidas de control de acceso y seguridad perimetral para limitar el ingreso de personal no autorizado a la planta. Esto puede incluir sistemas de identificación, cercas, cámaras de seguridad, vigilancia y procedimientos para el ingreso y salida de personal y vehículos.
- **Gestión de residuos y vertidos:** Los residuos generados en la planta deben ser gestionados y eliminados adecuadamente, siguiendo los protocolos y regulaciones aplicables. Los vertidos de aguas residuales tratadas deben cumplir con los estándares ambientales y los permisos correspondientes.

Es importante destacar que los procedimientos y protocolos de seguridad pueden variar según las regulaciones locales y las características específicas de cada planta de tratamiento de lixiviados. Por lo tanto, es esencial consultar y cumplir con las normativas y regulaciones aplicables en la ubicación específica de la planta. Además, es recomendable contar con personal capacitado en seguridad y salud ocupacional para supervisar y garantizar el cumplimiento de los procedimientos y protocolos establecidos.

4.13.6. *Mantenimiento y calibración*

4.13.6.1. *Rejillas*

Mantenimiento preventivo:

- **Inspección regular:** Realiza inspecciones visuales periódicas de las rejillas para detectar cualquier daño, obstrucción o acumulación de sólidos. Presta atención a la acumulación de residuos fibrosos o pegajosos que puedan reducir la eficiencia de las rejillas.
- **Limpieza programada:** Establece un programa de limpieza regular para eliminar los sólidos y residuos acumulados en las rejillas. Utiliza herramientas adecuadas, como cepillos o chorros de agua a presión, para eliminar las obstrucciones y asegurarte de que las rejillas estén libres de cualquier material que pueda dificultar su funcionamiento.
- **Lubricación y mantenimiento de los mecanismos de operación:** Si las rejillas son automáticas y tienen mecanismos de operación, asegúrate de lubricarlos de acuerdo con

las recomendaciones del fabricante. Realiza un mantenimiento regular de los componentes mecánicos para evitar fallas o bloqueos.

- Registro de mantenimiento: Lleva un registro detallado de todas las actividades de mantenimiento preventivo realizadas, incluyendo fechas, descripción de las tareas realizadas y cualquier observación o problema detectado. Esto facilitará el seguimiento del mantenimiento y permitirá identificar patrones o problemas recurrentes.

Mantenimiento correctivo:

- Monitoreo continuo: Realiza un monitoreo constante del funcionamiento de las rejillas para detectar cualquier problema o mal funcionamiento. Esto puede incluir el monitoreo visual o el uso de sensores y alarmas que indiquen obstrucciones o fallas en las rejillas.
- Reparación o reemplazo de componentes dañados: En caso de detectar daños en las rejillas o sus componentes, realiza las reparaciones necesarias lo antes posible. Si los daños son irreparables, asegúrate de reemplazar las partes dañadas con componentes de calidad adecuados.

Calibración de los instrumentos de medición:

- Establece un programa de calibración: Define un programa de calibración regular para todos los instrumentos de medición utilizados en la planta de tratamiento de lixiviados. Esto debe incluir instrumentos como medidores de pH, medidores de turbidez, medidores de nivel, entre otros.

4.13.6.2. Tanque de almacenamiento y tanque de estandarización

Mantenimiento preventivo:

- Inspección regular: Realiza inspecciones visuales periódicas de los tanques de almacenamiento para detectar cualquier signo de corrosión, daños en las paredes o fugas. Presta especial atención a las juntas de sellado, las válvulas y cualquier punto de conexión o entrada/salida de líquidos.
- Limpieza programada: Establece un programa de limpieza regular para los tanques de almacenamiento, eliminando sedimentos, residuos o materiales acumulados en el interior. Limpia las paredes y asegúrate de que las entradas y salidas de líquidos estén libres de obstrucciones.

- Pruebas de fugas: Realiza pruebas periódicas de fugas en los tanques de almacenamiento para asegurarte de que no haya escapes o filtraciones. Esto puede implicar la realización de pruebas de presión o la utilización de equipos de detección de fugas.
- Protección contra la corrosión: Aplica recubrimientos anticorrosivos en los tanques de almacenamiento para proteger las superficies metálicas y prevenir la corrosión. También asegúrate de que los revestimientos existentes estén en buenas condiciones y realiza reparaciones según sea necesario.
- Registro de mantenimiento: Lleva un registro detallado de todas las actividades de mantenimiento preventivo realizadas, incluyendo fechas, descripción de las tareas realizadas y cualquier observación o problema detectado. Esto facilitará el seguimiento del mantenimiento y permitirá identificar patrones o problemas recurrentes.

Mantenimiento correctivo:

- Reparación de fugas o daños: En caso de detectar fugas, daños estructurales o problemas en los tanques de almacenamiento, realiza las reparaciones necesarias lo antes posible. Esto puede implicar el sellado de juntas, el reemplazo de válvulas defectuosas o la reparación de revestimientos dañados.
- Reforzamiento estructural: Si se identifican problemas de integridad estructural en los tanques de almacenamiento, como corrosión avanzada o deformaciones, se deben realizar las acciones de refuerzo o reparación necesarias. Esto puede implicar la aplicación de refuerzos adicionales, la reparación de soldaduras o la sustitución de secciones dañadas.

Calibración de los instrumentos de medición:

- Establece un programa de calibración: Define un programa de calibración regular para los instrumentos de medición utilizados en los tanques de almacenamiento, como medidores de nivel, medidores de presión o medidores de caudal.
- Utiliza estándares de calibración certificados: Utiliza estándares de calibración certificados y confiables para calibrar los instrumentos de medición. Estos estándares deben estar rastreables a referencias nacionales o internacionales reconocidas.
- Sigue las instrucciones del fabricante: Sigue las instrucciones proporcionadas por el fabricante para realizar la calibración adecuada de cada instrumento. Esto puede incluir

el ajuste de parámetros, la limpieza de los sensores y el uso de soluciones de calibración específicas.

4.13.6.3. Canal Parshall

Mantenimiento preventivo:

- Inspección regular: Realiza inspecciones visuales periódicas de la canaleta de Parshall para detectar cualquier obstrucción, acumulación de sedimentos o daños en las partes estructurales. Verifica que las paredes de la canaleta estén libres de suciedad, residuos o crecimientos biológicos que puedan afectar la medición.
- Limpieza programada: Establece un programa de limpieza regular para la canaleta de Parshall. Limpia cualquier obstrucción o acumulación de sedimentos utilizando cepillos, chorros de agua a presión u otros métodos adecuados. Asegúrate de que las secciones de la canaleta estén libres de bloqueos y proporcionen un flujo despejado.
- Verificación de la geometría: Verifica periódicamente la geometría de la canaleta de Parshall para asegurarte de que se mantenga dentro de las especificaciones requeridas. Esto incluye medir las dimensiones de la canaleta, como el ancho y la altura de la garganta, para garantizar una medición precisa del caudal.
- Registro de mantenimiento: Lleva un registro detallado de todas las actividades de mantenimiento preventivo realizadas, incluyendo fechas, descripción de las tareas realizadas y cualquier observación o problema detectado. Esto facilitará el seguimiento del mantenimiento y permitirá identificar patrones o problemas recurrentes.

Mantenimiento correctivo:

- Reparación de daños estructurales: En caso de detectar daños estructurales en la canaleta de Parshall, como grietas o deformaciones, realiza las reparaciones necesarias lo antes posible. Esto puede implicar el reemplazo de partes dañadas o el refuerzo de la estructura para mantener su integridad.
- Eliminación de obstrucciones: Si se produce una obstrucción en la canaleta, identifica la causa y elimina la obstrucción de manera adecuada. Puede ser necesario utilizar herramientas o equipos de limpieza especializados para despejar la canaleta y restaurar su funcionamiento normal.

Calibración de los instrumentos de medición:

- Establece un programa de calibración: Define un programa de calibración regular para los instrumentos de medición utilizados en la canaleta de Parshall, como medidores de nivel o medidores de presión. Este programa debe incluir la frecuencia y los procedimientos específicos para calibrar cada instrumento.
- Utiliza estándares de calibración certificados: Utiliza estándares de calibración certificados y confiables para calibrar los instrumentos de medición. Estos estándares deben estar rastreables a referencias nacionales o internacionales reconocidas.
- Sigue las instrucciones del fabricante: Sigue las instrucciones proporcionadas por el fabricante para realizar la calibración adecuada de cada instrumento. Esto puede incluir el ajuste de parámetros, la limpieza de los sensores y el uso de soluciones de calibración específicas.

4.13.6.4. Sedimentador

Mantenimiento preventivo:

- Inspección regular: Realiza inspecciones visuales periódicas del sedimentador para identificar cualquier acumulación de sedimentos, obstrucciones o daños en las estructuras y componentes. Verifica que los canales de entrada y salida estén libres de bloqueos y que los dispositivos de control del flujo estén funcionando correctamente.
- Limpieza programada: Establece un programa de limpieza regular para el sedimentador. Limpia los canales de sedimentación y los compartimentos del sedimentador para eliminar los sedimentos acumulados. Utiliza equipos de limpieza adecuados, como bombas de succión, cepillos o equipos de lavado a presión.
- Verificación de los mecanismos de extracción de lodos: Si el sedimentador cuenta con mecanismos de extracción de lodos, verifica su funcionamiento regularmente. Asegúrate de que los mecanismos estén limpios, lubricados y operando correctamente para garantizar una eficiente remoción de los lodos acumulados.
- Mantenimiento de los sistemas de agitación: Algunos sedimentadores pueden contar con sistemas de agitación para ayudar en la separación de los sólidos. Si es el caso, asegúrate de que los sistemas de agitación estén en buen estado de funcionamiento. Limpia los elementos de agitación y verifica que los motores estén operando correctamente.

Mantenimiento correctivo:

- Reparación de daños estructurales: Si se detectan daños estructurales en el sedimentador, como grietas, roturas o desgaste, realiza las reparaciones necesarias de forma oportuna. Esto puede implicar la reparación de soldaduras, el reemplazo de componentes dañados o el refuerzo de las estructuras afectadas.
- Eliminación de obstrucciones y bloqueos: En caso de obstrucciones o bloqueos en el sedimentador, identifica la causa y elimina la obstrucción de manera adecuada. Esto puede requerir la limpieza manual, el uso de equipos de succión o el desmontaje temporal de las partes afectadas.

Calibración de los instrumentos de medición:

- Establece un programa de calibración: Define un programa de calibración regular para los instrumentos de medición utilizados en el sedimentador, como medidores de nivel, medidores de flujo o sensores de turbidez. Establece la frecuencia de calibración de acuerdo con las especificaciones del fabricante y las necesidades operativas.

4.13.6.5. Sistema de cascadas

Mantenimiento preventivo:

- Inspección regular: Realiza inspecciones visuales periódicas de los sistemas de cascadas en gradas para detectar cualquier obstrucción, acumulación de sedimentos o daños en las estructuras y componentes. Verifica que los canales y las gradas estén limpios y despejados de materiales o residuos.
- Limpieza programada: Establece un programa de limpieza regular para los sistemas de cascadas en gradas. Limpia cualquier obstrucción o acumulación de sedimentos utilizando herramientas adecuadas, como cepillos o chorros de agua a presión. Asegúrate de que las cascadas y las gradas estén libres de bloqueos para garantizar un flujo adecuado del líquido.
- Verificación de estructuras y componentes: Verifica periódicamente la integridad estructural de las cascadas en gradas, incluyendo las paredes, los canales y los soportes. Inspecciona las uniones y los puntos de fijación para detectar signos de corrosión, desgaste o daños. Realiza reparaciones o reemplazos según sea necesario.
- Mantenimiento de los sistemas de aireación: Si los sistemas de cascadas en gradas incluyen dispositivos de aireación, asegúrate de realizar el mantenimiento adecuado de

estos componentes. Limpia los difusores o elementos de aireación, reemplaza las membranas desgastadas y verifica que los compresores de aire estén funcionando correctamente.

Mantenimiento correctivo:

- Reparación de daños estructurales: En caso de detectar daños estructurales en las cascadas en gradas, como grietas o deformaciones, realiza las reparaciones necesarias lo antes posible. Esto puede implicar la reparación de soldaduras, el reemplazo de secciones dañadas o el refuerzo de las estructuras.
- Eliminación de obstrucciones y bloqueos: Si se produce una obstrucción o bloqueo en las cascadas en gradas, identifica la causa y elimina la obstrucción de manera adecuada. Esto puede requerir la limpieza manual, el uso de equipos de succión o el desmontaje temporal de las partes afectadas.

Calibración de los instrumentos de medición:

- Establece un programa de calibración: Define un programa de calibración regular para los instrumentos de medición utilizados en los sistemas de cascadas en gradas, como medidores de nivel, medidores de flujo o sensores de calidad del agua.

4.13.6.6. *Lechos de secado*

Mantenimiento preventivo:

- Inspección regular: Realiza inspecciones visuales periódicas de los lechos de secado para identificar cualquier desgaste, daño o deformación en la estructura. Verifica que las camas de secado estén libres de obstrucciones, acumulación de sedimentos u otros materiales que puedan afectar el proceso de deshidratación.
- Limpieza programada: Establece un programa de limpieza regular para los lechos de secado. Limpia cualquier material acumulado o bloqueo en las camas de secado, utilizando herramientas adecuadas como cepillos, rastrillos o equipos de lavado a presión. Asegúrate de mantener las superficies limpias y libres de residuos.
- Control de la humedad: Monitorea y controla regularmente el nivel de humedad en los lechos de secado. Asegúrate de que la humedad se mantenga dentro de los rangos

operativos establecidos. Si es necesario, ajusta la frecuencia y duración de la aplicación de lixiviados u otros líquidos para lograr una deshidratación eficiente.

- **Mantenimiento de los sistemas de drenaje:** Verifica que los sistemas de drenaje de los lechos de secado estén funcionando correctamente. Limpia y desbloquea los canales de drenaje y asegúrate de que el flujo de líquido se realice de manera adecuada.

Mantenimiento correctivo:

- **Reparación de daños estructurales:** Si se detectan daños estructurales en los lechos de secado, como grietas, roturas o desgaste, realiza las reparaciones necesarias lo antes posible. Esto puede implicar la reparación de la superficie de las camas de secado, el reemplazo de paneles dañados o el refuerzo de las estructuras afectadas.
- **Reemplazo de medios de secado:** Los lechos de secado utilizan medios de secado, como grava o material sintético, para facilitar la deshidratación. Si los medios de secado muestran signos de desgaste excesivo o deterioro, reemplázalos según sea necesario para mantener un rendimiento óptimo.

Calibración de los instrumentos de medición:

- **Establece un programa de calibración:** Define un programa de calibración regular para los instrumentos de medición utilizados en los lechos de secado, como medidores de humedad o sensores de temperatura. Establece la frecuencia de calibración de acuerdo con las especificaciones del fabricante y las necesidades operativas.

4.13.7. Manejo de emergencias

A continuación, se presentan los planes de manejo de emergencias para la planta de tratamiento del biol con las características mencionadas:

4.13.7.1. Plan de derrames y fugas:

- a. Identificar las sustancias químicas almacenadas en los tanques y sus propiedades. Tener disponibles hojas de datos de seguridad de materiales (SDS) actualizadas.
- b. Establecer procedimientos para contener y controlar derrames o fugas, incluyendo el uso de equipos de protección personal adecuados.
- c. Designar áreas designadas para contener derrames, con sumideros o sistemas de contención secundarios apropiados.

d. Capacitar al personal sobre los procedimientos de respuesta a derrames, incluyendo la notificación adecuada a las autoridades y la limpieza y disposición adecuada de los materiales derramados.

4.13.7.2. Plan de incendios:

- a. Identificar los riesgos de incendio en la planta, como materiales inflamables o fuentes de ignición.
- b. Establecer procedimientos de prevención de incendios, como el almacenamiento seguro de productos químicos y la inspección regular de equipos eléctricos.
- c. Instalar y mantener sistemas de detección y extinción de incendios, como alarmas de humo, extintores y sistemas de rociadores.
- d. Capacitar al personal en la identificación de riesgos de incendio, la respuesta a emergencias y la evacuación segura en caso de incendio.

4.13.7.3. Plan de evacuación y respuesta a emergencias:

- a. Desarrollar un plan de evacuación que incluya rutas de escape claramente marcadas, puntos de encuentro seguros y asignación de responsabilidades para el personal durante una evacuación.
- b. Establecer un sistema de comunicación de emergencia para notificar al personal sobre situaciones de emergencia y proporcionar instrucciones claras.
- c. Capacitar al personal en los procedimientos de respuesta a emergencias, incluyendo la evacuación ordenada, la atención médica básica y la coordinación con los servicios de emergencia externos.
- d. Realizar simulacros periódicos de evacuación y respuesta a emergencias para asegurar que el personal esté preparado y familiarizado con los procedimientos.

4.13.7.4. Plan de apagado de emergencia:

- a. Establecer procedimientos de apagado de emergencia para cada equipo crítico de la planta, incluyendo instrucciones claras sobre el orden y la secuencia adecuada de apagado.
- b. Capacitar al personal en los procedimientos de apagado de emergencia, incluyendo el cierre adecuado de válvulas y el apagado seguro de equipos eléctricos.
- c. Mantener claramente identificados los puntos de cierre de emergencia de las fuentes de suministro de agua y electricidad.
- d. Realizar inspecciones regulares de los equipos y sistemas de apagado de emergencia para asegurarse de su correcto funcionamiento.

Estos planes de manejo de emergencias son solo ejemplos y deben adaptarse a las condiciones y regulaciones específicas de la planta. Es importante involucrar a todo el personal en la planificación de emergencias, proporcionar capacitación adecuada y realizar revisiones periódicas para mantener los planes actualizados y eficaces.

4.13.8. Registros y documentación

A continuación, se indican los requerimientos en cuanto a los registros y documentación necesarios para la planta de tratamiento de biol con las características mencionadas:

4.13.8.1. Registros de operación:

- Registro de arranque y apagado diario de la planta.
- Registro de parámetros operativos, como niveles de biol, caudales, presiones y temperaturas.
- Registro de dosificación de químicos, incluyendo tipo, cantidad y frecuencia de dosificación.
- Registro de mantenimiento y limpieza de equipos, como las rejillas de retención de sólidos, sedimentadores y cascadas de aireación.

4.13.8.2. Registros de calidad del biol:

- Registro de análisis de calidad del biol tratado, incluyendo parámetros como turbidez, pH, demanda bioquímica de oxígeno (DBO), oxígeno disuelto y sólidos suspendidos.
- Registro de análisis de calidad del biol de entrada, si corresponde, para evaluar la eficiencia del proceso de tratamiento.
- Registro de pruebas de laboratorio realizadas, incluyendo resultados y fechas.

4.13.8.3. Registros de mantenimiento:

- Registro de mantenimiento preventivo y correctivo realizado en los equipos, como las tuberías, válvulas, cajas de revisión y los sedimentadores.
- Registro de inspecciones regulares de los lechos de secado, incluyendo fechas, observaciones y acciones tomadas, si es necesario.
- Registro de reemplazo de piezas y reparaciones realizadas en los equipos.

4.13.8.4. Registros de seguridad y emergencias:

- Registro de simulacros de evacuación y respuestas a emergencias, incluyendo fechas, participantes y observaciones.
- Registro de incidentes y accidentes ocurridos en la planta, junto con las acciones correctivas tomadas.
- Registro de capacitaciones de seguridad realizadas para el personal, incluyendo temas, fechas y asistentes.

4.13.8.5. Documentación y procedimientos:

- Manuales de operación y mantenimiento de la planta.
- Hojas de datos de seguridad de materiales (SDS) de los productos químicos utilizados.
- Diagramas de flujo del proceso de tratamiento y de las instalaciones de la planta.
- Procedimientos operativos detallados para cada etapa del proceso de tratamiento.
- Planes de manejo de emergencias, incluyendo el plan de derrames y fugas, plan de incendios, plan de evacuación y plan de apagado de emergencia.

Estos registros y documentación pueden variar según las regulaciones locales y los requisitos específicos de la planta de tratamiento del biol. Se debe asegurar de mantener los registros actualizados, almacenarlos adecuadamente y cumplir con las normativas pertinentes relacionadas con el mantenimiento de registros.

CONCLUSIONES

- Al proceso de compostaje realizado en el relleno sanitario de Porlón al momento de realizado este trabajo de titulación, llegan únicamente residuos provenientes del Mercado Mayorista del cantón Riobamba, en cantidades de aproximadamente entre 3 y 4 toneladas dos veces a la semana, los días Martes y Viernes. La mayor cantidad de residuos que se transportan son legumbres, verduras y hortalizas, con una muy pequeña proporción de frutas.
- Después de realizar el experimento de determinación de lixiviación de los residuos a escala de laboratorio, escalamiento a nivel de Porlón, y proyección en función de la población, se determinó que el mayor caudal fue de 1,19 m³ por día, aproximadamente en el día 10 una vez iniciado el compostaje. Sin embargo, se determinó que el caudal es enormemente variable en función del tiempo que llevan los residuos compostándose y la etapa del proceso, observándose que existe una generación nula en los primeros 3 días, muy baja en los siguientes 3 días (Prom. 0,088 m³/día), extremadamente alta en los siguientes 8 días (Prom. 0,843 m³/día), media en los 7 días siguientes (Prom. 0,284 m³/día), y nuevamente muy baja en los últimos 10 días del mes analizado (Prom. 0,066 m³/día).
- Todos los bioles analizados cumplieron con los límites permisibles para metales pesados, pudiendo afirmar que no presentan toxicidad alguna, igualmente sucedió para el pH y conductividad eléctrica. Los bioles producidos en la ESPOCH cumplieron los requerimientos para C. orgánico, Materia Orgánica y presencia/ausencia de microorganismos patógenos. El biol recolectado en Porlón por su parte, no cumplió con el límite mínimo de Materia y Carbono Orgánico, así como tampoco con los límites para presencia de microorganismos patógenos. Finalmente, ninguno de los bioles analizados alcanzaron la concentración mínima requerida de macronutrientes.
- Después de la comparación de los resultados del análisis realizado con el manual técnico para el registro y control de fertilizantes propuesto por el ministerio de agricultura y ganadería del Ecuador e identificar las deficiencias del biol obtenido, se procedió a proponer el diseño de un sistema de tratamiento que consta de dos sistemas de rejillas, dos tanques de recepción y almacenamiento, una canaleta Parshall, dos sedimentadores tipo trampa de grasas con dos cámaras de sedimentación, un sistema de aireación por cascadas, un tanque de estandarización y finalmente dos lechos de secado de lodos.

RECOMENDACIONES

- Realizar una operación previa de lavado de los residuos a compostar en el Relleno Sanitario de Porlón en instalaciones que no sean la propia plataforma de compostaje, y mantener una constante limpieza de los canales de transporte del líquido hacia los tanques de recepción, de esta manera se reducen considerablemente la cantidad de sólidos presentes en el fertilizante obtenido, reduciéndose el tiempo, esfuerzo y recursos que se requieren para todos los pasos del tratamiento del biol.
- Determinar exactamente a qué se debe la baja cantidad de Nitrógeno y macronutrientes en general en el biol producido a partir del compostaje realizado, y que esta sea aún más baja en el biol producido en Porlón, se consideró en función a los resultados obtenidos en este trabajo que puede deberse a: el diámetro de partícula es demasiado grande (no trituran los residuos), el pH es demasiado básico, o la temperatura dentro de la pila es demasiado alta. Determinar las cantidades idóneas de sustratos ricos en N a añadir al proceso de compostaje llevado a cabo en el relleno sanitario para que el fertilizante pueda entrar dentro de los límites establecidos por el Ministerio de Agricultura y Ganadería en cuanto a la relación entre los macronutrientes. Como, por ejemplo: estiércol fresco de animales.
- Aumentar la zona cubierta donde se realiza el compostaje hacia toda la sección de paso de los canales de recolección del biol, igualmente tapar la zona donde se realice el diseño propuesto en este trabajo para evitar problemas de dilución no deseada del biol, daño a las instalaciones y desbordamientos de los sistemas de tratamiento en épocas lluviosas.
- No mantener en stock o almacenamiento el biol producido por demasiado tiempo (menos de dos o tres meses), puesto que se corre riesgo de que exista contaminación del mismo debido a fuentes externas o aumento desmedido de la población de microorganismos patógenos presentes ya en el biol. En caso de que se requiera mantener el biol en stock por un mayor tiempo, tratar de sellarlo de manera adecuada o aplicar cloración teniendo en cuenta los límites de presencia de Cl en fertilizantes orgánicos del Manual para registro y Control de Fertilizantes Agrícolas.

GLOSARIO

Acero inoxidable: El acero inoxidable, también conocido como acero inox, es un tipo de aleación de hierro con un alto contenido de cromo y, en muchos casos, también contiene níquel, molibdeno u otros elementos. Esta composición química confiere al acero inoxidable propiedades únicas que lo hacen resistente a la corrosión, manchas y oxidación.

Carga hidráulica: La energía total por unidad de peso de un fluido en movimiento, que incluye la presión estática y la presión dinámica.

Compost: Un material orgánico descompuesto producido mediante la descomposición controlada de residuos de origen vegetal y animal. Se utiliza como enmienda del suelo para mejorar su fertilidad y como fuente de nutrientes para las plantas.

Ecuación de Manning: Una fórmula matemática utilizada para calcular la velocidad de flujo en canales abiertos. Se utiliza ampliamente en ingeniería hidráulica y en el diseño de sistemas de drenaje.

EP-EMMPA: Empresa Pública Municipal Mercado de Productores Agrícolas de San Pedro de Riobamba.

Espectrofotómetro UV-Visible: Un espectrofotómetro UV-visible es un instrumento utilizado para medir la absorbancia o transmitancia de luz en una muestra a través del rango de longitudes de onda ultravioleta-visible. Estas mediciones permiten determinar la concentración de una sustancia en una solución, así como obtener información sobre la absorción de luz por parte de la muestra.

Fotómetro de llama: Un fotómetro de llama, también conocido como espectrofotómetro de llama, es un instrumento utilizado en química analítica para detectar y cuantificar la presencia de ciertos elementos químicos en una muestra mediante la medición de la intensidad de la luz emitida por una llama.

GAD Municipal: Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal.

Gas metano: Un gas incoloro e inodoro, compuesto principalmente por carbono e hidrógeno. Es un poderoso gas de efecto invernadero y se produce naturalmente en procesos de descomposición orgánica y en la industria.

INEC: Instituto Nacional de Estadística y Censos. Es una entidad encargada de recopilar, procesar y difundir información estadística en diferentes países.

INEN: Instituto Ecuatoriano de Normalización.

ISO 14000:2015: Una serie de normas internacionales de gestión ambiental que establecen los requisitos y directrices para ayudar a las organizaciones a minimizar su impacto ambiental y cumplir con las regulaciones ambientales.

Lixiviados proveniente de residuos orgánicos: Un lixiviado de residuos orgánicos es el líquido que se desprende de la descomposición de los residuos orgánicos, como restos de alimentos, vegetales, frutas, papel, entre otros materiales biodegradables. Cuando estos residuos se descomponen, liberan líquidos que contienen una mezcla de agua, compuestos orgánicos y otros elementos disueltos.

Mercado: Un mercado se refiere a un lugar físico donde se lleva a cabo la compra y venta de productos y servicios. Estos mercados son espacios comerciales donde los vendedores ofrecen una variedad de productos, como alimentos, artesanías, ropa, electrónicos y más. Los mercados en Ecuador pueden ser formales, como mercados municipales o plazas de mercado, o informales, como ferias o mercados callejeros.

Nivel freático: El nivel en el cual se encuentra el agua subterránea en el suelo. Puede variar según las condiciones hidrológicas y geológicas de una determinada área.

Norma API Standard 653: Una norma desarrollada por el American Petroleum Institute (API) que establece los requisitos técnicos para la inspección, mantenimiento, reparación y alteración de tanques de almacenamiento de petróleo y productos químicos.

Número de Froude: Un número adimensional utilizado en hidrodinámica para describir el comportamiento de un flujo en relación con su velocidad, la gravedad y la profundidad del fluido.

OPS: Organización Panamericana de la Salud.

Plaza: Espacio físico destinado a la compra y venta de productos relacionados con la agricultura y la ganadería. También se le conoce como mercado agropecuario o plaza de mercado agropecuario. En estos lugares, los agricultores y ganaderos pueden vender directamente sus productos, eliminando intermediarios y obteniendo un mejor precio por su mercancía.

PVC: Policloruro de Vinilo, es un tipo de plástico ampliamente utilizado en diversos sectores debido a sus propiedades versátiles. Se trata de un material termoplástico que se obtiene a partir de la combinación de cloro (derivado del cloruro de sodio o sal común) y etileno (derivado del petróleo). Es conocido por su resistencia, durabilidad y bajo costo, se usa en el desarrollo de tuberías.

Relleno sanitario: Un sitio designado para la disposición final de residuos sólidos, donde los desechos se colocan en capas y se compactan para minimizar su impacto ambiental y evitar la contaminación del suelo y el agua.

Subproducto: Un producto secundario o derivado que se obtiene durante la producción principal de algo. Puede tener valor económico o utilidad en sí mismo.

Tasa de crecimiento poblacional anual: Esta medida muestra el porcentaje de cambio en el número de habitantes de un país o una región durante un año. Ayuda a entender cómo la población está evolucionando y puede tener implicaciones en diversos aspectos, como la planificación urbana, la provisión de servicios públicos y el desarrollo social.

Tiempo de retención hidráulica: El tiempo de residencia hidráulica es un concepto utilizado en ingeniería y tratamiento de aguas para medir el tiempo promedio que una cantidad de agua o un flujo de agua permanece en un sistema determinado. También se conoce como tiempo de retención hidráulica o tiempo de detención hidráulica.

Válvula de compuerta: Tipo de válvula utilizada para controlar el flujo de fluidos en un sistema de tuberías. Está diseñada con una compuerta o disco que se levanta o baja dentro del cuerpo de la válvula para permitir o bloquear el paso del fluido. Las válvulas de compuerta son conocidas por su diseño simple pero efectivo. Consisten en un cuerpo que alberga la compuerta y un mecanismo de accionamiento, como una rueda de mano o un volante, que se utiliza para mover la compuerta hacia arriba o hacia abajo.

Vermi-Compostaje: Proceso de compostaje que utiliza lombrices para descomponer materiales orgánicos y convertirlos en un fertilizante natural llamado vermicomposto o humus de lombriz. Consiste en la cría y manejo controlado de lombrices compostadoras, principalmente de la especie *Eisenia fetida* o *Eisenia andrei*, para descomponer residuos orgánicos y producir un compost de alta calidad.

BIBLIOGRAFÍA

AEDES (Asociación Española de Empresas de Serigrafía e Impresión Digital, PE). *Manual de elaboración de elaboración de abono foliar biol* [blog]. 2006 [Consulta 25 octubre 2022]. Disponible en. www.aedes.com.pe/2010

AGRUCO. *Manual de elaboración de productos naturales para la fertilidad de suelos y control de plagas y enfermedades* [blog]. Argentina: Clacso, 2010. [Consulta: 28 octubre 2022]. Disponible en: http://biblioteca.clacso.edu.ar/Bolivia/agruco/20170929043449/pdf_546.pdf

ALAYÓN GARCÍA, Nancy Andrea. (2014). Evaluación de tres bioabonos sobre el desarrollo vegetativo y productivo del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) en el municipio de La Calera departamento de Cundinamarca [en línea] (Trabajo de titulación). (Maestría). Universidad de Manizales, Facultad de Ciencias Contables Económicas y Administrativas, Colombia. 2014. p. 26. [Consulta: 2022-11-22]. Disponible en: <https://ridum.umanizales.edu.co/handle/20.500.12746/1245>

ALCÁNTARA, R. R., et al. “Diseño de envases para alimentos líquidos”. *Revista de Investigación Académica*, 50 (2020), pp. 36-42.

ÁLVAREZ MEDINA, Leticia. Estudio de los parámetros de diseño en el pretratamiento de pequeñas Plantas Depuradoras de Residuales [en línea] (Trabajo de titulación). (Tesis Doctoral) Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, Facultad de Construcciones, Departamento de Ingeniería Hidráulica, Cuba. 2016. p. 17. [Consulta: 2023-01-15]. Disponible en <https://dspace.uclv.edu.cu/bitstream/handle/123456789/6582/Tesis%20Final%28Leticia%20Alvarez.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

ÁLVAREZ PALOMINO, Laura; et al. “Abono organico: aprovechamiento de los residuos organicos agroindustriales”. *Spei Domus* [en línea], 2018, (Colombia) 14(28-29), pp. 1-10. [Consulta: 9 mayo 2023]. Disponible en <https://revistas.ucc.edu.co/index.php/sp/article/view/3556>

AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE. *API Standard 653: Tank inspection, repair, alteration, and reconstruction* [blog]. Api org, 2014. [Consulta: 20 diciembre 2022]. Disponible en: <https://www.api.org/products-and-services/standards/api-653>

AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE. *Tank Inspection, Repair, Alteration, and Reconstruction* [blog] API STANDARD 653 FIFTH EDITION, 2014. [Consulta: 4 enero 2022].

Disponible en:
<https://mycommittees.api.org/standards/cre/scast/Documents/Std%20653/653%20e5%20A2.pdf>

AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS. *ASME Boiler and Pressure Vessel Code* [blog]. ASME, 2019. Disponible en: <https://www.asme.org/codes-standards/bpvc-online>

ANDA SÁNCHEZ, José. Saneamiento descentralizado y reutilización sustentable de las aguas residuales municipales en México. *Sociedad y ambiente* [en línea], 2017, no 14, pp. 119-143. [Consulta: 23 febrero 2022]. Disponible en https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-65762017000200119&script=sci_arttext

APAZA CONDORI, Emma Eva; MAMANI PATI, Francisco; & SAINZ-MENDOZA, Humberto. “Sistema de compostaje para el tratamiento de residuos de hoja de coca con la incorporación de tres activadores biológicos, en el centro experimental de Kallutaca”. *Journal of the selva andina Biosphere* [en línea], 2015, (Bolivia) 3(2), pp. 75-85. [Consulta: 12 marzo 2023]. ISSN 2308-3859. Disponible en: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S2308-38592015000200003&script=sci_arttext

APONTE CASTILLO, Carlos Daniel. *Diseño y construcción de canaleta Parshall para el laboratorio de hidráulica de la universidad Santo Tomás Sede Central* [blog]. 2019. [Consulta: 23 febrero 2023]. Disponible en <https://docplayer.es/197852282-Diseno-y-construccion-de-una-canaleta-parshall-para-el-laboratorio-de-hidraulica-de-la-universidad-santo-tomas-sede-central.html>

ARBOLEDA ÁLVAREZ, Luis Fernando. Incidencia de la infraestructura sobre la satisfacción de los clientes y vendedores en la Empresa Municipal Mercado de Productores Agrícolas San Pedro de Riobamba (EMMPA) [En línea] (Trabajo de titulación). (Doctorado) Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Industrial, Perú. 2016. p. 112. [Consulta: 2022-10-15]. Disponible en http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/5590/Arboleda_al.pdf?sequence=3&isAllowed=y

ARENAS, Fredy, et al. *Razones trigonométricas* [blog]. 2014. [Consulta: 4 marzo 2023]. Disponible en: http://funes.uniandes.edu.co/1895/1/Capitulo7_G6_Razonestrigonometricas_.pdf

ASANZA CASTRO, Camila Stefany. Propuesta de modelo de gestión de residuos sólidos domiciliarios para áreas marginales urbanas [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería)

Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental, Ecuador. 2017. p. 45. [Consulta 2022-10-20]. Disponible en <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/18802>

Autoridad del Canal de Panamá. INFORME DE DISEÑO CONCEPTUAL, EMBALSES MULTIPROPÓSITO CUENCA SANTA MARÍA. VOLUMEN SANITARIA. 2020. Disponible en <https://pancanal.com/wp-content/uploads/2021/09/SantaMaria-Volumen-Sanitaria.pdf>

BERMEO AGUILAR, Kevin Enrique. Efecto de abonos orgánicos sobre la producción en el cultivo de plátano dominico (*Musa spp.*) en la zona de Valencia. [en línea] (Trabajo de titulación). (Licenciatura). Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Ecuador 2021. pp. 45-50. [Consulta: 12 marzo 2023]. Disponible en <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/6477/1/T-UTEQ-301.pdf>

BETELGEUX. Escherichia Coli: Características, patogenicidad y prevención (I) [blog]. España: Christeys Foods Hygiene, 2016. [Consulta: 28 octubre 2022]. Disponible en: <https://www.betelgeux.es/blog/2016/01/19/escherichia-coli-caracteristicas-patogenicidad-y-prevencion-i/>

BHORIA, Sangeeta, et al. “Evaluating Parshall flume aeration with experimental observations and advance soft computing techniques”. *Neural Computing and Applications* [en línea], 2021, 33(3), p. 17-29. [Consulta: 20 febrero 2023]. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00521-021-06316-9>

BOHÓRQUEZ, Alexander., PUENTES, Yina, & MENJIVAR, Juan. “Evaluación de la calidad del compost producido a partir de subproductos agroindustriales de caña de azúcar”. *Scielo* [en línea], 2014, (Colombia) 15(1), pp. 73-81. [Consulta: 20 noviembre 2022]. ISSN 0122-8706. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0122-87062014000100007

BONILLA CORREA, Carmen Rosa; et al. “Dinámica de la descomposición de residuos orgánicos”. *Sociedad Colombiana de las Ciencias del Suelo* [en línea], 2020, (Ecuador) 50(1y2), pp. 31-39. [Consultado: 20 octubre 2022]. ISSN: ISSN0562-5351. Disponible en: http://unicauca.edu.co/revistas/index.php/suelos_ecuatoriales/article/view/123/112

BORZACCONI, Liliana, LÓPEZ, Iván, & ANIDO, Carlos. (1996, November). “Metodología para la estimación de la producción y concentración de lixiviado de un relleno sanitario”. *Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental* [en línea], 2014, (México DF) Vol. 31(2), p.13. [Consulta: 23 noviembre 2022]. Disponible en: <https://www.researchgate.net/profile/Ivan-Lopez->

24/publication/228596715_Metodologia_para_la_estimacion_de_la_produccion_y_concentraci
on_de_lixiviado_de_un_relleno_sanitario/links/00b7d527a21758f904000000/Metodologia-
para-la-estimacion-de-la-produccion-y-concentracion-de-lixiviado-de-un-relleno-sanitario.pdf

BRAVO DE LUCIANO, Gerardo Miguel. Caracterización fisicoquímica de lixiviados de diferente origen como potenciales abonos orgánicos (Bachelor's thesis) [en línea] (Trabajo de titulación). (Licenciatura). Universidad Autónoma de Puebla, Facultad de Ingeniería Química, México. 2016. p. 17. [Consulta: 2022-12-7]. Disponible en: <https://repositorioinstitucional.buap.mx/handle/20.500.12371/14680>

BRITO, Hanníbal; et al. “Obtención de compost a partir de residuos sólidos orgánicos generados en el mercado mayorista del cantón Riobamba.” *European Scientific Journal* [en línea], 2016, (Ecuador) 12(29), p. 76. [Consulta 10 octubre 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.19044/esj.2016.v12n29p76>

BUSTOS GUAYAZAN, Pablo Elias, et al. Desarrollo de software para la comparación de la velocidad de un canal abierto utilizando el factor de fricción de darcyweisbach y la ecuación de manning [en línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería). Universidad Distrital Francisco Jose De Caldas, Facultad Tecnológica, Colombia. 2015. p. 76. [Consulta: 2023-04-22]. Disponible en <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/2124/BustosPabloMontoyaJuan2015.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

CABOS SÁNCHEZ, J., BARDALES VÁSQUEZ, C. B., LEÓN TORRES, C. A., & GIL RAMÍREZ, L. A. (2019). “Evaluación de las concentraciones de Nitrógeno, Fósforo y Potasio del biol y biosol obtenidos a partir de estiércol de ganado vacuno en un biodigestor de geomembrana de policloruro de vinilo. Arnaldoa”. *SciELO* [en línea], 2019, (Perú) 26(3). p. 10. [Consulta 28 octubre 2023]. ISSN 1165-1176. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S2413-32992019000300021&script=sci_arttext

CADAVID, Juan H. *Hidráulica de canales: fundamentos*. Universidad Eafit, 2020. Disponible en:

https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=3gqME66cnhwC&oi=fnd&pg=PA2&dq=siempre+se+debe+tener+en+cuenta+un+factor+de+seguridad+en+dise%C3%B1o+de+canales&ots=DhDCiQt397&sig=tOuw2TcnLj_rU6z9F1VLi-ZULRs#v=onepage&q=factor&f=false

CANALES RAMÍREZ, Yilbert Julián. Propuesta de mejora del proceso de tratamiento de agua potable en la PTAP del municipio de Sibaté [en línea] (Trabajo de titulación). (Licenciatura). Fundación Universidad de América, Colombia. 2021. p. 2-7. [Consulta: 4 marzo 2023]. Disponible en <http://repository.uamerica.edu.co/handle/20.500.11839/8292>

CANCHARI, G., & ORTIZ, O. “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 minas, metalurgia y ciencias geográficas [en línea], 2008, (Perú) 11(21), pp. 95-99. [Consulta: 20 octubre 2022]. ISSN 1561-0888. Disponible en: <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/view/521/444>

CANCHUCAJA BONARRIBA, Ana Patricia. Efectos urbano-ambientales producidos por la gestión de residuos sólidos del mercado de abastos “La Hermelinda” en el distrito de Trujillo, 2017 [en línea] (Trabajo de titulación). (Maestría). Universidad César Vallejo, Perú. 2018. p.18. [Consulta: 2023-04-05]. Disponible en: https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/11771/canchacaja_ba.pdf?sequence=1&isAllowed=y

CANO CAMELO, Eliana, & RESTREPO BUENO, Claudia. *Estudio de factibilidad de una unidad económica, productora y comercializadora de abono orgánico a partir de residuos urbanos orgánicos en el municipio de La Victoria - Valle.* [blog]. 2019 [Consulta: 12 abril 2023]. Disponible en <https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/handle/10893/13627>

CERVANTES MORALES, Ruth; NIVELA VELIZ, Alonso. Influencia de la elaboración de artesanías con materiales de reciclaje en el desarrollo de la creatividad de los estudiantes. (Tesis de Licenciatura) Universidad de Guayaquil Facultad de Filosofía, Letras y Ciencias de la Educación, Ecuador. 2014. p. 58. [Consulta: 2022-11-10]. Disponible en <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/12839>

CEVALLOS VIQUE, Víctor; et al. “La educación financiera y su incidencia en la capacidad de gestión de los comerciantes de la empresa pública municipal Mercado de Productores Agrícolas San Pedro de Riobamba (EP-EMMPA)”. Visionario digital [en línea], 2020, (Ecuador) 4(2), pp. 5-21. [Consulta 15 octubre 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.33262/visionariodigital.v4i2.1201>

CHURATA NEIRA, Alexander. Contaminación sonora y su influencia en el nivel de estrés en mercados de alta concurrencia de Tacna, 2018 [en línea] (Trabajo de titulación). (Doctorado). Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, Perú. 2021. pp. 71-73. [Consulta: 2023-04-05]. Disponible en http://tesis.unjbg.edu.pe/bitstream/handle/UNJBG/4293/94_2021_churata_neira_a_espg_doctorado_en_ciencias%20ambientales.pdf?sequence=1&isAllowed=y

COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA DE MÉXICO (CONAGUA). Manual de diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales. México: CONAGUA. (2009).

CONDORI-MAMANI, Pastor; et al. “Evaluación del efecto del biol sobre catorce accesiones de papa nativa (*Solanum ssp.*) en la estación experimental kallutaca”. *Journal of the Selva Andina Biosphere*, [en línea] 2017, 5(1), pp. 15-28. [Consulta: 14 abril 2022]. Disponible en http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S2308-38592017000100003&script=sci_arttext

CORREGIDOR-CUEVAS, César Camilo, et al. *Optimización del modelo de la PTAP del laboratorio de la Universidad Católica de Colombia*. [blog]. 2018. [Consulta: 15 mayo 2023]. Disponible en: <https://repository.ucatolica.edu.co/server/api/core/bitstreams/09ea4f08-796b-4ba4-8340-63350a6e16b6/content>

COTRINA VALLES, María Elena. Determinación de metales pesados en lixiviados generados en el botadero municipal de la ciudad de Juanjui, provincia de Mariscal Cáceres, región San Martín-2016 [en línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería). Universidad Alas Peruanas, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Perú. 2016. P. 4. [Consulta: 2022-12-3]. Disponible en: https://repositorio.uap.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12990/8298/Tesis_Metales_Lixiviados_Botadero.pdf?sequence=1&isAllowed=y

CPE INEN 5 Parte 9-1:1992. INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN. CÓDIGO ECUATORIANO DE LA CONSTRUCCIÓN. C.E.C. NORMAS PARA ESTUDIO Y DISEÑO DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y DISPOSICIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA POBLACIONES MAYORES A 1000 HABITANTES.

CRUZ MAMANI, Milagros Magali. Propuesta e implementación de un modelo de gestión para el manejo de residuos sólidos y su influencia en la Institución Educativa Santa Teresa de Jesús, Tacna 2018 [en línea] (Trabajo de titulación). (Maestría). Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, Ingeniería Ambiental, Perú. 2019. p.54. [Consulta: 2023-03-09]. Disponible en <http://www.repositorio.unjbg.edu.pe/handle/UNJBG/3911>

CRUZ, Javier; et al. “Fitotoxicidad de abonos orgánicos líquidos en especies hortícolas indicadoras, un método de pre-selección”. *Revista Biológico Agropecuaria*. Tuxpan [en línea], 2015, (México) 3(5), pp. 964-971. [Consulta: 25 octubre 2022]. ISSN 2007-6940. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Javier-Cruz-Hernandez-2/publication/330366514_Fitotoxicidad-de-abonos-organicos-liquidos-en-especies-hortícolas-indicadoras-un-metodo-de-pre-seleccion/links/5c3ca0c1458515a4c725a6ec/Fitotoxicidad-de-abonos-organicos-liquidos-en-especies-hortícolas-indicadoras-un-metodo-de-pre-seleccion.pdf

DÁVILA CIFUENTES, Alexandra Marcela. Estudio del sistema de tratamiento de lixiviados en el relleno sanitario de Lago Agrío [en línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad

Central del Ecuador, Facultad de Ingeniería Química, Ecuador. 2013. p. 1. [Consulta: 2022-10-28]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/1501>

DE MATTOS, C. Urban growth and solid waste management in the metropolitan area of Rio de Janeiro, Brazil. *Waste Management*, 46 (2015), 536-542. doi: 10.1016/j.wasman.2015.08.007

DHEEBA, B., SAMPATH, S., & KUMAR, R. R. (2015). "Comparison of Different Methods for the Removal of Turbidity from Water". *International Journal of Advanced Research in Biological Sciences* [en línea], (Colombia) 2(4), pp. 61-66. [Consulta: 20 octubre 2022]. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2073-4360/15/1/217>

DUEÑAS CASAS, Saul. *Propuesta preliminar de la proyección tecnológica para el tratamiento de los residuales líquidos de la planta de sacrificio de ganado* [blog]. 2017. [Consulta: 12 febrero 2023]. Disponible en: <https://rein.umcc.cu/bitstream/handle/123456789/1101/TD17%20Saul.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

EL TELÉGRAFO. *El botadero del Porlón es una zona que contamina* [blog]. Ecuador: El Telégrafo, 2014. [Consulta: 12 octubre 2022]. Disponible en: <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/regional/1/el-botadero-del-porlon-es-una-zona-que-contamina>

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). *Process design manual for land treatment of municipal wastewater*. United States Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, (1994).

EP-EMMPA. *Empresa Pública Municipal Mercado de Productores Agrícolas "San Pedro de Riobamba"* [blog] 2022. [Consulta: 5 febrero 2023] Disponible en <https://www.ep-emmpa.gob.ec/index.php>

ESCOBAR ESCOBAR, Natalia; MORA DELGADO, Jairo; & ROMERO JOLA, Néstor. "Respuesta agronómica de *Zea mays* L. y *Phaseolus vulgaris* L. a la fertilización con compost. *Scielo* [en línea], (Colombia), 2013, 37(2), pp. 18-29. [Consulta: 24 enero 2023]. ISSN 1909-2474. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-24742013000200003

ESCOBAR, J. J.; & RONQUILLO, O. E. *Respuesta a la fertilización orgánica con el uso de Biol y potásica inorgánica en King grass (*Pennisetum purpureum*) para estimación energética de potencial productivo de biogás, Zamorano, Honduras* [blog]. Honduras: Zamorano, 2012.

[Consulta: 22 octubre 2022]. Disponible en: <https://bdigital.zamorano.edu/items/17e81d4b-944f-47a6-bb2f-86ed4a9b3ec0>

ESPÍN OLEAS, Eduardo Rubén. Proyecto de factibilidad para el tratamiento y aprovechamiento de los residuos sólidos generados en la ciudad de Riobamba [En línea] (Trabajo de titulación). (Maestría) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Gestión de Proyectos de Desarrollo, Ecuador. 2018. p. 2 [Consulta: 2022-10-18]. Disponible en <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/8370>

FERNÁNDEZ, M., DEL AMO, E., GARCÍA, T., & COCA, M. “Liquid fertilizer production from organic waste by conventional and microwave-assisted extraction technologies_ Techno-economic and environmental assessment”. ScienceDirect [en línea], 2021, (España) 806(4), p. 14. [Consulta: 18 octubre 2022]. ISSN 150904. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150904>

FLORES UNAPANTA, Jessica Alexandra. Determinación de los rangos de conductividad eléctrica, para el diagnóstico del porcentaje de germinación en maíz y fréjol [en línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería). Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ciencias Agrícolas, Ecuador. (2018). p. 49. [Consulta: 2022-11-25] Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/15119>

FONCODES. *Producción y uso de abonos orgánicos: biol, compost y humus* [blog]. ISSU, 2014. [Consulta: 30 octubre 2022]. Disponible en: <https://issuu.com/bleu.veris/docs/foncodes>

GADM DE RIOBAMBA. *Relleno sanitario de Porlón cumple con todas las normas ambientales* [blog]. Ecuador: Municipio de Riobamba, 2018. [Consulta: 12 octubre 2022]. Disponible en: <https://www.gadmriobamba.gob.ec/index.php/noticias/archivo/56-boletines-de-prensa-abril-2018/1646-relleno-sanitario-de-porlon-cumple-con-todas-las-normas-ambientales>

GADM RIOBAMBA. *Empresa Pública Municipal Mercado de Productores Agrícolas San Pedro de Riobamba (EP-EMMPA)* [blog]. Ecuador: Municipio de Riobamba, 2022. [Consulta: 15 octubre 2022]. Disponible en: <https://www.ep-emmpa.gob.ec/>

GALLARDO PIEDRA, Yeison Javier. *Modelos de crecimiento poblacional de habitantes y proyecciones para el distrito de Tambogrande-Piura, 2000-2021* [blog]. 2018. [Consulta: 4 febrero 2023]. Disponible en: <https://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/UNP/1420/CIE-GAL-PIE-2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

GALLEGOS LLERENA, Rodrigo Alonso, & BUSTOS URQUIZO, Rosa Virginia. Evaluación del efecto de diferentes proporciones de componentes en la producción de Biol sobre

Biogás utilizando residuos vegetales recolectados de parques de Arequipa [en línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería). Universidad Católica de Santa María, Facultad de Ciencias Farmacéuticas, Bioquímicas y Biotecnológicas, Perú. (2019). p. 16 [Consulta: 2022-12-15]. Disponible en: <https://repositorio.ucsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12920/9667/42.0232.IB.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

GALLEGOS, T., ACOSTA, I., & JARA, J. “Preparación de biol a partir de residuos orgánicos Preparation of biol from organic wastes”. Redbiolac [en línea], 2022 RedBioLAC, (Uruguay) 6(1), pp. 51-55. [Consulta: 18 octubre 2022]. ISSN 2393-7408. Disponible en: <http://www.revistaredbiolac.org/index.php/revistaredbiolac/article/view/28>

Gobierno de México. Volumen de prismas rectos. 2022. Disponible en <https://nuevaescuelamexicana.sep.gob.mx/detalle-ficha/4716/>

GÓMEZ BLASCO, Ana Laura; et al. Análisis de un sistema de tratamiento de lixiviados mediante evaporación; caso estudio: rellenos sanitarios RESA, SA de CV, en Puebla, Pue [en línea] (Trabajo de titulación). (Maestría). Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Facultad de Ingeniería, México. 2020. p. 16. [Consulta: 2023-03-7]. Disponible en <https://repositorioinstitucional.buap.mx/handle/20.500.12371/2265>

GONZALEZ PEDRAZA, J., PEREIRA SANANDRES, N., SOTO VARELA, Z., HERNÁNDEZ AGUIRRE, E., & VILLARREAL CAMACHO, J. “Microbiological Isolation of Salmonella spp. And Molecular tools for detection”. Salud Uninorte [en línea], 2014, (Honduras) 30(1), pp. 73-94. Consulta [30 octubre 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.14482/sun.30.1.4316>

GONZÁLEZ-ALLER JOLY, José Daniel, et al. *Estudio de la eliminación de partículas en suspensión en agua* [blog]. 2015. [Consulta: 15 enero 2023]. Disponible en: http://calderon.cud.uvigo.es/bitstream/handle/123456789/47/TFG_GLEZ-ALLER%20JOLY.pdf?sequence=1&isAllowed=y

GONZÁLEZ-JIMÉNEZ, Yuliana; & VILLALOBOS-MORALES, Josué. “Manejo ambiental de residuos orgánicos: Estado del arte de la generación de compostaje a partir de residuos sólidos provenientes de sistemas de trampas de grasa y aceite”. Revista Tecnología en Marcha [en línea] 2021, 34(2), pp. 11-22. [Consulta: 5 abril 2023]. Disponible en https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S0379-39822021000200011&script=sci_arttext

GRANOLLERS, A. *Guía práctica para el diseño y la explotación de plantas de compostaje* [Blog]. España: Cataluña, 2016. [Consulta: 28 octubre 2022]. Disponible en: https://residus.gencat.cat/web/.content/home/lagencia/publicacions/form/GuiaPC_web_ES.pdf

HANNÍBAL, Brito, et al. “Obtención de compost a partir de residuos sólidos orgánicos generados en el mercado mayorista del Cantón Riobamba”. *European Scientific Journal*, [En línea], 2016, (México) 3(12), pp. 76-94. [Consulta: 23 febrero 2022]. Disponible en: <https://ejournal.org/index.php/esj/article/view/8200/7914>

HENRÍQUEZ, Aline. *Problemática Ambiental por mal manejo de residuos sólidos domésticos en el Municipio de Galapa* [blog]. Aidisnet, 2019. [Consulta: 30 octubre 2022]. Disponible en: <https://www.aidisnet.org/wp-content/uploads/2019/07/463-Colombia-oral.pdf>

HERNÁNDEZ OSPINA, Juan David. *Evaluación de sistemas de aireación para transferencia de oxígeno en aguas subterráneas* [blog]. 2019. [Consulta: 5 febrero 2023]. Disponible en: <https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/handle/10893/17815>

HERNÁNDEZ, E. *Hidrodinámica* [blog]. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, 2014. [Consulta: 20 enero 2023]. Disponible en: <https://repository.uaeh.edu.mx/bitstream/bitstream/handle/123456789/16715/LECT147.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

HEYRANI, Mehdi, et al. *Application of Numerical and Experimental Modeling to Improve the Efficiency of Parshall Flumes: A Review of the State-of-the-Art* [blog]. *Hydrology*, 2022. [Consulta: 2 febrero 2023]. Disponible en <https://www.mdpi.com/2306-5338/9/2/26>

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS Y CENSOS (INEC). *Resultados definitivos de algunas de las variables investigadas en el VI Censo de Población y V de Vivienda* [blog]. 2001. [Consulta: 5 febrero 2023]. Disponible en: https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Bibliotecas/Fasciculos_Censales/Fasc_Cantoniales/Chimborazo/Fasciculo_Riobamba.pdf

ISA. *Trampas de grasa Un pre tratamiento de aguas residuales – ISA* [blog]. 2023. [Consulta: 24 marzo 2022]. Disponible en: <https://isa.ec/trampas-de-grasa-un-pre-tratamiento-de-aguas-residuales/>

ISO 14000:2015. *Environmental management systems - Requirements with guidance for use.* International Organization for Standardization.

ISO. *Guía de Buenas Prácticas de Envasado de Líquidos* [blog]. 2014. [Consulta: 24 noviembre 2022] Disponible en: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:18601:ed-1:v1:es>

JARA SAMANIEGO, Janneth, GALLEGOS, Janneth & CRUZ, Alejandro. “Elaboración y caracterización de bioles de residuos orgánicos”. *InterSedes* [en línea]. 2021, (España) 22(45), pp.189-203. [Consulta: 12 abril 2023], ISSN 2215-2458. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.15517/isucr.v22i45.46013>

JARAMILLO. G & ZAPATA. L. (2008). *Aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos en Colombia* [blog]. [Consulta: 23 marzo 2023]. Disponible en: <https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/45/1/AprovechamientoRSOUenColombia.pdf>

JIMÉNEZ CHUVA, Silvio Olmedo. Elaboración de compost a partir de residuos sólidos orgánicos generados en el Mercado Mayorista del Cantón Riobamba. (Tesis de Licenciatura). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador, 2015. pp. 14-17. [Consulta: 2022-12-9] Disponible en <http://dspace.esoch.edu.ec/handle/123456789/4867>

JONATHAN STEVEN, Abarca Castillo. El Espacio Público Como Estrategia Para El Desarrollo Urbano De La Ciudad De Riobamba. [en línea] (Trabajo de titulación). (Maestría). Universidad Nacional de Chimborazo, Vinculación y Posgrado, Ecuador. 2022. p. 56. [Consulta: 2023-05-20] Disponible en <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/9047>

KAHRAMAN, F., ERDEM, E., & KAYA, T. Solid waste management in Istanbul, Turkey: Current status and future challenges. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(2), (2018), 1023-1033. doi: 10.1007/s11356-017-0682-2

KURMANA, Anil; SRINIVAS, N. “Quality assessment of compost from Centralized windrow composter (CWC) and Source segregate automatic vessel composter (AVC) at Hyderabad city in India”. *Journal of Applied and Natural Science* [en línea], 2021, 13(2), pp. 450-454. Disponible en: <https://journals.ansfoundation.org/index.php/jans/article/view/2583/2006>

LI, Y., JIA, Y., & CHEN, J. Monitoring rainfall-runoff characteristics using a Parshall flume in an urbanized area: A case study in China. *Water Science and Technology*, 81° ed., 2020, pp. 257-266.

LI, Y., LIANG, H., LI, J., LI, X., & LU, Q. *Investigation on the feasibility of using low-cost bamboo meshes for wastewater treatment in rural areas of China*. China: *Journal of Environmental Management*, 2018, pp. 210-217.

LIZARAZO BECERRA, Jenny Milena; ORJUELA GUTIÉRREZ, Martha Isabel. *Sistemas de plantas de tratamiento de aguas residuales en Colombia* [blog]. Instituto de Salud Pública, 2013. [Consulta: 23 abril 2023]. Disponible en <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/20486>

LOAYZA PÉREZ, Jorge. “Gestión integral de residuos químicos peligrosos”. *Revista de la sociedad química del Perú* [en línea], 2007, (Perú) 73(4), pp. 259-260. [Consulta 20 Octubre 2022] Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=s1810-634x2007000400009&script=sci_arttext&tlng=en

LOPEZ SOTO, Erika Paola. *Aireación eficiente segura y económica del agua en Colombia y en el mundo* [blog] 2017. [Consulta: 5 febrero 2023]. Disponible en: <http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/handle/20.500.12744/1362>

LÓPEZ VELASCO, Rocío. Evaluación de la producción de lixiviados en vertederos de residuos sólidos urbanos: métodos disponibles y aplicación a vertederos de cuencas mediterráneas [en línea] (Trabajo de titulación). (Maestría). Universidad Politécnica de Valencia, España. 2016. p.14. [Consulta: 2022-12-9]. Disponible en: <https://riunet.upv.es/handle/10251/65724#>

MAC DONNELL, María Teresa. Producción, aplicación y beneficios de los extractos acuosos del compostaje (té de compost) [en línea] (Trabajo de titulación). (Doctorado). Universidad Nacional del Litoral, Facultad de Ciencias Agrarias, Argentina. 2018. p. 5-6. [Consulta: 2023-2-14]. Disponible en: <https://bibliotecavirtual.unl.edu.ar:8443/handle/11185/1173>

MALPARTIDA DOMÍNGUEZ, Liz Gretel. *Gestión ambiental de los residuos sólidos orgánicos de origen vegetal generados en el mercado de abastos de la ciudad de Huánuco para la producción de compost en los meses de julio a setiembre del 2014.* 2020.

MANNING, R. On the flow of water in open channels and pipes. *Transactions of the Institution of Civil Engineers of Ireland*, 20 (1891), pp. 161-207.

MARTÍNEZ H, E., FUENTES E, J. P., & ACEVEDO H, E. “Carbono orgánico y propiedades del suelo”. *Scielo* [en línea], 2008, (Santiago de Chile) 8(1), pp. 68-96. [Consulta: 2 marzo 2023]. Disponible en: https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-27912008000100006&lng=en&nrm=iso&tlng=en

MARTÍNEZ, Fabián Robles; et al. *Efecto de las dimensiones de las pilas en el desarrollo de la fase termofílica en un proceso de composteo* [blog]. Aidisnet, 2019. [Consulta: 14 abril 2022]. Disponible en: <http://www.aidisnet.org/wp-content/uploads/2019/07/410-Mexico-oral.pdf>

MASAQUIZA CHIMBOLEMA, María Fernanda. Influencia del abono orgánico biol, sobre el comportamiento agronómico y productividad del cultivo de pimiento (*capsicum annum l.*), en el cantón Cumandá provincia de Chimborazo. (Tesis de Licenciatura). (Ingeniería). Universidad Técnica de Ambato, Ecuador. 2016. p. 56. [Consulta: 5 febrero 2023]. Disponible en <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/24083>

MENDOZA DELGADO, Jesús Guadalupe. Evaluación de diferentes tasas de aireación y de agente de carga en el proceso de degradación de biosólidos y residuos sólidos orgánicos [en línea] (Trabajo de titulación). (Maestría). Instituto Tecnológico de Toluca, Ingeniería Ambiental, México. 2018. p. 6. [Consulta: 2023-2-14]. Disponible en: <http://51.143.95.221/handle/TecNM/2671>

MEZA DEL AGUILA, Lisset. Elaboración de abono líquido mediante fermentación homoláctica de papas de descarte utilizando el consorcio microbiano ácido láctico B-lac [en línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería). Universidad Nacional Agraria La Molina, Facultad de Ciencias, Perú. 2014. p. 54. [Consulta: 2022-10-25]. Disponible en: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/1877>

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA. *En Chimborazo se vendió 9.288 sacos de fertilizantes.* [blog]. Ecuador. 2018 [Consulta: 04 abril 2023]. Disponible en <https://www.agricultura.gob.ec/en-chimborazo-se-vendio-9-288-sacos-de-fertilizantes/>

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA. Manual técnico para el registro y control de fertilizantes, enmiendas de suelo y productos afines de uso agrícola. Agencia de regulación y control fito y zoonosanitario, Edición No. 5. 2020. Disponible en <https://www.agrocalidad.gob.ec/wp-content/uploads/2020/05/ac6.pdf>

MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN. *Real Decreto 1310/1990, de 29 de octubre, por el que se regula la utilización de los lodos de depuración en el sector agrario* [blog]. BOE, Legislación consolidada, 1990. [Consulta: 6 noviembre 2022] <https://www.boe.es/buscar/pdf/1990/BOE-A-1990-26490-consolidado.pdf>

MINISTERIO DEL AMBIENTE DEL ECUADOR. *Texto unificado de legislación secundaria del medio ambiente* [blog]. 2017. [Consulta: 5 noviembre 2022]. Disponible en: <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/05/tulsma.pdf>

MINISTERIO DEL AMBIENTE. *Programa Nacional para la Gestión Integral de Desechos Sólidos (PNGIDS)* [blog]. Quito, Ecuador. 2020. [Consulta: 7 diciembre 2022]. Disponible en:

<https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2020/07/5.PROYECTO-PNGIDS.pdf>

MOLINA, E. (2012). *Fuentes de fertilizantes foliares* [blog]. Fertilización foliar: principios y aplicaciones, 2012. [Consulta: 15 noviembre 2022]. Disponible en: <http://www.cia.ucr.ac.cr/pdf/Memorias/Memoria%20Curso%20Fertilizaci%C3%B3n%20Foliar.pdf#page=30>

MONAR ORDÓÑEZ, Jefferson David. Prediseño de una planta de tratamiento de agua residual proveniente de la producción de lácteos [en línea] (Trabajo de titulación). (Tesis de Licenciatura) Quito: Universidad de las Américas, Ecuador. 2020. pp.67-80. [Consulta: 2023-02-09]. Disponible en: <https://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/12053>

MONTIEL BOHÓRQUEZ, Néstor D.; PÉREZ, Juan F. “Generación de energía a partir de residuos sólidos urbanos. estrategias termodinámicas para optimizar el desempeño de centrales térmicas”. Información tecnológica [en línea], 2019, (Colombia) 30(1), pp. 273-284. [Consulta: 5 abril 2023] Disponible en https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-07642019000100273&script=sci_arttext

MORALES, Adriana; et al. “Funcionamiento de la Empresa Pública Municipal Mercado de Productores Agrícolas San Pedro de Riobamba EP-EMMPA”. Dialnet [en línea], 2021, (Ecuador) 7(4), p. 119. [Consulta: 14 octubre 2022]. ISSN 2477-8818. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8383966>

MORENO TINAJERO, Pedro, et al. *Colector sanitario bachilleres del municipio de Pajacuaran Mich* [blog]. 2019. [Consulta: 3 mayo 2023]. Disponible en: http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/xmlui/bitstream/handle/DGB_UMICH/7707/FIC-L-2019-0841.pdf?sequence=1&isAllowed=y

MUNICIPIO DE RIOBAMBA. *Historia* [blog]. 2021. [Consulta: 29 de marzo 2023]. Disponible en: <https://www.riobamba.gob.ec/historia/>

NAZARI, F., YOUSEFI, M. R., ZAREI, H. R., & BAGHERI, S. *Experimental study on hydraulic performance of modified Parshall flume in rapid mixing of coagulants in drinking water treatment.* Environmental Technology, 40° ed., 2019, pp.15-30.

NIQUINGA GUAMBO, Kleber Rolando. Compostaje de Residuos Sólidos Orgánicos del Mercado Mayorista de Riobamba a Escala Semi-Industrial [en línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador, 2021. [Consulta: 2022-12-9]. Disponible en <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/17654>

NOGUERA, K., & OLIVERO, J. “Los rellenos sanitarios en Latinoamérica: caso colombiano”. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, [en línea], 2010, (Colombia) 34(132), pp. 347-356. [Consulta: 20 octubre 2022]. ISSN 0370-3908. Disponible en: <https://repositorio.accefyn.org.co/jspui/bitstream/001/622/1/182-189-PB.pdf#page=73>

NTE INEN 2687:2013. *INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN. MERCADOS SALUDABLES. REQUISITOS.*

OPS; CEPIS. Especificaciones técnicas para el diseño de trampa de grasa. Unidad de apoyo técnico para el saneamiento básico del área rural. 2003. Disponible en <http://www.ingenieroambiental.com/4014/xv.pdf>

ORTEGA MORENO, Antonio. *Área de un trapecio* [blog]. 2017. [Consulta: 3 abril 2023] Disponible en: <https://centroderecursos.educarchile.cl/handle/20.500.12246/13165>

OVIDEO OCAÑA, Edgar Ricardo; MARMOLEJO REBELLÓN, Luis Fernando; & TORRES LOZADA, Patricia. “Influencia de la frecuencia de volteo para el control de la humedad de los sustratos en el compostaje de biorresiduos de origen municipal”. Scielo [en línea], 2014, (México) 3(1), pp. 91-100. [Consulta: 25 febrero 2023]. Disponible en https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S018849992014000100008&script=sci_abstract&tlng=pt

PALOMINO RAMÍREZ, Moisés. *Análisis y diseño de sifón* [blog]. 2017. Disponible en http://repositorio.ujcm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12819/241/Moises_TrabajoDeSuficienciaProfesional_titulo_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y

PAOLONI, Juan Darío; LUQUE, Jorge Alfredo. *Aplicación de un código de aguas con énfasis en riego y obtención de un modelo real en función de dotación caudal y tiempo* [Blog] 2013. [Consulta: 4 febrero 2023]. Disponible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/30724>

PARSHALL, R. L. The measurement of water in open channels. Engineering News-Record, 86° ed., 1921, pp. 108-111.

PEDROZA GONZÁLEZ, Edmundo; JUÁREZ NÁJERA, Raúl. Canal Parshall. Secretaría de Medioambiente y Recursos Naturales, Comisión Nacional del Agua, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. 2016. Disponible en <http://slideplayer.es/slide/5714971/>

PELLÓN ARRECHEA, Alexis; et al. “Propuesta para tratamiento de lixiviados en un vertedero de residuos sólidos urbanos. Ingeniería hidráulica y ambiental”. Scielo [en línea], 2015, (Cuba)

36(2), pp. 3-16. [Consulta: 3 diciembre 2022]. ISSN 1680-0338. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1680-03382015000200001&script=sci_arttext&tlng=en

PINTO, Lucía.; & QUIPUZCO, Lawrence. “Aprovechamiento de aguas residuales domésticas para producción de biogás y biol mediante digestores de carga diaria”. Dialnet [en línea], 2015, (Perú) 76(1), pp. 87-93. [Consulta: 22 octubre 2022]. ISSN 2519-7398. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6171073>

PITA MORALES, Luz Adriana; PÁEZ SAAVEDRA, Julián David; & PUERTA GUTIÉRREZ, Nasly Susana. Proyecto comunitario Ambiente y Territorio: manejo y disposición de residuos sólidos en la vereda Pueblo Viejo, Monquirá, Colombia. Cooperativismo & Desarrollo [en línea], 2016, (Brasil) vol. 24(109). pp.34-38. [Consulta: 20 marzo 2023] Disponible en https://eglobal-s3-app.s3.us-west-2.amazonaws.com/articulos_revistas/50a7faea988dede83aca2015c3cd2f90.pdf

PLAN ESTRATÉGICO DE DESARROLLO CANTONAL RIOBAMBA 2025. *Alcaldía de Riobamba* [blog]. 2017. [Consulta: 5 febrero 2023]. Disponible en: <https://www.epemapar.gob.ec/wp-content/uploads/2017/03/plandesarrollocantonal.pdf>

POMA VILCA, Viviana Aracely; & SOTO QUIÑONES, Jonatan Micael. Diseño de un sistema de abastecimiento de agua potable del caserío de La Hacienda-districto de Santa Rosa-provincia de Jaén-departamento de Cajamarca [en línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería). Universidad Privada Antenor Orrego, Perú. 2017. p. 45. [Consulta: 2023-04-22]. Disponible en <http://repositorio.upao.edu.pe/handle/20.500.12759/3591>

PUMA BALSECA, Verónica Alexandra. La cadena de comercialización de hortalizas y los ingresos de las unidades de negocios en la empresa pública municipal mercado de productores agrícolas “San Pedro de Riobamba” (EP-EMMPA), Cantón Riobamba, período mayo 2015–mayo 2016. 2018 [En línea] (Trabajo de titulación). (Licenciatura) Universidad Nacional de Chimborazo, Facultad de Ciencias Políticas y Administrativas, Ecuador. 2017. p. 12. [Consulta: 2022-10-15]. Disponible en <http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/4695/1/UNACH-EC-FCP-ING-COM-2018-0005.pdf>

RIVERA CONTRERAS, William Alberto. El uso de Biol en el cultivo de ajo (*Allium sativum* L.) para incrementar su rendimiento [en línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería). Universidad Técnica de Babahoyo, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Ecuador. (2022). pp. 4-5. [Consulta: 2022-10-28]. Disponible en: <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/11354>

RIVERA TELLEZ, David Alejandro, et al. *Alternativas para el manejo sostenible de residuos generados en áreas residenciales de Bogotá* [blog]. [Consulta: 23 abril 2023]. Disponible en: <https://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/36105>

ROBERTI PÉREZ, Luis. *Chlorination (centralised)* [blog]. Gass perspective, 2020. [Consulta: 12 abril 2023]. Disponible en: <https://sswm.info/es/gass-perspective-es/tecnologias-de-agua-y-saneamiento/tecnologias-de-abastecimiento-de-agua/cloraci%C3%B3n-centralizada>

ROJAS LLANOS, Yessenia Stefanía. Centro piloto municipal de acopio y transformación de residuos sólidos inorgánicos para reducir la contaminación y mejorar la conciencia ambiental en el distrito de la Victoria [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Facultad de Ingeniería, Perú. 2017. pp. 8. [Consulta: 2022-10-18]. Disponible en <https://tesis.usat.edu.pe/handle/20.500.12423/916>

ROJAS PÉREZ, Francisco Neptalí, & ZELEDÓN VÍLCHEZ, Efraín Alberto. Efecto de diferentes residuos de origen vegetal y animal en algunas características física, química y biológica del compost. Hacienda las mercedes, managua. 2005 [en línea] (Trabajo de titulación). (Diplomado) Universidad Nacional Agraria, Facultad de Agronomía, Nicaragua. 2007. p. 12. [Consulta: 2022-10-30]. Disponible en: <https://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnq02r741.pdf>

ROMERO ROJAS, Jairo Alberto, et al. *Tratamiento de aguas residuales, teoría y principios de diseño.* Bogotá, CO, Escuela Colombiana de Ingenieros, 2004.

RYE, Connie; WISE, Robert; JURUKOVSKI, Vladimir; DESAIX, Jean; CHOI, Jung; & AVISSAR, Yael. *Environmental Limits to Population Growth.* Houston, Texas. [blog]. 2016. [Consulta: 24 marzo 2023]. Disponible en <https://openstax.org/books/biology/pages/45-3-environmental-limits-to-population-growth>

SAENZ ROLDÁN, Luis Fernando. Diseño del sistema de tratamiento y reutilización del agua residual en la planta de lácteos Oasis. [en línea] (Tesis de Licenciatura). (Ingeniería Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ingeniería Química, Ecuador. 2014. p.10. [Consulta: 2023-03-26]. Disponible en <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/3217>

SÁEZ, Alejandrina; & URDANETA, Joheni A. “Manejo de residuos sólidos en América Latina y el Caribe Omnia”. Redalyc [en línea], 2014, (Venezuela) 20(3), pp. 121-135. [Consulta: 12 abril 2023]. ISSN 1315-8856. Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/737/73737091009.pdf>

SALAMANCA CASTRO, Eduard Mauricio. Estrategias para el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos producidos en la plaza de mercado de Fontibón. DC. [en línea]

(Trabajo de titulación). (Maestría). Universidad de Manizales, Colombia. 2014. p. 12. [Consulta: 2023-03-7] Disponible en: https://ridum.umanizales.edu.co/bitstream/handle/20.500.12746/1931/Salamanca_Castro_Eduad_Mauricio_2014.pdf?sequence=1&isAllowed=y

SANCHEZ GONZALES, Franklin. *Evaluación de la producción de compost con microorganismos eficientes en el distrito de rupa rupa* [blog]. Concytec, 2015. [Consulta: 3 marzo 2022]. Disponible en https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNAS_4ccf6b0d2636bfb027dd5e6cc7ebe82a

SÁNCHEZ, J. A., et al. *Hermeticidad en envases para alimentos líquidos*. Revista del Consumidor, 511° ed., 2017, pp. 46-49.

SOLARTE, Guillermo; et al. “Residuos sólidos y líquidos en el deterioro del ambiente y la salud de la comunidad educativa de la escuela Los Toldos, Popayán, Cauca”. Dialnet [en línea], 2019, (Colombia) 10(19), p.26. [Consulta: 4 noviembre 2022]. ISSN 2346-092. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5646258>

SUBSECRETARÍA DE SANEAMIENTO AMBIENTAL Y OBRAS SANITARIAS Y EL INSTITUTO ECUATORIANO DE OBRAS SANITARIAS. *Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes*

TERÁN, J. M., et al. *Manual de apuntes de la experiencia educativa de tuberías y canales*. Xalapa [blog]. *Creative Commons México*, 2017. [Consulta: 3 abril 2023]. Disponible en: <https://www.uv.mx/ingenieriacivil/files/2013/09/manual-de-ee-hidraulica-de-tuberias-y-canales.pdf>

TIBANLOMBO CHISAG, Nelly Marisol. Diseño de una planta de tratamiento de Lixiviados para el botadero de Curgua del cantón Guaranda provincia de Bolívar. [En línea] (Tesis de Licenciatura). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador. 2014. Pp. 57-63. [Consulta: 2022-12-9]. Disponible en <http://dspace.espech.edu.ec/handle/123456789/3655>

TIBURCIO ORTEGA, Roy Brian. *Análisis hidrológico e hidráulico en los sectores críticos del proyecto rehabilitación y mejoramiento de la carretera Huarua–Sayán–Churin, tramo: Sayán–Puente Tingo*. [blog]. 2022. [Consulta: 20 enero 2023]. Disponible en <http://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/18968>

TIXE PAUCAR, Marco Vinicio, & RUIZ TANDAZO, Byron José. Efecto del porcentaje de poda sobre el proceso de compostaje de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos

(FORSU) del relleno sanitario de Porlón [en línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Ecuador. 2018. p. 7. [Consulta: 2022-10-08]. Disponible en <http://dspace.espace.edu.ec/bitstream/123456789/10549/1/236T0408.pdf>

TIXE PAUCAR, Marco Vinicio; RUIZ TANDAZO, Byron José. Efecto del porcentaje de poda sobre el proceso de compostaje de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos (FORSU) del Relleno Sanitario de Porlón [en línea] (Tesis de Licenciatura). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Ciencias Químicas, Ecuador. 2018. p. 7. [Consulta: 2023-05-05]. Disponible en <http://dspace.espace.edu.ec/bitstream/123456789/10549/1/236T0408.pdf>

TORRI, Silvana. *¿Qué es un relleno sanitario?* [blog]. Argentina: Centro de Estudios y Desarrollo de Políticas Públicas, 2017. [Consulta: 22 octubre 2022]. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Silvana-Torri/publication/319624681_Que_es_un_relleno_sanitario/links/59bbd53d458515e9cfc78e2c/Que-es-un-relleno-sanitario.pdf

ULLOA S.A. *Succión y transporte de residuos líquidos* [blog]. Perú: Ulloa, 2019. [Consulta: 5 noviembre 2022]. Disponible en: <https://ulloaperu.com/gestion-integral-de-residuos/succion-y-transporte-de-residuos-liquidos/>

ULLOA, José. “Los rellenos sanitarios”. LA GRANJA. Revista de Ciencias de la Vida [en línea], 2005, (Ecuador) (4), pp. 2-17. [Consulta: 20 octubre 2022]. ISSN 1390-3799. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/4760/476047388001.pdf>

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA (UPV). Manual de diseño de lechos de secado de lodos. Valencia: UPV. (2015).

VALDIVIEZO ESTRELLA, Jorge Patricio. Análisis urbano de los mercados populares de la ciudad de Riobamba caso de estudio mercado la merced (Trabajo de Titulación) (Trabajo de Grado). Universidad Nacional de Chimborazo, Facultad de Ingeniería - Ecuador. 2019. pp. 11-14.

VALENCIA MALUCHE, Daniel Fernando; et al. Tratamiento de heces y camas de equinos, por medio del proceso de compostaje como medida de aprovechamiento de residuos orgánicos, Caso de estudio Grupo de Carabineros Cali [en línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería). Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD, Colombia. 2019. pp. 21-38. [Consulta: 2023-04-18]. Disponible en <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/31717>

VALLEJO TIXI, María del Carmen. Los Mercados Municipales como Actores e Impulsores del Modelo de Desarrollo Local en la Ciudad de Riobamba [en línea] (Trabajo de titulación). (Posgrado). Universidad Nacional de Chimborazo, Ecuador. 2022. pp. 1-15. [Consulta: 2023-04-05] Disponible en: <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/8811>

VÁZQUEZ, Pedro. Uso en la agricultura de sustancias húmicas [en línea] (Trabajo de especialización). (Especialización). Centro de Investigación en Química Aplicada, Química aplicada, México. 2013. pp. 2-10. [Consulta: 2022-11-24]. Disponible en <https://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1025/416>

VEGA CALDERÓN, Fernando; GALLEGOS CÁZARES, Leticia; & FLORES CAMACHO, Fernando. Dificultades conceptuales para la comprensión de la ecuación de Bernoulli. Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias [en línea], 2017, (Ecuador) 14(2), pp. 339-352. [Consulta 6 marzo 2023]. Disponible en <https://www.redalyc.org/journal/920/92050579004/movil/>

VILLALTA, Angela P., et al. Proyecto interdisciplinario para la reutilización de residuos sólidos en los estudiantes del “Cardenal Spínola. [en línea] (Trabajo de titulación). (Maestría). Universidad de Otavalo, Ecuador. 2022. pp. 10-18. [Consulta: 12 marzo 2023]. Disponible en <https://repositorio.uotavalo.edu.ec/handle/52000/733>

WU, Y., LU, H., LIU, X., ZHAO, Y., & HE, C. *The removal of bacteria and viruses in a multi-stage filter system using porous ceramic media.* Journal of Environmental Sciences, 55° ed., 2017, pp. 282-291.

YAN, H., SONG, H., & JIANG, B. *Combination of coarse-grained filtration and coagulation-flocculation for the treatment of industrial wastewater.* Separation and Purification Technology, 238° ed., 2020, pp. 116-427.

YUMBOPATIN, Martha. Trabajo de investigación estructurado de manera independiente como requisito para optar el título de ingeniero agrónomo [en línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería). Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Ecuador. (2013). Pp. 33-55. [Consulta: 2022-11-11]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/6490/1/Tesis-64%20%20Ingenier%c3%ada%20Agron%c3%b3mica%20-CD%2020205.pdf>

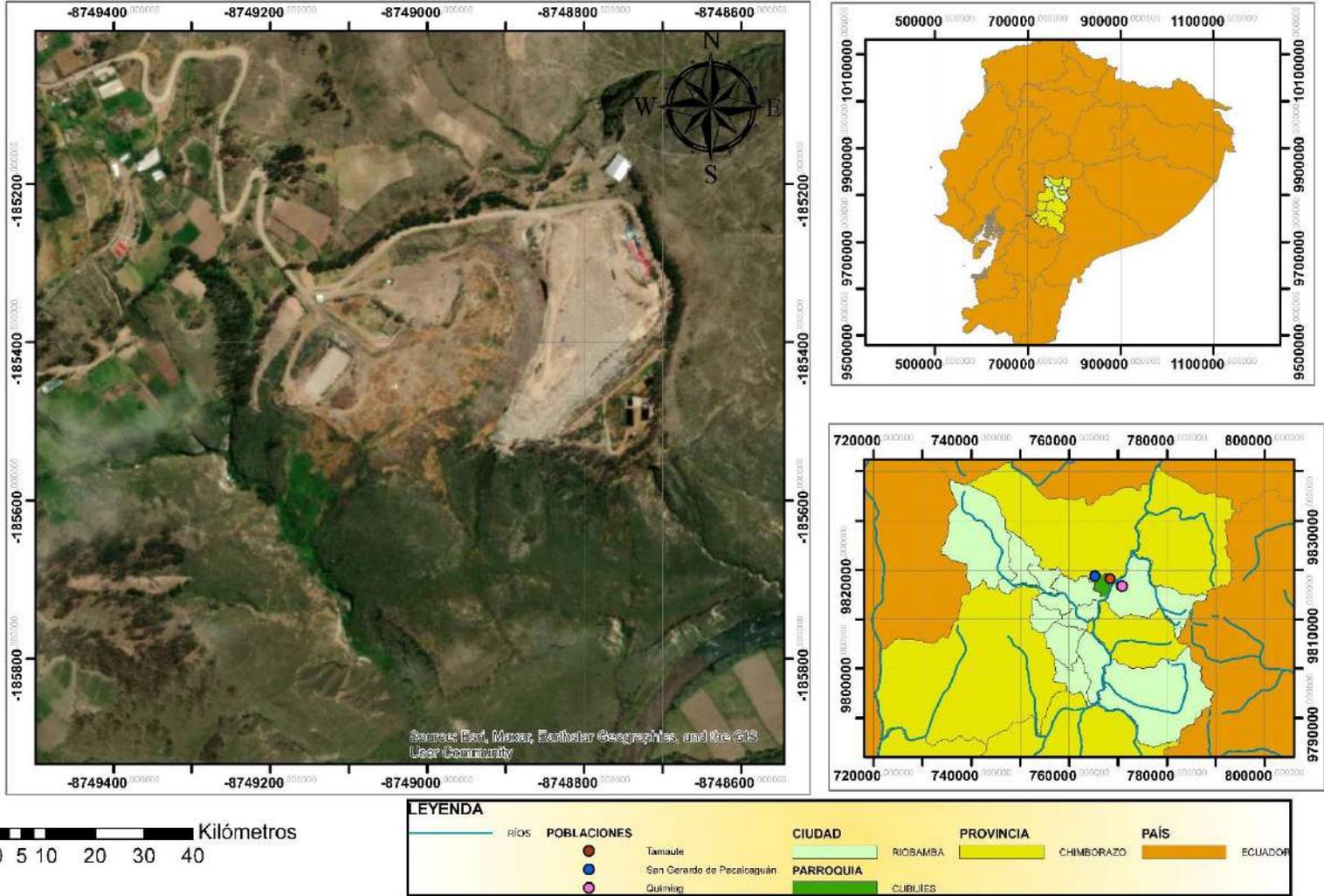
ZANABRIA AYCHO, José Ismael. Evaluación de la calidad de Biol de segunda y tercera generación de estiércol de cuy producido en un biodigestor instalado en el Instituto Regional de la Costa de la UNALM [en línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Nacional

Agraria La Molina, Facultad de Ciencias, Perú. 2019. p. 21. [Consulta: 2022-10-22]. Disponible en: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/4044/zanabria-aycho-jose-ismael.pdf?sequence=1&isAllowed=y>



ANEXOS

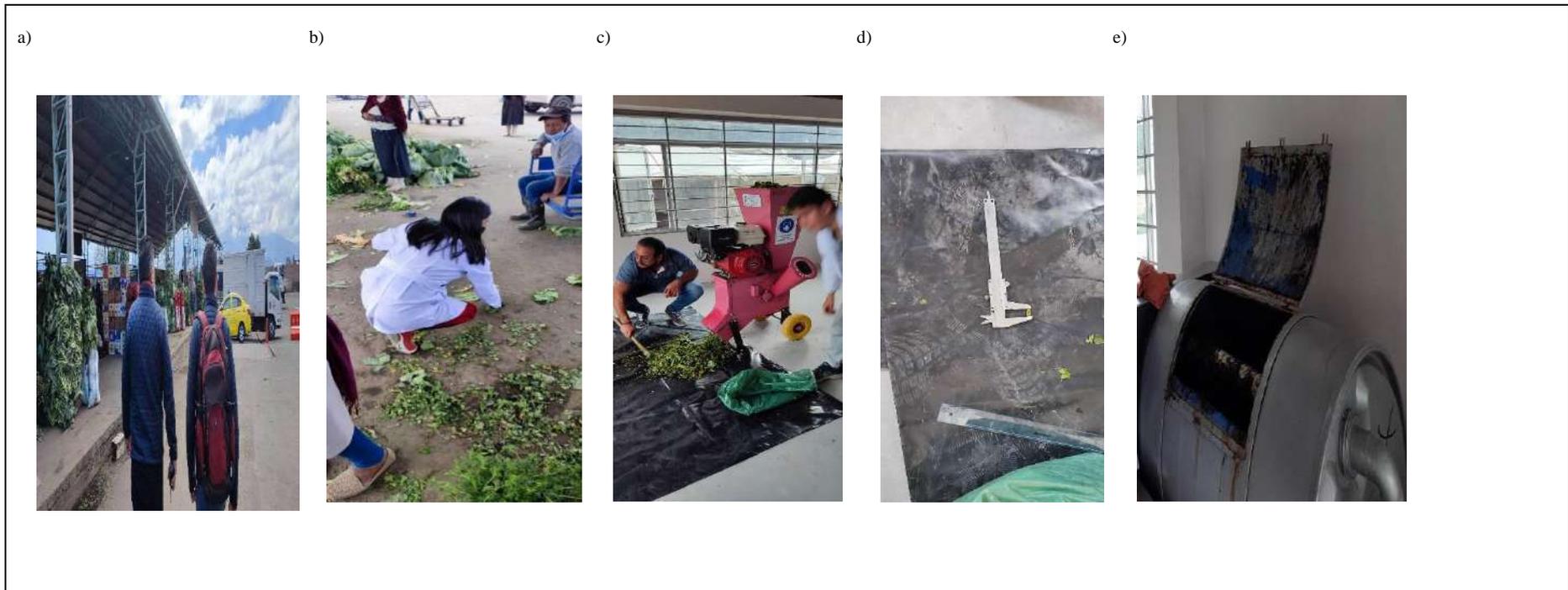
ANEXO A: MAPA DE LA UBICACIÓN DEL PROYECTO, RELLENO SANITARIO DE SAN JERÓNIMO DE PORLÓN.



ANEXO B: DIMENSIONES Y CAPACIDAD DE DIFERENTES CANALESTA PARSHALL SEGÚN SU ANCHO DE GARGANTA.

W (cm)	A (cm)	B (cm)	C (cm)	D (cm)	E (cm)	F (cm)	G (cm)	K (cm)	N (cm)	R (cm)	M (cm)	P (cm)	X (cm)	Y (cm)
2,5	36,3	35,6	9,3	16,8	22,9	7,6	20,3	1,9	2,9	-	-	50,0	0,8	1,3
5,1	41,4	40,6	13,5	21,4	35,6	11,4	25,4	2,2	4,3			70,0	1,6	2,5
7,6	46,6	45,7	17,8	25,9	38,1	15,2	30,5	2,5	5,7	40,6	30,5	76,8	2,5	3,8
15,2	62,1	61,0	39,4	40,3	45,7	30,5	61,0	7,6	11,4	40,6	30,5	90,2	5,1	7,6
22,9	88,0	86,4	38,0	57,5	61,0	30,5	45,7	7,6	11,4	40,6	30,5	108,0	5,1	7,6
30,5	137,2	134,4	61,0	84,5	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9	50,8	38,1	149,2	5,1	7,6
45,7	144,9	142,0	76,2	102,6	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9	50,8	38,1	167,6	5,1	7,6
61,0	152,5	149,6	91,5	120,7	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9	50,8	38,1	185,4	5,1	7,6
91,5	167,7	164,5	122,0	157,2	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9	50,8	38,1	222,3	5,1	7,6
122,0	183,0	179,5	152,5	193,8	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9	61,0	45,7	271,1	5,1	7,6
152,5	198,3	194,1	183,0	230,3	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9	61,0	45,7	308,0	5,1	7,6
182,8	213,5	209,0	213,5	266,7	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9	61,0	45,7	344,2	5,1	7,6
213,5	228,8	224,0	244,0	303,0	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9	61,0	45,7	381,0	5,1	7,6
244,0	244,0	239,2	274,5	340,0	91,5	61,0	91,5	7,6	22,9	61,0	45,7	417,2	5,1	7,6
305,0	274,5	427,0	366,0	475,9	122,0	91,5	183,0	15,3	34,3	-	-	-	30,5	22,9

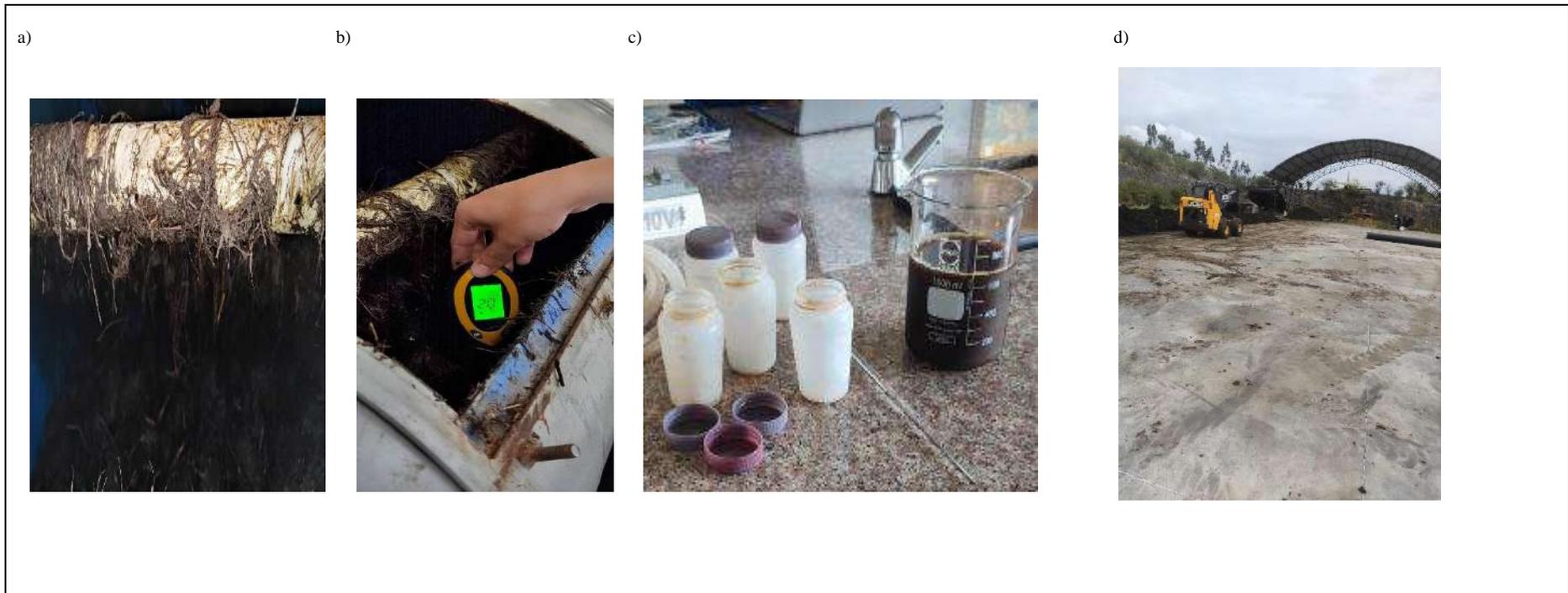
ANEXO C: RECOLECCIÓN Y PREPARACIÓN DE LOS RESIDUOS DE MERCADO PARA COMPOSTAJE.



NOTAS:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA AMBIENTAL	RECOLECCIÓN Y PREPARACIÓN DE LOS RESIDUOS DE MERCADO PARA COMPOSTAJE		
a. Visita técnica b. Recolección de los residuos orgánicos. c. Triturado de los residuos d. Medición del diámetro de partícula e. Compostador tipo tambor rotatorio con residuos orgánicos y material de poda.	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar		LÁMINA 1 de 1	ESCALA 1:1	FECHA 2022/06/18

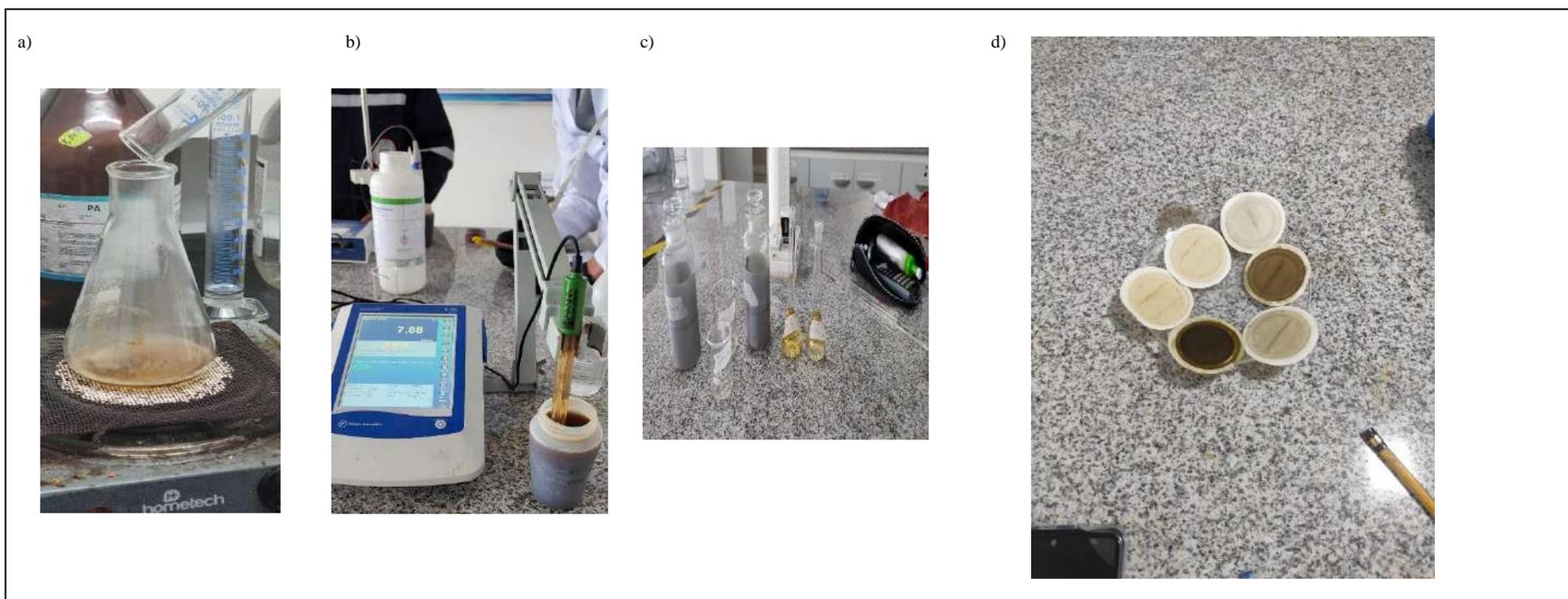
ELABORADO POR:
 Jessica Karina Montero Aguay
 Dilan Andrés Pombosa Burgos

ANEXO D: OBTENCIÓN DE LAS MUESTRAS DE BIOL.



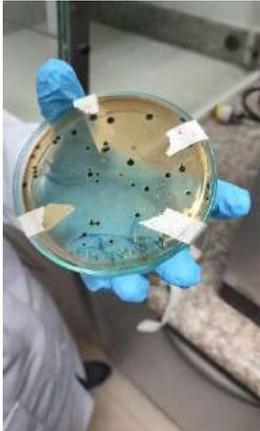
NOTAS:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA:	<p align="center">ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA AMBIENTAL</p> <p align="center">ELABORADO POR: Jessica Karina Montero Aguay Dilan Andrés Pombosa Burgos</p>	OBTENCIÓN DE LAS MUESTRAS DE BIOL													
<p>a. Volteos en el Compostador tipo tambor rotatorio 3 veces al día.</p> <p>b. Medición de los parámetros (pH, humedad y temperatura)</p> <p>c. Muestras por triplicado tanto del biol puro y del biol diluido</p> <p>d. Biol obtenido directamente de Porlón</p>	<table border="0"> <tr> <td><input type="checkbox"/> Aprobado</td> <td><input type="checkbox"/> Preliminar</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Certificado</td> <td><input type="checkbox"/> Por aprobar</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Información</td> <td><input checked="" type="checkbox"/> Por calificar</td> </tr> </table>		<input type="checkbox"/> Aprobado	<input type="checkbox"/> Preliminar	<input type="checkbox"/> Certificado	<input type="checkbox"/> Por aprobar	<input type="checkbox"/> Información	<input checked="" type="checkbox"/> Por calificar	<table border="1"> <tr> <td align="center">LÁMINA</td> <td align="center">ESCALA</td> <td align="center">FECHA</td> </tr> <tr> <td align="center">1 de 1</td> <td align="center">1:1</td> <td align="center">2022/06/18</td> </tr> </table>	LÁMINA	ESCALA	FECHA	1 de 1	1:1	2022/06/18	
<input type="checkbox"/> Aprobado	<input type="checkbox"/> Preliminar															
<input type="checkbox"/> Certificado	<input type="checkbox"/> Por aprobar															
<input type="checkbox"/> Información	<input checked="" type="checkbox"/> Por calificar															
LÁMINA	ESCALA	FECHA														
1 de 1	1:1	2022/06/18														

ANEXO E: CARACTERIZACIÓN FÍSICO- QUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA.



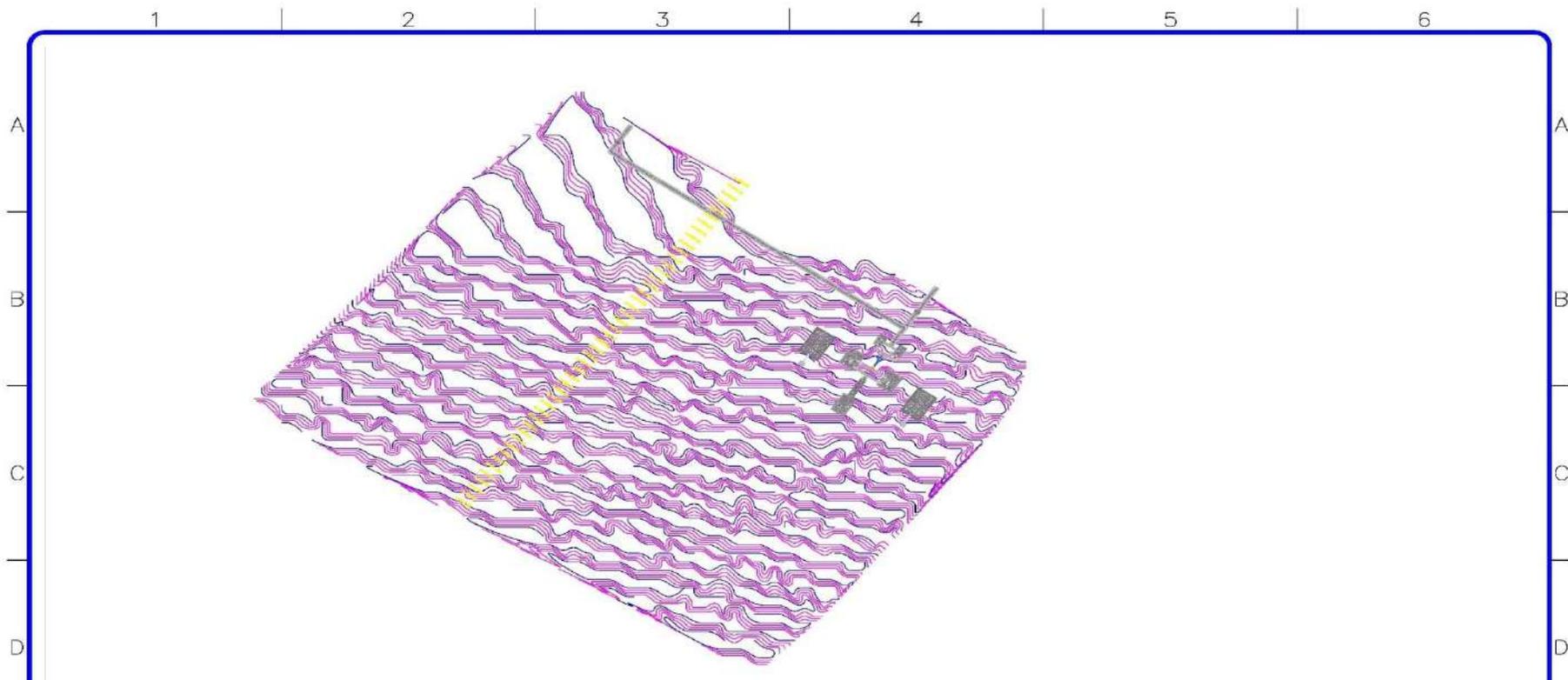
NOTAS:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA:	<p align="center">ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA AMBIENTAL</p> <p align="center">ELABORADO POR: Jessica Karina Montero Aguay Dilan Andrés Pombosa Burgos</p>	CARACTERIZACIÓN FÍSICO- QUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA		
<p>a. Digestión ácida</p> <p>b. Medición del pH y conductividad eléctrica</p> <p>c. Análisis de N, P Y K</p> <p>d. Análisis de solidos totales</p>	<p><input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar</p> <p><input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar</p> <p><input type="checkbox"/> Información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar</p>		<p align="center">LÁMINA</p> <p align="center">1 de 3</p>	<p align="center">ESCALA</p> <p align="center">1:1</p>	<p align="center">FECHA</p> <p align="center">2022/06/18</p>

Continuación -ANEXO E

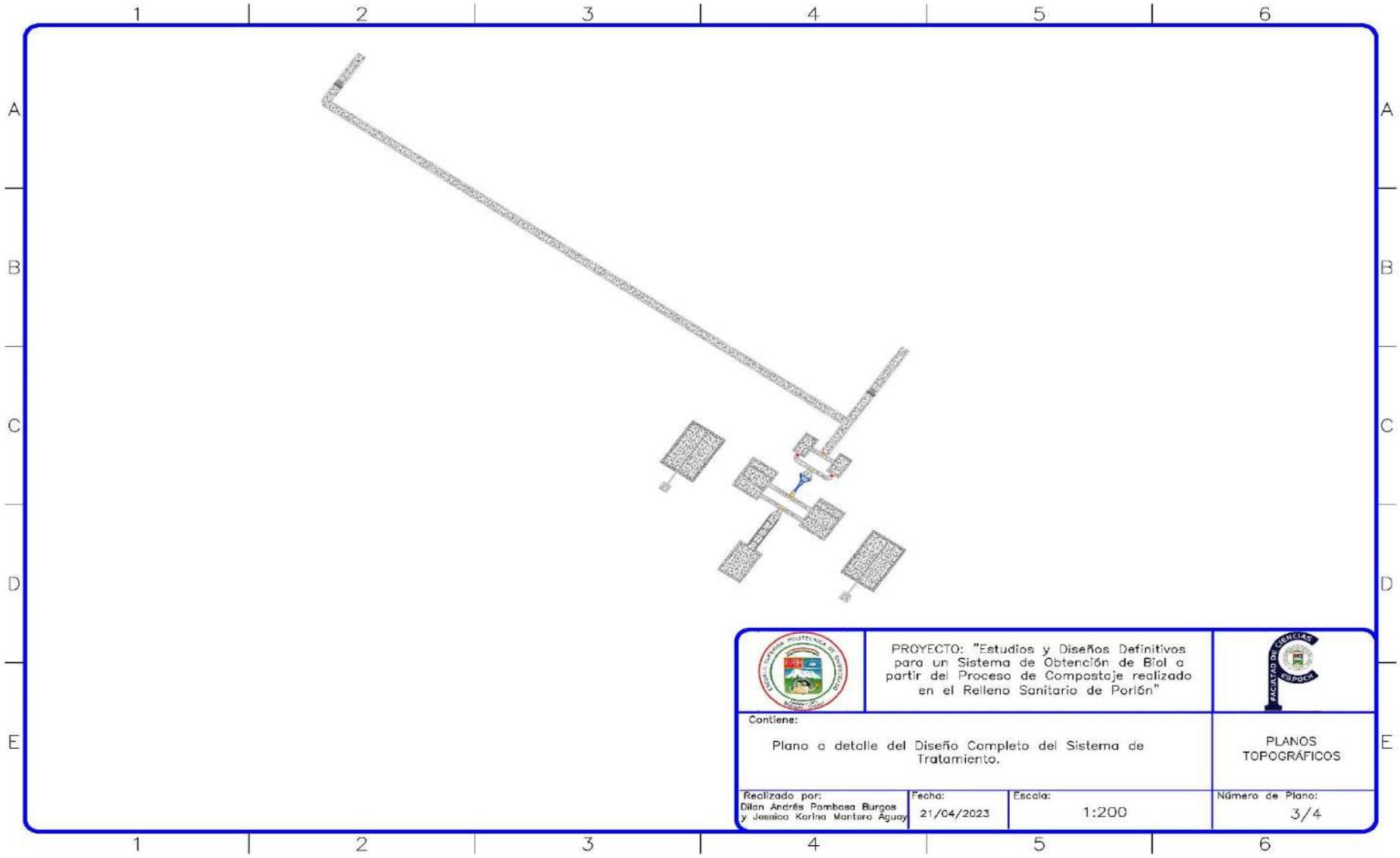
<p>e)</p> 	<p>f)</p> 	<p>g)</p> 	<p>h)</p> 						
<p>NOTAS:</p> <p>e. Porcentaje de carbono orgánico</p> <p>f. Agares para microorganismos patógenos</p> <p>g. Salmonella</p> <p>h. Escherichia coli</p>	<p>CATEGORIA DEL DIAGRAMA:</p> <p><input type="checkbox"/> Aprobado</p> <p><input type="checkbox"/> Certificado</p> <p><input type="checkbox"/> Información</p> <p><input type="checkbox"/> Preliminar</p> <p><input type="checkbox"/> Por aprobar</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Por calificar</p>	<p>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA AMBIENTAL</p> <p>ELABORADO POR: Jessica Karina Montero Aguay Dilan Andrés Pombosa Burgos</p>	<p>CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>LÁMINA</th> <th>ESCALA</th> <th>FECHA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2 de 3</td> <td>1:1</td> <td>2022/06/18</td> </tr> </tbody> </table>	LÁMINA	ESCALA	FECHA	2 de 3	1:1	2022/06/18
LÁMINA	ESCALA	FECHA							
2 de 3	1:1	2022/06/18							

Continuación -ANEXO E

<p>i)</p> 	<p>j)</p> 	<p>k)</p> 	<p>l)</p> 			
<p>NOTAS:</p> <p>i. Cadmio y Plomo</p> <p>j. Selenio, Arsénico y Mercurio</p> <p>k. Balanza de humedad</p> <p>l. Picnómetro</p>	<p>CATEGORIA DEL DIAGRAMA:</p> <p><input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar</p> <p><input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar</p> <p><input type="checkbox"/> Información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar</p>	<p>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA AMBIENTAL</p> <p>ELABORADO POR: Jessica Karina Montero Aguay Dilan Andrés Pombosa Burgos</p>	<p>CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA</p>			
<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="1438 1161 1711 1193">LÁMINA</th> <th data-bbox="1711 1161 1879 1193">ESCALA</th> <th data-bbox="1879 1161 2029 1193">FECHA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="1438 1193 1711 1254">3 de 3</td> <td data-bbox="1711 1193 1879 1254">1:1</td> <td data-bbox="1879 1193 2029 1254">2022/02/18</td> </tr> </tbody> </table>	LÁMINA		ESCALA	FECHA	3 de 3	1:1
LÁMINA	ESCALA	FECHA				
3 de 3	1:1	2022/02/18				



	<p>PROYECTO: "Estudios y Diseños Definitivos para un Sistema de Obtención de Brial a partir del Proceso de Compostaje realizado en el Relleno Sanitario de Portón"</p>		
<p>Contiene: Plano a detalle de las Curvas de Nivel de la Zona de Construcción y Diseño Completo del Sistema de Tratamiento.</p>		<p>PLANOS TOPOGRÁFICOS</p>	
<p>Realizado por: Dilan Andrés Pambosa Burgos y Jessica Karina Montero Aguay</p>	<p>Fecha: 21/04/2023</p>	<p>Escala: 1:400</p>	<p>Número de Plano: 2/4</p>



PROYECTO: "Estudios y Diseños Definitivos para un Sistema de Obtención de Biól a partir del Proceso de Compostaje realizado en el Relleno Sanitario de Porlón"



Contiene:
Plano a detalle del Diseño Completo del Sistema de Tratamiento.

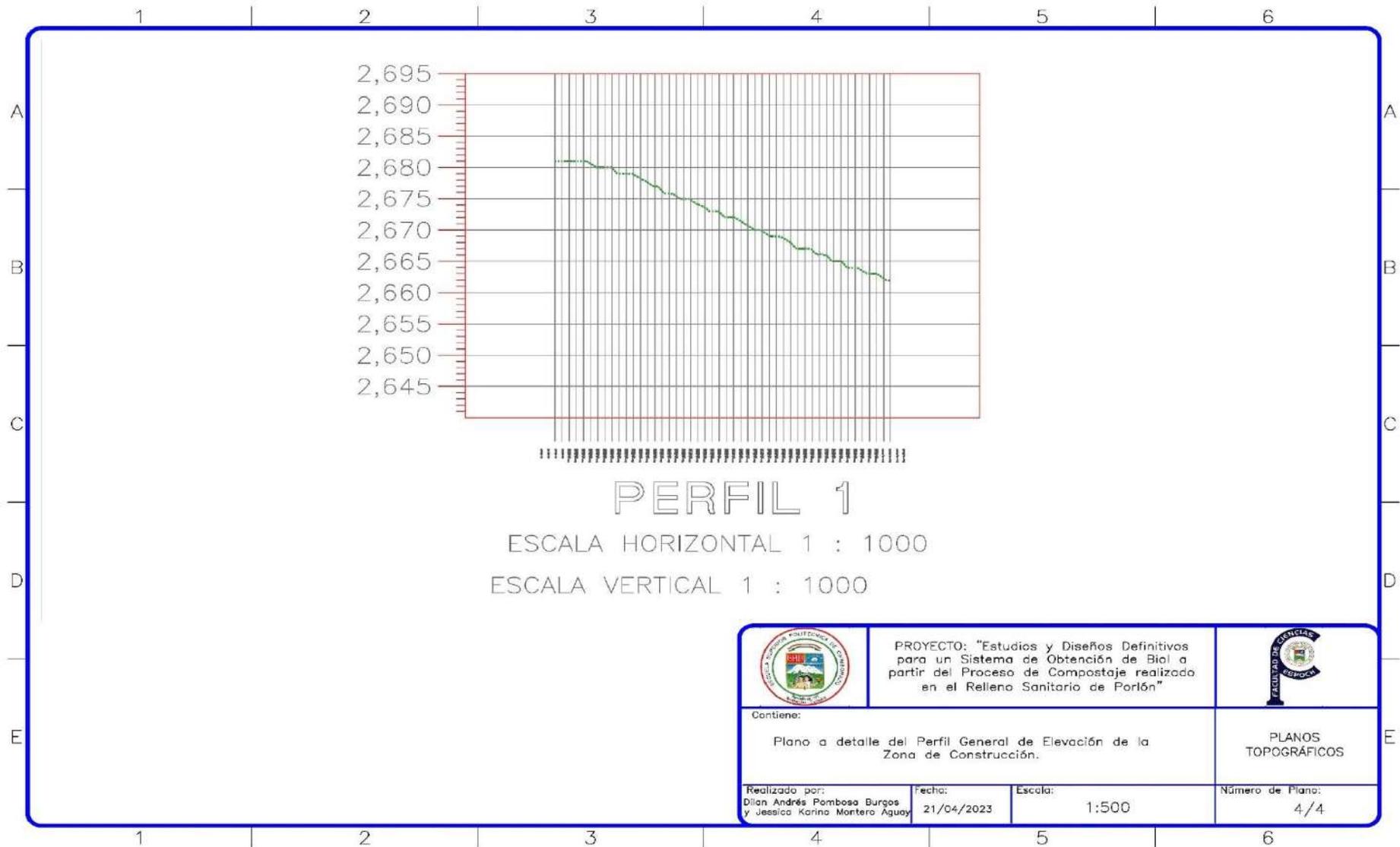
PLANOS TOPOGRÁFICOS

Realizado por:
Dilan Andrés Pombosa Burgos
y Jessica Karina Mantara Aguay

Fecha:
21/04/2023

Escala:
1:200

Número de Plano:
3/4



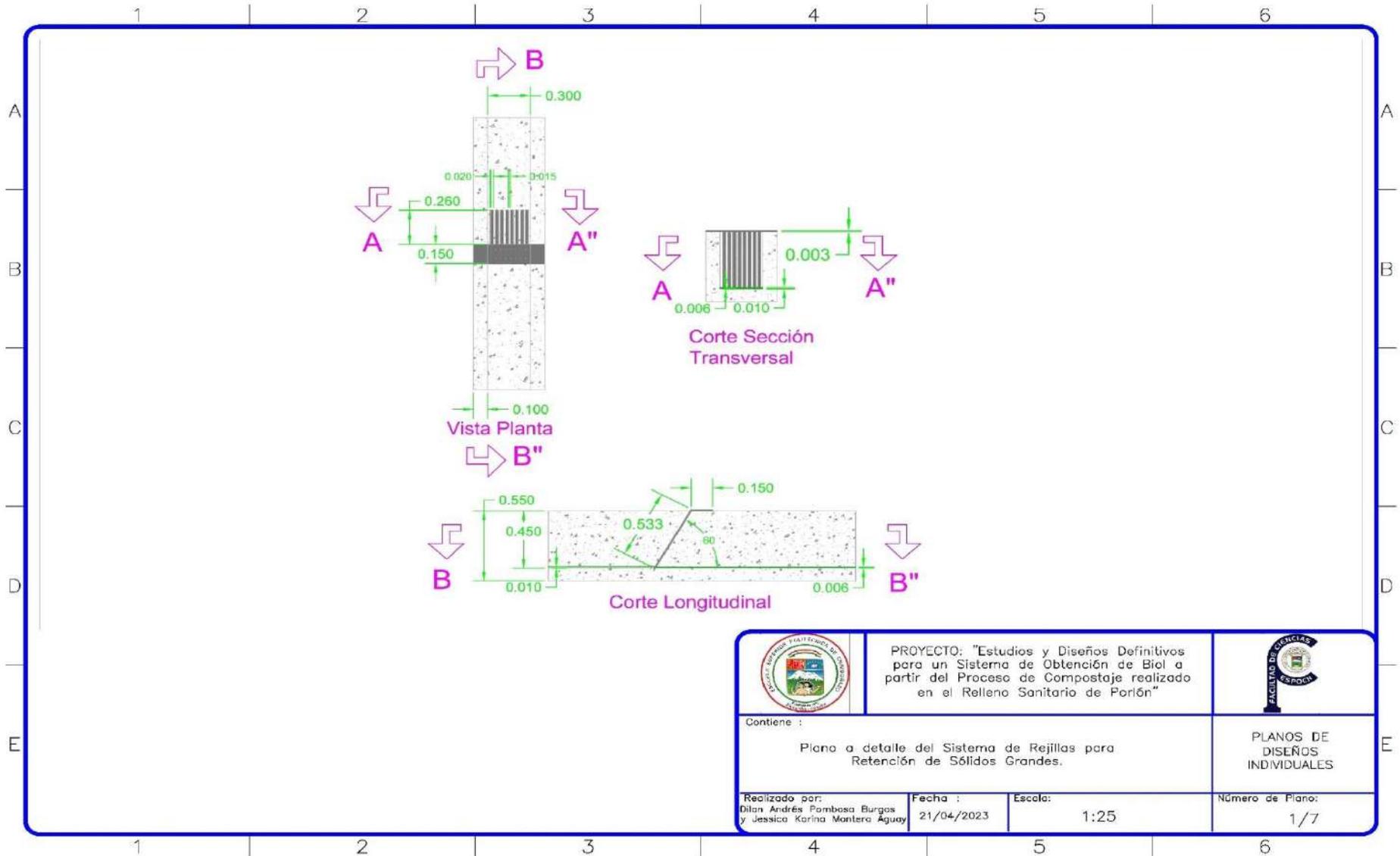
PERFIL 1

ESCALA HORIZONTAL 1 : 1000

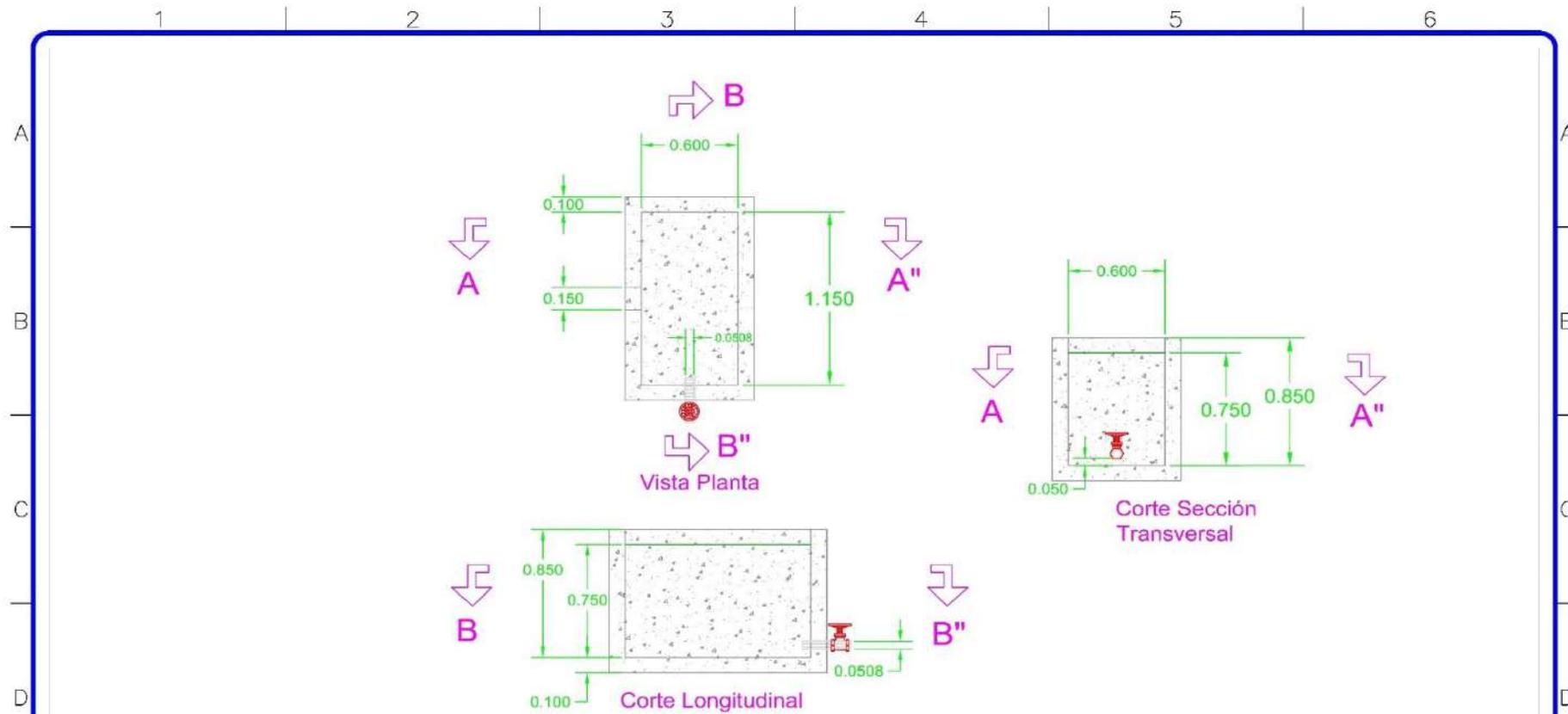
ESCALA VERTICAL 1 : 1000

	<p>PROYECTO: "Estudios y Diseños Definitivos para un Sistema de Obtención de Bior a partir del Proceso de Compostaje realizado en el Relleno Sanitario de Porlón"</p>	
<p>Contiene: Plano a detalle del Perfil General de Elevación de la Zona de Construcción.</p>		<p>PLANOS TOPOGRÁFICOS</p>
<p>Realizado por: Dilan Andrés Pombosa Burgos y Jessica Karina Montero Aguay</p>	<p>Fecha: 21/04/2023</p>	<p>Escala: 1:500</p>
		<p>Número de Plano: 4/4</p>

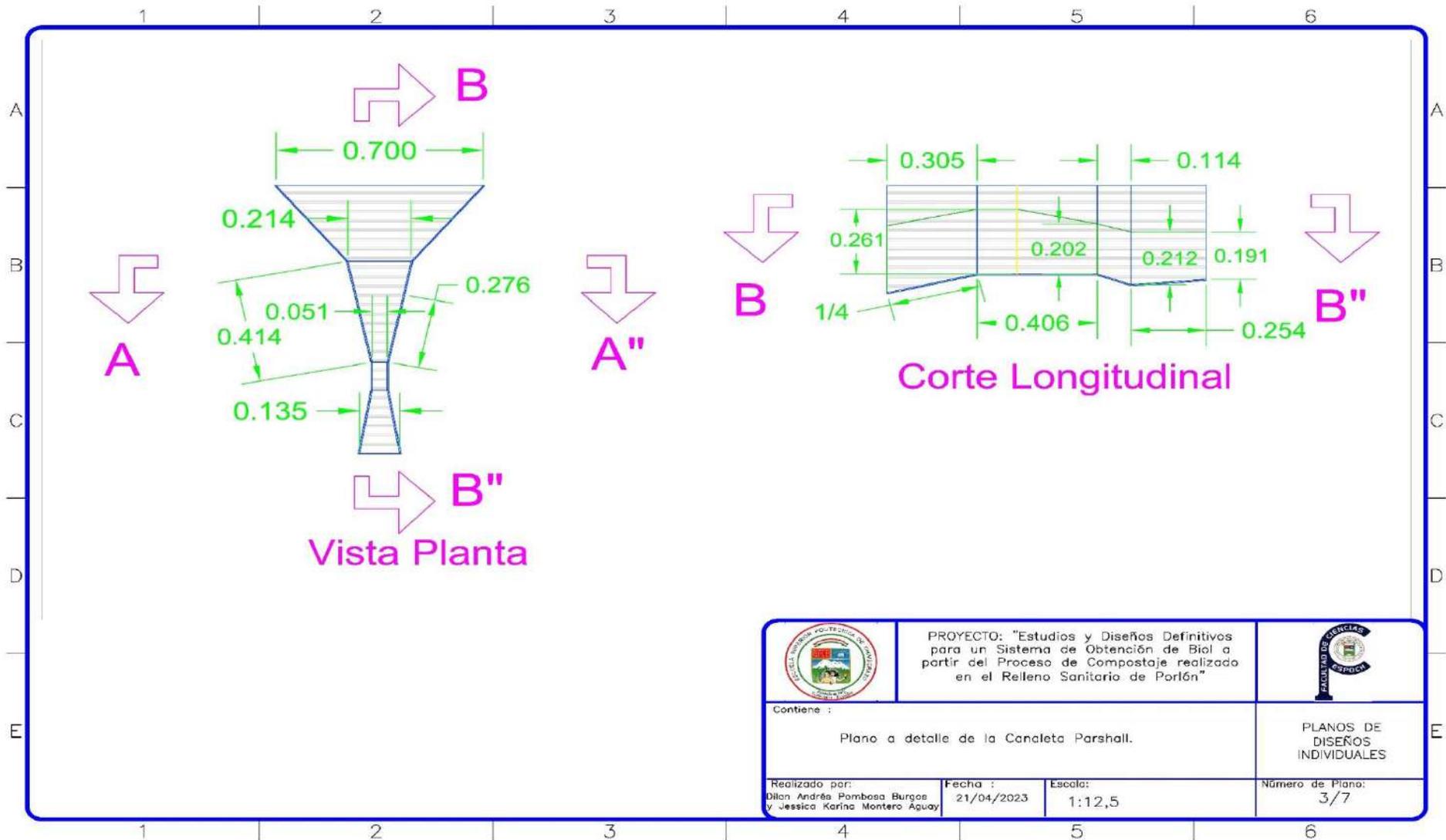
ANEXO G: PLANOS DE DISEÑOS INDIVIDUALES.



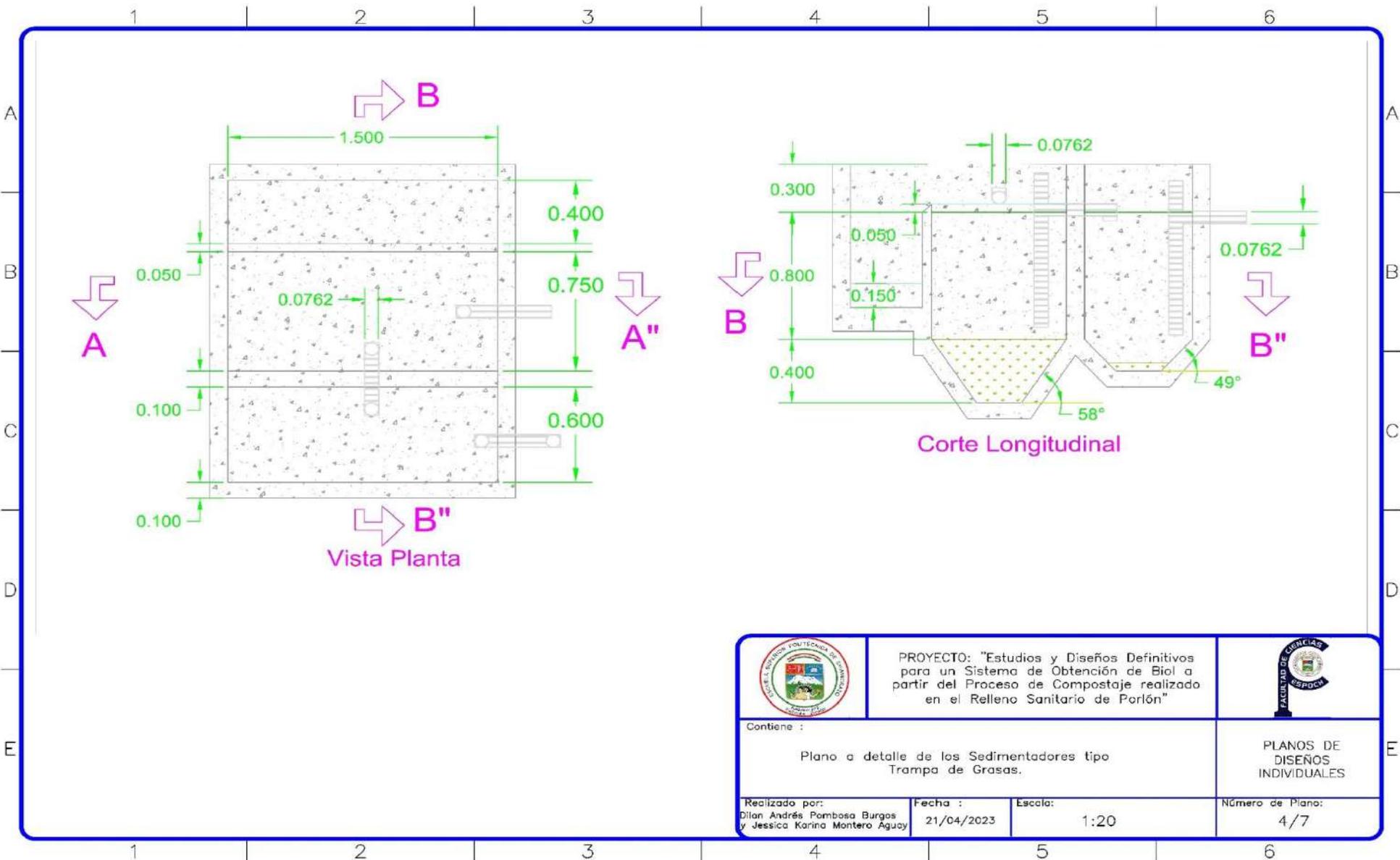
	<p>PROYECTO: "Estudios y Diseños Definitivos para un Sistema de Obtención de Biól a partir del Proceso de Compostaje realizado en el Relleno Sanitario de Porlón"</p>	
<p>Contiene : Plano a detalle del Sistema de Rejillas para Retención de Sólidos Grandes.</p>		<p>PLANOS DE DISEÑOS INDIVIDUALES</p>
<p>Realizado por: Dilan Andrés Pombasa Burgos y Jessica Karina Montero Aguay</p>	<p>Fecha : 21/04/2023</p>	<p>Escala: 1:25</p>
		<p>Número de Plano: 1/7</p>



	<p>PROYECTO: "Estudios y Diseños Definitivos para un Sistema de Obtención de Biól a partir del Proceso de Compostaje realizado en el Relleno Sanitario de Parlón"</p>	
<p>Contiene : Plano a detalle del Tanque de Recepción y Almacenamiento.</p>		<p>PLANOS DE DISEÑOS INDIVIDUALES</p>
<p>Realizado por: Dilan Andrés Pombosa Burgos y Jessica Karina Montero Aguay</p>	<p>Fecha : 21/04/2023</p>	<p>Escala: 1:25</p>
<p>Número de Plano: 2/7</p>		



	<p>PROYECTO: "Estudios y Diseños Definitivos para un Sistema de Obtención de Bío a partir del Proceso de Compostaje realizado en el Relleno Sanitario de Porlón"</p>	
<p>Contiene : Plano a detalle de la Cancheta Parshall.</p>		<p>PLANOS DE DISEÑOS INDIVIDUALES</p>
<p>Realizado por: Dilan Andrés Pombosa Burgos y Jessica Karina Montero Aguay</p>	<p>Fecha : 21/04/2023</p>	<p>Escala: 1:12,5</p>
		<p>Número de Plano: 3/7</p>



PROYECTO: "Estudios y Diseños Definitivos para un Sistema de Obtención de Biól a partir del Proceso de Compostaje realizado en el Relleno Sanitario de Porlón"



Contiene :
Plano a detalle de los Sedimentadores tipo Trampa de Grasas.

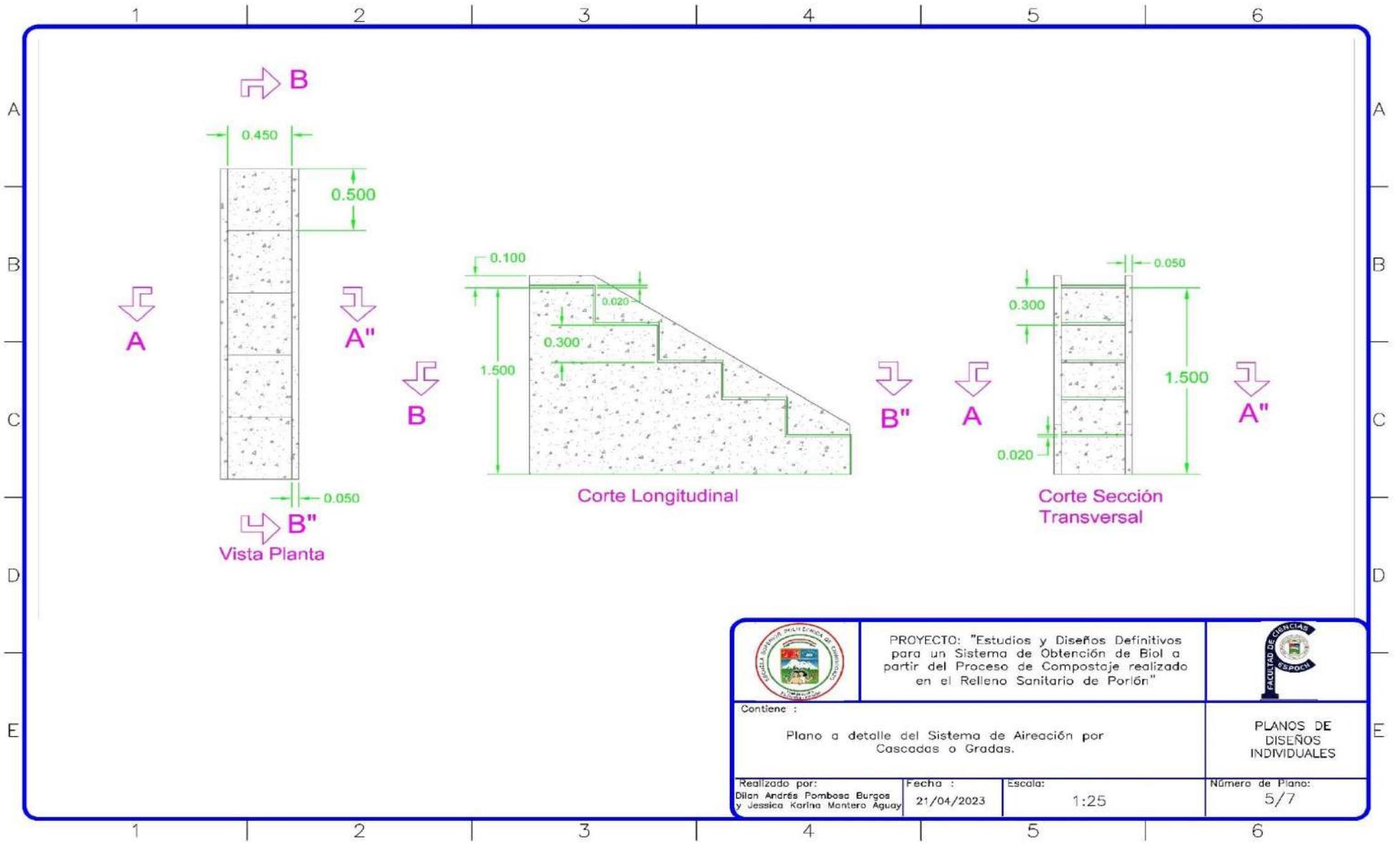
PLANOS DE DISEÑOS INDIVIDUALES

Realizado por:
Dilan Andrés Pambosa Burgos
y Jessica Karina Montero Aguay

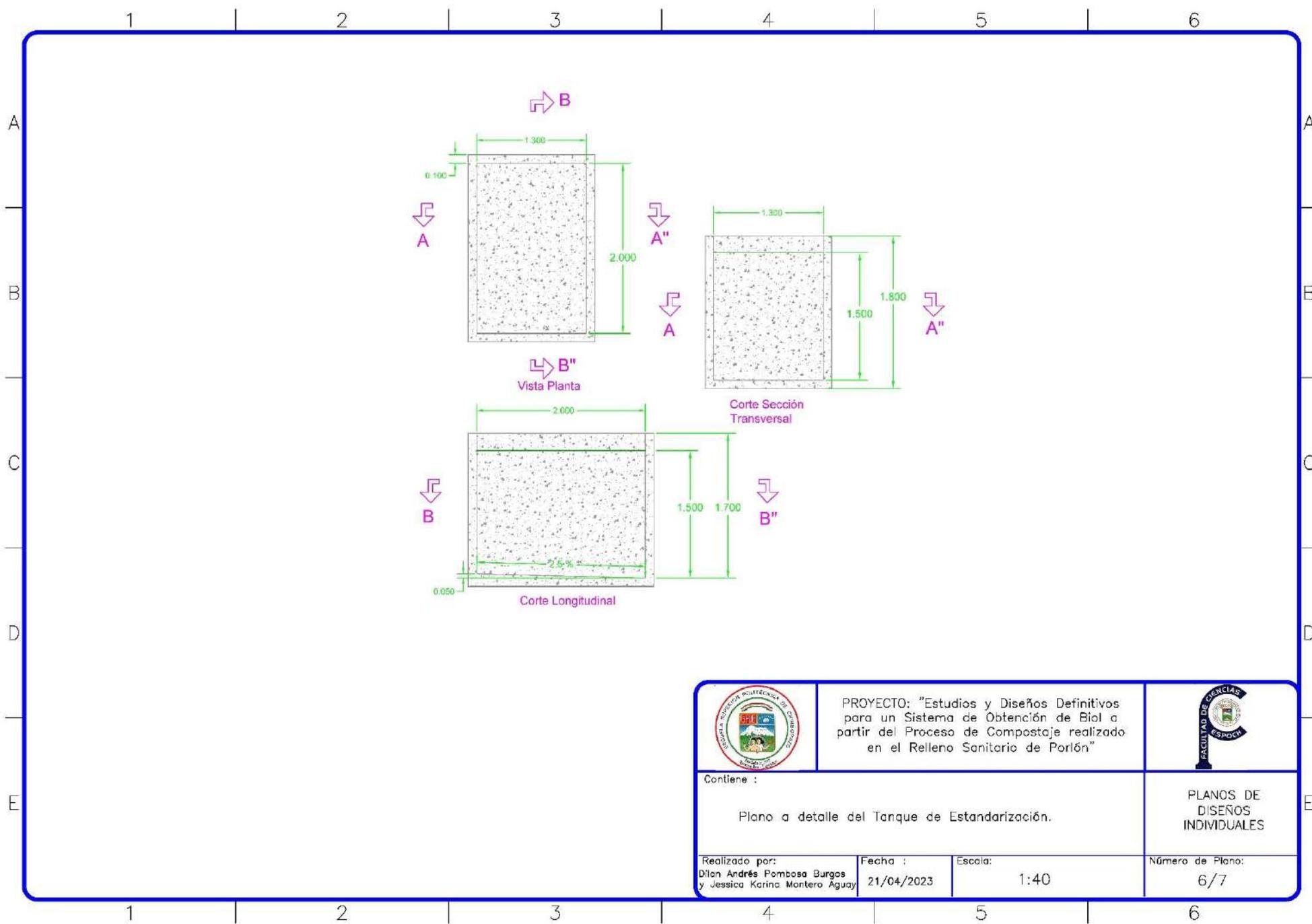
Fecha :
21/04/2023

Escala:
1:20

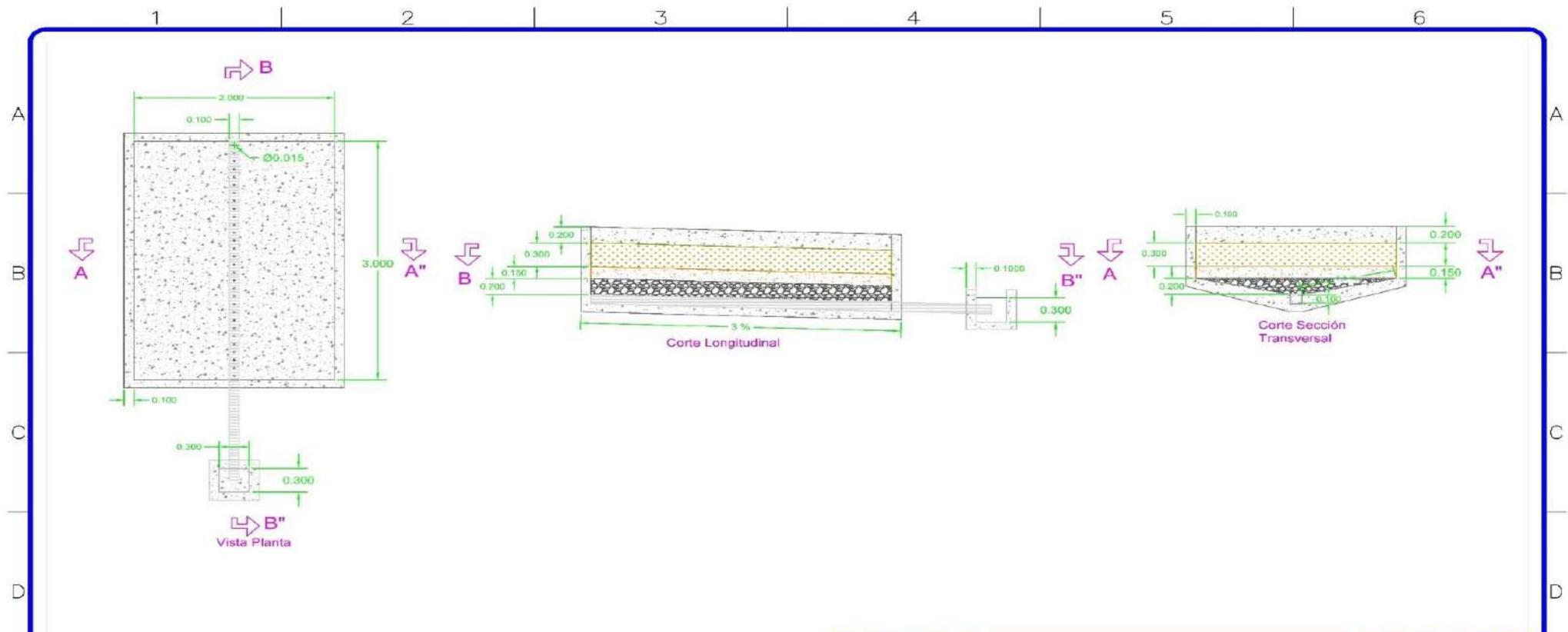
Número de Plano:
4/7



	<p>PROYECTO: "Estudios y Diseños Definitivos para un Sistema de Obtención de Biól a partir del Proceso de Compostaje realizado en el Relleno Sanitario de Porlón."</p>	
<p>Contiene : Plano a detalle del Sistema de Aireación por Cascadas o Gradás.</p>		<p>PLANOS DE DISEÑOS INDIVIDUALES</p>
<p>Realizado por: Dilan Andrés Pombosa Burgos y Jessica Karina Montero Aguay</p>	<p>Fecha : 21/04/2023</p>	<p>Escala: 1:25</p>
		<p>Número de Plano: 5/7</p>



	<p>PROYECTO: "Estudios y Diseños Definitivos para un Sistema de Obtención de Biol a partir del Proceso de Compostaje realizado en el Relleno Sanitario de Porlón"</p>		
<p>Contiene : Plano a detalle del Tanque de Estandarización.</p>		<p>PLANOS DE DISEÑOS INDIVIDUALES</p>	
<p>Realizado por: Dilan Andrés Pombosa Burgos y Jessica Karina Montero Aguay</p>	<p>Fecha : 21/04/2023</p>	<p>Escala: 1:40</p>	<p>Número de Plano: 6/7</p>



	<p>PROYECTO: "Estudios y Diseños Definitivos para un Sistema de Obtención de Biól a partir del Proceso de Compostaje realizado en el Relleno Sanitario de Perión"</p>		
<p>Contiene : Plano a detalle de los Lechos de Secado de Lodos.</p>		<p>PLANOS DE DISEÑOS INDIVIDUALES</p>	
<p>Realizado por: Dilan Andrés Pembosa Burgos y Jessica Karina Montero Aguiy</p>	<p>Fecha : 21/04/2023</p>	<p>Escala: 1:40</p>	<p>Número de Plano: 7/7</p>

ANEXO H: ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE LA CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA.

PROYECTO: "Estudios y Diseños Definitivos de un Sistema de Obtención de Biól a partir del Proceso de Compostaje Realizado en el Relleno Sanitario de Porlón, Ciudad de Riobamba.					
PROYECTO: ESTUDIOS Y DISEÑOS DEFINITIVOS DE UN SISTEMA DE OBTENCIÓN DE BIOL A PARITR DEL PROCESO DE COMPOSTAJE EN PORLÓN					
UBICACIÓN: -----					
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS				HOJA 1 DE 15	
RUBRO :	1				UNIDAD: M2
DETALLE :	LIMPIEZA Y DESBROCE				
EQUIPO					
	<i>CANTIDAD</i> A	<i>TARIFA</i> B	<i>COSTO HORA</i> C=AxB	<i>RENDIMIENTO</i> R	<i>COSTO</i> D=CxR
DESCRIPCIÓN					
HERRAMIENTAS MANUALES (5% de M.O.)	0,082				0,082
SUBTOTAL M					0,082
MANO DE OBRA					
	<i>CANTIDAD</i> A	<i>JORNAL/HR</i> B	<i>COSTO HORA</i> C=AxB	<i>RENDIMIENTO</i> R	<i>COSTO</i> D=CxR
DESCRIPCIÓN					
PEÓN	1,00	4,050	4,050	0,2000	0,810
ALBAÑIL	1,00	4,100	4,100	0,2000	0,820
SUBTOTAL N					1,630
MATERIALES					
		<i>UNIDAD</i>	<i>CANTIDAD</i> A	<i>PRECIO UNIT.</i> B	<i>COSTO</i> C=AxB
DESCRIPCIÓN					
SUBTOTAL O					0,000
TRANSPORTE					
		<i>UNIDAD</i>	<i>CANTIDAD</i> A	<i>TARIFA</i> B	<i>COSTO</i> C=AxB
DESCRIPCIÓN					
SUBTOTAL P					0,00
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					1,71
INDIRECTOS (%)					20,00%
UTILIDAD (%)					0,00%
COSTO TOTAL DEL RUBRO					2,05
VALOR UNITARIO					2,05
SON: DOS CON CINCO CENTAVOS					
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA					
RIOBAMBA, 12 DE MAYO DEL 2023					
 <p>ESTUDIO + ARQUITECTURA DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y APROBACIÓN DE PLANOS ARQUITECTÓNICOS</p>					
ELABORADO: ARQ. MARLON PANCHIE					

PROYECTO: "Estudios y Diseños Definitivos de un Sistema de Obtención de Biól a partir del Proceso de Compostaje Realizado en el Relleno Sanitario de Porlón, Ciudad de Riobamba.					
PROYECTO: ESTUDIOS Y DISEÑOS DEFINITIVOS DE UN SISTEMA DE OBTENCIÓN DE BIOL A PARITR DEL PROCESO DE COMPOSTAJE EN PORLÓN					
UBICACIÓN: -----					
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS				HOJA 2 DE 15	
RUBRO :	2			UNIDAD: M2	
DETALLE :	REPLANTEO Y NIVELACIÓN				
EQUIPO					
<i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C=AxB</i>	<i>R</i>	<i>D=CxR</i>
HERRAMIENTAS MANUALES (5% de M.O.)	0,127				0,127
EQUIPO TOPOGRAFICO (ESTACIÓN TOTAL)	1,000	4,380	4,380	0,2000	0,876
SUBTOTAL M					1,003
MANO DE OBRA					
<i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>CANTIDAD A</i>	<i>JORNAL/HR B</i>	<i>COSTO HORA C=AxB</i>	<i>RENDIMIENTO R</i>	<i>COSTO D=CxR</i>
CADENERO	1,00	4,100	4,100	0,2000	0,820
TOPÓGRAFO (EN CONSTRUCCIÓN - ESTR. OC. C1)	1,00	4,550	4,550	0,2000	0,910
PEÓN	1,00	4,050	4,050	0,2000	0,810
SUBTOTAL N					2,540
MATERIALES					
<i>DESCRIPCIÓN</i>		<i>UNIDAD</i>	<i>CANTIDAD A</i>	<i>PRECIO UNIT. B</i>	<i>COSTO C=AxB</i>
ESTACAS DE MADERA		U	0,250	1,500	0,375
CAL (SACO 25 KG)		U	0,001	7,000	0,007
CLAVO DE ACERO 1" (CARTÓN)		U	0,050	3,250	0,163
TIRAS		U	1,00	0,600	0,600
SUBTOTAL O					1,145
TRANSPORTE					
<i>DESCRIPCIÓN</i>		<i>UNIDAD</i>	<i>CANTIDAD A</i>	<i>TARIFA B</i>	<i>COSTO C=AxB</i>
SUBTOTAL P					0,00
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					4,69
INDIRECTOS (%)					20,00%
UTILIDAD (%)					0,00%
COSTO TOTAL DEL RUBRO					5,63
VALOR UNITARIO					5,63
SON: CINCO CON SESENTA Y TRES CENTAVOS					
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA					
RIOBAMBA, 12 DE MAYO DEL 2023					
ESTUDIO + ARQUITECTURA					
DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y APROBACIÓN DE PLANOS ARQUITECTÓNICOS					
ELABORADO: ARQ. MARLON PANCHIE					

PROYECTO: "Estudios y Diseños Definitivos de un Sistema de Obtención de Biól a partir del Proceso de Compostaje Realizado en el Relleno Sanitario de Porlón, Ciudad de Riobamba.					
PROYECTO: ESTUDIOS Y DISEÑOS DEFINITIVOS DE UN SISTEMA DE OBTENCIÓN DE BIOL A PARITR DEL PROCESO DE COMPOSTAJE EN PORLÓN					
UBICACIÓN: -----					
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS				HOJA 3 DE 15	
RUBRO :	3			UNIDAD: M3	
DETALLE :	EXCAVACIÓN A MANUAL, PARA CANALES 1,5 METROS DE PROFUNDIDAD				
EQUIPO					
DESCRIPCIÓN	A	B	C=AxB	R	D=CxR
HERRAMIENTAS MANUALES (5% de M.O.)	0,325				0,325
SUBTOTAL M					0,325
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	A	B	C=AxB	R	D=CxR
PEÓN	5,000	4,050	20,250	0,20000	4,050
AYUDANTE DE ALBAÑIL	2,000	4,050	8,100	0,20000	1,620
MAESTRO DE OBRA	1,000	4,100	4,100	0,20000	0,820
SUBTOTAL N					6,490
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=AxB
Madera de pino para apuntalamiento y entibación de excavaciones.		m3	1,00	1,50	1,50
Codal de madera, de 70 a 90 mm de diámetro y entre 2 y 2,5 m de longitud, para apuntalamiento y entibación de excavaciones		m3	0,50	2,00	1,00
SUBTOTAL O					2,500
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=AxB
SUBTOTAL P					0,00
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					9,31
INDIRECTOS (%)					20,00%
UTILIDAD (%)					0,00%
COSTO TOTAL DEL RUBRO					11,18
VALOR UNITARIO					11,18
SON: ONCE CON DIECIOCHO					
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA					
RIOBAMBA, 12 DE MAYO DEL 2023					
ESTUDIO + ARQUITECTURA					
DISEÑO, CONSTRUCCÓN Y APROBACIÓN DE PLANOS ARQUITECTÓNICOS					
ELABORADO: ARQ. MARLON PANCHIE					

PROYECTO: "Estudios y Diseños Definitivos de un Sistema de Obtención de Biol a partir del Proceso de Compostaje Realizado en el Relleno Sanitario de Porlón, Ciudad de Riobamba.					
PROYECTO: ESTUDIOS Y DISEÑOS DEFINITIVOS DE UN SISTEMA DE OBTENCIÓN DE BIOL A PARITR DEL PROCESO DE COMPOSTAJE EN PORLÓN					
UBICACIÓN: -----					
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS				HOJA 4 DE 15	
RUBRO :	4			UNIDAD: M3	
DETALLE :	EXCAVACIÓN A MANUAL, PARA CANALES 1 METROS DE PROFUNDIDAD				
EQUIPO					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=AxB	RENDIMIENTO R	COSTO D=CxR
HERRAMIENTAS MANUALES (5% de M.O.)	0,325				0,325
SUBTOTAL M					0,325
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=AxB	RENDIMIENTO R	COSTO D=CxR
PEÓN	5,000	4,050	20,250	0,20000	4,050
AYUDANTE DE ALBAÑIL	2,000	4,050	8,100	0,20000	1,620
MAESTRO DE OBRA	1,000	4,100	4,100	0,20000	0,820
SUBTOTAL N					6,490
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=AxB
Madera de pino para apuntalamiento y entibación de excavaciones.		m3	1,00	1,50	1,50
Codal de madera, de 70 a 90 mm de diámetro y entre 2 y 2,5 m de longitud, para apuntalamiento y entibación de excavaciones		m3	0,50	2,00	1,00
SUBTOTAL O					2,500
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=AxB
SUBTOTAL P					0,00
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					9,31
INDIRECTOS (%)					20,00%
UTILIDAD (%)					0,00%
COSTO TOTAL DEL RUBRO					11,18
VALOR UNITARIO					11,18
SON: ONCE CON DIECIOCHO					
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA					
RIOBAMBA, 12 DE MAYO DEL 2023					
 <p>ESTUDIO + ARQUITECTURA DISEÑO, CONSTRUCCION Y APROBACIÓN DE PLANOS ARQUITECTÓNICOS</p>					
ELABORADO: ARQ. MARLON PANCHI E.					

PROYECTO: "Estudios y Diseños Definitivos de un Sistema de Obtención de Biol a partir del Proceso de Compostaje Realizado en el Relleno Sanitario de Porlón, Ciudad de Riobamba.					
PROYECTO: -----					
UBICACIÓN: -----					
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS				HOJA 5 DE 15	
RUBRO :	5	UNIDAD: M3			
DETALLE :	DESALOJO DE MATERIAL				
EQUIPO					
	<i>CANTIDAD</i> A	<i>TARIFA</i> B	<i>COSTO HORA</i> C=AxB	<i>RENDIMIENTO</i> R	<i>COSTO</i> D=CxR
<i>DESCRIPCIÓN</i>					
HERRAMIENTAS MANUALES (5% de M.O.)	0,072				0,072
VOLQUETE CAPACIDAD 17Tn	1,000	25,000	25,000	0,08575	2,144
EXCAVADORA ORUGA 150 HP	1,000	45,000	45,000	0,08575	3,859
SUBTOTAL M					6,075
MANO DE OBRA					
	<i>CANTIDAD</i> A	<i>JORNAL/HR</i> B	<i>COSTO HORA</i> C=AxB	<i>RENDIMIENTO</i> R	<i>COSTO</i> D=CxR
<i>DESCRIPCIÓN</i>					
MAESTRO MAYOR EN EJECUCIÓN DE OBRAS CIVILES	0,50	4,550	2,275	0,08575	0,195
OPERADOR DE EXCAVADORA	1,00	4,550	4,550	0,08575	0,390
ENGRASADOR O ABASTECEDOR RESPONSABLE EN CONSTRUCCIÓN (ESTR. OC D2)	1,00	4,100	4,100	0,08575	0,352
CHOFER: VOLQUETAS (ESTR. OC. CI)	1,00	5,950	5,950	0,08575	0,510
SUBTOTAL N					1,447
MATERIALES					
		<i>UNIDAD</i>	<i>CANTIDAD</i> A	<i>PRECIO UNIT.</i> B	<i>COSTO</i> C=AxB
<i>DESCRIPCIÓN</i>					
SUBTOTAL O					0,000
TRANSPORTE					
		<i>UNIDAD</i>	<i>CANTIDAD</i> A	<i>TARIFA</i> B	<i>COSTO</i> C=AxB
<i>DESCRIPCIÓN</i>					
SUBTOTAL P					0,00
					7,52
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					
INDIRECTOS (%)					20,00%
UTILIDAD (%)					0,00%
COSTO TOTAL DEL RUBRO					9,03
VALOR UNITARIO					9,03
SON: NUEVE CON TRES					
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA					
RIOBAMBA, 12 DE MAYO DEL 2023					
 <p>ESTUDIO + ARQUITECTURA DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y APROBACIÓN DE PLANOS ARQUITECTÓNICOS</p>					
ELABORADO: ARQ. MARLON PANCHIE.					

PROYECTO: "Estudios y Diseños Definitivos de un Sistema de Obtención de Biol a partir del Proceso de Compostaje Realizado en el Relleno Sanitario de Porlón, Ciudad de Riobamba.					
PROYECTO: -----					
UBICACIÓN: -----					
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS				HOJA 6 DE 15	
RUBRO :	6			UNIDAD: M3	
DETALLE :	MURO DE CONTENCIÓN DE HORMIGÓN ARMADO				
EQUIPO					
<i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>CANTIDAD A</i>	<i>TARIFA B</i>	<i>COSTO HORA C=AxB</i>	<i>RENDIMIENTO R</i>	<i>COSTO D=CxR</i>
HERRAMIENTAS MANUALES (5% de M.O.)	0,215				0,215
CONCRETERA ELECTRICA CON UNA CAPACIDAD DE AMASADO DE 160 L	1,000	25,000	25,000	0,20000	5,000
	1,000	45,000	45,000	0,20000	9,000
SUBTOTAL M					14,215
MANO DE OBRA					
<i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>CANTIDAD A</i>	<i>JORNAL/HR B</i>	<i>COSTO HORA C=AxB</i>	<i>RENDIMIENTO R</i>	<i>COSTO D=CxR</i>
FIERRERO	2,00	4,100	8,200	0,20000	1,640
AYUDANTE FIERRERO	2,00	4,050	8,100	0,20000	1,620
AYUDANTE DE ALBAÑIL DE OBRA CIVIL	1,00	4,050	4,050	0,20000	0,810
MAESTRO MAYOR EN EJECUCIÓN DE OBRAS CIVILES	1,00	4,550	4,550	0,05000	0,228
ENCOFRADOR O CARPINTERO DE RIBERA	1,00	4,10	4,100	0,05000	0,205
SUBTOTAL N					4,298
MATERIALES					
<i>DESCRIPCIÓN</i>		<i>UNIDAD</i>	<i>CANTIDAD A</i>	<i>PRECIO UNIT. B</i>	<i>COSTO C=AxB</i>
SEPARADOR HOMOLOGADO PARA MUROS		<i>u</i>	8,000	0,08	0,64
2)		<i>kg</i>	22,440	1,55	34,78
DIAMETRO		<i>kg</i>	0,286	1,83	0,52
AGUA		<i>m3</i>	0,227	1,83	0,42
ARENA		<i>m3</i>	0,447	8,11	3,63
AGREGADO GRUESO HOMOGENEIZADO, DE TAMAÑO MAXIMO DE 12,50 MM		<i>m3</i>	0,744	13,52	10,06
CEMENTO PORTLAND		<i>kg</i>	425,000	0,15	63,75
ADITIVO PLASTIFICANTE PARA LA REDUCCIÓN DEL AGUA DE AMASADO DEL HORMIGÓN		<i>l</i>	2,333	2,72	6,35
SUBTOTAL O					3,625
TRANSPORTE					
<i>DESCRIPCIÓN</i>		<i>UNIDAD</i>	<i>CANTIDAD A</i>	<i>TARIFA B</i>	<i>COSTO C=AxB</i>
SUBTOTAL P					0,00
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					22,14
INDIRECTOS (%)					20,00%
UTILIDAD (%)					0,00%
COSTO TOTAL DEL RUBRO					26,57
VALOR UNITARIO					26,57
SON: VEINTE OCHO CON TREINTA Y NUEVE					
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA					
RIOBAMBA, 12 DE MAYO DEL 2023					
		ELABORADO: ARQ. MARLON PANCHI E.			

PROYECTO: "Estudios y Diseños Definitivos de un Sistema de Obtención de Biol a partir del Proceso de Compostaje Realizado en el Relleno Sanitario de Porlón, Ciudad de Riobamba.					
PROYECTO: -----					
UBICACIÓN: -----					
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS				HOJA 7 DE 15	
RUBRO :	7			UNIDAD: M3	
DETALLE :	RELLENO CON MATERIAL DE MEJORAMIENTO, INCLUYE EXPLOTACIÓN, CARGADA Y COMPACTACIÓN (50 C				
EQUIPO					
<i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>CANTIDAD A</i>	<i>TARIFA B</i>	<i>COSTO HORA C=AxB</i>	<i>RENDIMIENTO R</i>	<i>COSTO D=CxR</i>
HERRAMIENTAS MANUALES (5% de M.O.)	0,072				0,072
COMPACTADOR VERTICAL 5HP	1,000	3,750	3,750	0,08575	0,322
EQUIPO TOPOGRAFICO (NIVEL ELECTRONICO)	1,000	2,250	2,250	0,08575	0,193
TANQUERO 10 TN	1,000	20,000	20,000	0,08575	1,715
SUBTOTAL M					2,302
MANO DE OBRA					
<i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>CANTIDAD A</i>	<i>JORNAL/HR B</i>	<i>COSTO HORA C=AxB</i>	<i>RENDIMIENTO R</i>	<i>COSTO D=CxR</i>
MAESTRO MAYOR EN EJECUCIÓN DE OBRAS CIVILES	0,50	4,550	2,275	0,08575	0,195
OPERADOR DE EXCAVADORA	1,00	4,550	4,550	0,08575	0,390
ENGRASADOR O ABASTECEDOR RESPONSABLE EN CONSTRUCCIÓN (ESTR. OC D2)	1,00	4,100	4,100	0,08575	0,352
CHOFER: VOLQUETAS (ESTR. OC. CI)	1,00	5,950	5,950	0,08575	0,510
SUBTOTAL N					1,447
MATERIALES					
<i>DESCRIPCIÓN</i>		<i>UNIDAD</i>	<i>CANTIDAD A</i>	<i>PRECIO UNIT. B</i>	<i>COSTO C=AxB</i>
ARENA GRUESA		m3	0,350	5,50	1,93
AGUA		m3	0,25	1,00	0,25
RIPIO 3/4		m3	0,450	6,50	2,93
SUBTOTAL O					5,100
TRANSPORTE					
<i>DESCRIPCIÓN</i>		<i>UNIDAD</i>	<i>CANTIDAD A</i>	<i>TARIFA B</i>	<i>COSTO C=AxB</i>
SUBTOTAL P					0,00
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					8,85
INDIRECTOS (%)					20,00%
UTILIDAD (%)					0,00%
COSTO TOTAL DEL RUBRO					10,62
VALOR UNITARIO					10,62
SON: DIEZ CON SESENTA Y DOS					
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA					
RIOBAMBA, 12 DE MAYO DEL 2023					
 <p>ESTUDIO + ARQUITECTURA DISEÑO, CONSTRUCCION Y APROBACIÓN DE PLANOS ARQUITECTÓNICOS</p>					
ELABORADO: ARQ. MARLON PANCHIE					

PROYECTO: "Estudios y Diseños Definitivos de un Sistema de Obtención de Biol a partir del Proceso de Compostaje Realizado en el Relleno Sanitario de Porlón, Ciudad de Riobamba.					
PROYECTO:					
UBICACIÓN:					
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					HOJA 8 DE 15
RUBRO :	8				UNIDAD: M3
DETALLE :	EXCAVACIÓN A MAQUINA, INCLUYE DESALOJO				
EQUIPO					
	<i>CANTIDAD</i> A	<i>TARIFA</i> B	<i>COSTO HORA</i> C=AxB	<i>RENDIMIENTO</i> R	<i>COSTO</i> D=CxR
DESCRIPCIÓN					
HERRAMIENTAS MANUALES (5% de M.O.)	0,072				0,072
VOLQUETE CAPACIDAD 17Tn	1,000	25,000	25,000	0,08575	2,144
EXCAVADORA ORUGA 150 HP	1,000	45,000	45,000	0,08575	3,859
SUBTOTAL M					6,075
MANO DE OBRA					
	<i>CANTIDAD</i> A	<i>JORNAL/HR</i> B	<i>COSTO HORA</i> C=AxB	<i>RENDIMIENTO</i> R	<i>COSTO</i> D=CxR
DESCRIPCIÓN					
MAESTRO MAYOR EN EJECUCIÓN DE OBRAS CIVILES	0,50	4,550	2,275	0,08575	0,195
OPERADOR DE EXCAVADORA	1,00	4,550	4,550	0,08575	0,390
ENGRASADOR O ABASTECEDOR RESPONSABLE EN CONSTRUCCIÓN (ESTR. OC D2)	1,00	4,100	4,100	0,08575	0,352
CHOFER: VOLQUETAS (ESTR. OC. CI)	1,00	5,950	5,950	0,08575	0,510
SUBTOTAL N					1,447
MATERIALES					
		<i>UNIDAD</i>	<i>CANTIDAD</i> A	<i>PRECIO UNIT.</i> B	<i>COSTO</i> C=AxB
DESCRIPCIÓN					
SUBTOTAL O					0,000
TRANSPORTE					
		<i>UNIDAD</i>	<i>CANTIDAD</i> A	<i>TARIFA</i> B	<i>COSTO</i> C=AxB
DESCRIPCIÓN					
SUBTOTAL P					0,00
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					7,52
INDIRECTOS (%)					20,00%
UTILIDAD (%)					0,00%
COSTO TOTAL DEL RUBRO					9,03
VALOR UNITARIO					9,03
SON: NUEVE CON TRES					
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA					
RIOBAMBA, 12 DE MAYO DEL 2023					
 <p>ESTUDIO + ARQUITECTURA DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y APROBACIÓN DE PLANOS ARQUITECTÓNICOS</p>					
ELABORADO: ARQ. MARLON PANCHI E.					

PROYECTO: "Estudios y Diseños Definitivos de un Sistema de Obtención de Biol a partir del Proceso de Compostaje Realizado en el Relleno Sanitario de Porlón, Ciudad de Riobamba.					
PROYECTO: -----					
UBICACIÓN: -----					
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS				HOJA 9 DE 15	
RUBRO :	9				UNIDAD: M3
DETALLE :	ACERO DE REFUERZO				
EQUIPO					
<i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>CANTIDAD A</i>	<i>TARIFA B</i>	<i>COSTO HORA C=AxB</i>	<i>RENDIMIENTO R</i>	<i>COSTO D=CxR</i>
HERRAMIENTAS MANUALES (5% de M.O.)	0,215				0,215
CAPACIDAD DE AMASADO DE 160 L	1,000	25,000	25,000	0,20000	5,000
SUBTOTAL M					5,215
MANO DE OBRA					
<i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>CANTIDAD A</i>	<i>JORNAL/HR B</i>	<i>COSTO HORA C=AxB</i>	<i>RENDIMIENTO R</i>	<i>COSTO D=CxR</i>
FIERRERO	2,00	4,100	8,200	0,20000	1,640
AYUDANTE FIERRERO	2,00	4,050	8,100	0,20000	1,620
AYUDANTE DE ALBAÑIL DE OBRA CIVIL	1,00	4,050	4,050	0,20000	0,810
MAESTRO MAYOR EN EJECUCIÓN DE OBRAS CIVILES	1,00	4,550	4,550	0,05000	0,228
SUBTOTAL N					4,298
MATERIALES					
<i>DESCRIPCIÓN</i>		<i>UNIDAD</i>	<i>CANTIDAD A</i>	<i>PRECIO UNIT. B</i>	<i>COSTO C=AxB</i>
SEPARADOR HOMOLOGADO PARA MUROS		<i>u</i>	8,000	0,08	0,64
ACERO EN BARRAS CORRUGADAS, grado 40 (fy =2800 kg/cm 2)		<i>kg</i>	22,440	1,55	34,78
ALAMBRE DE AMARRE PARA ATAR DE 1,30 MM DE DIAMETRO		<i>kg</i>	0,286	1,83	0,52
SUBTOTAL O					35,945
TRANSPORTE					
<i>DESCRIPCIÓN</i>		<i>UNIDAD</i>	<i>CANTIDAD A</i>	<i>TARIFA B</i>	<i>COSTO C=AxB</i>
SUBTOTAL P					0,00
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					45,46
INDIRECTOS (%)					20,00%
UTILIDAD (%)					0,00%
COSTO TOTAL DEL RUBRO					54,55
VALOR UNITARIO					54,55
					
SON: VEINTE OCHO CON TREINTA Y NUEVE					
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA					
RIOBAMBA, 12 DE MAYO DEL 2023					
ELABORADO: ARQ. MARLON PANCHI E.					

PROYECTO: "Estudios y Diseños Definitivos de un Sistema de Obtención de Biol a partir del Proceso de Compostaje Realizado en el Relleno Sanitario de Porlón, Ciudad de Riobamba.					
PROYECTO: -----					
UBICACIÓN: -----					
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS				HOJA 10 DE 15	
RUBRO :	10			UNIDAD: M3	
DETALLE :	HORMIGÓN SIMPLE FC=280 KG/CM2 PARA CANALES				
EQUIPO					
	<i>CANTIDA</i>			<i>RENDIMIEN</i>	
<i>DESCRIPCION</i>	<i>D</i>	<i>TARIFA</i>	<i>COSTO HORA</i>	<i>O</i>	<i>COSTO</i>
	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C=AxB</i>	<i>R</i>	<i>D=CxR</i>
HERRAMIENTAS MANUALES (5% de M.O.)	0,26				0,263
VIBRADOR 6HP	2,00	9,00	18,00	0,08575	1,544
SUBTOTAL M					1,807
MANO DE OBRA					
	<i>CANTIDA</i>	<i>JORNAL/</i>		<i>RENDIMIEN</i>	
<i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>D</i>	<i>HR</i>	<i>COSTO HORA</i>	<i>O</i>	<i>COSTO</i>
	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C=AxB</i>	<i>R</i>	<i>D=CxR</i>
MAESTRO MAYOR EN EJECUCIÓN DE OBRAS CIVILES	1,00	4,550	4,550	0,08575	0,390
PEÓN	10,00	4,050	40,500	0,08575	3,473
ALBAÑIL	2,00	4,100	8,200	0,08575	0,703
ENCOFRADOR O CARPINTERO DE RIBERA	2,00	4,100	8,200	0,08575	0,703
SUBTOTAL N					5,269
MATERIALES					
		<i>UNIDAD</i>	<i>CANTIDAD</i>	<i>PRECIO UNIT.</i>	<i>COSTO</i>
<i>DESCRIPCIÓN</i>			<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C=AxB</i>
CEMENTO PORTLAND		kg	425,000	0,15	63,75
ARENA GRUESA		m3	0,650	11,00	7,15
AGUA		m3	0,240	0,50	0,12
RIPIO 3/4		m3	0,950	13,00	12,35
PLASTIFICANTE		kg	0,200	2,29	0,46
ADITIVO CURAOR		kg	0,250	1,93	0,48
TABLA SEMIDURA		u	3,167	5,50	17,42
CUARTON SEMIDURA		u	2,000	3,90	7,80
PUNTAL DE CAÑA GUADUA		m3	1,240	0,55	0,68
CLAVOS DE 2 1/2"		lb	1,500	1,00	1,50
SUBTOTAL O					111,709
TRANSPORTE					
		<i>UNIDAD</i>	<i>CANTIDAD</i>	<i>TARIFA</i>	<i>COSTO</i>
<i>DESCRIPCIÓN</i>			<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C=AxB</i>
SUBTOTAL P					0,00
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					118,79
INDIRECTOS (%)					20,00%
UTILIDAD (%)					0,00%
COSTO TOTAL DEL RUBRO					142,54
VALOR UNITARIO					142,54
SON: CIENTO CUARENTA Y TRES CON CINCO ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA RIOBAMBA, 12 DE MAYO DEL 2023					
 ESTUDIO + ARQUITECTURA DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y APROBACIÓN DE PLANOS ARQUITECTÓNICOS					
ELABORADO: ARQ. MARLON PANCHI E.					

PROYECTO: "Estudios y Diseños Definitivos de un Sistema de Obtención de Biol a partir del Proceso de Compostaje Realizado en el Relleno Sanitario de Porlón, Ciudad de Riobamba.					
PROYECTO: -----					
UBICACIÓN: -----					
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS				HOJA 11 DE 15	
RUBRO :	11			UNIDAD: M3	
DETALLE: HORMIGÓN SIMPLE FC=280 KG/CM2 PARA CISTERNAS					
EQUIPO					
	<i>CANTIDAD</i>		<i>COSTO</i>	<i>RENDIMIEN</i>	
<i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>AD</i>	<i>TARIFA</i>	<i>HORA</i>	<i>TO</i>	<i>COSTO</i>
	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C=AxB</i>	<i>R</i>	<i>D=CxR</i>
HERRAMIENTAS MANUALES (5% de M.O.)	0,28				0,282
CONCRETERA 13HP	1,00	4,90	4,90	0,08575	0,420
VIBRADOR 6HP	2,00	9,00	18,00	0,08575	1,544
DUMPER 1,5 TN	1,00	10,00	10,00	0,08575	0,858
HORMIGONERA 400LTRS MOTOR	1,00	10,00	10,00	0,08575	0,858
SUBTOTAL M					3,961
MANO DE OBRA					
	<i>CANTIDAD</i>	<i>JORNAL/</i>	<i>COSTO</i>	<i>RENDIMIEN</i>	
<i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>AD</i>	<i>HR</i>	<i>HORA</i>	<i>TO</i>	<i>COSTO</i>
	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C=AxB</i>	<i>R</i>	<i>D=CxR</i>
MAESTRO MAYOR EN EJECUCIÓN DE OBRAS	1,00	4,550	4,550	0,08575	0,390
PEÓN	10,00	4,050	40,500	0,08575	3,473
ALBAÑIL	2,00	4,100	8,200	0,08575	0,703
ENCOFRADOR O CARPINTERO DE RIBERA	2,00	4,100	8,200	0,08575	0,703
OPERADOR DE CAMIÓN DE VOLTEO CON O SIN ARTICULACIÓN/DUMPER (EN	1,00	4,33	4,330	0,086	0,371
SUBTOTAL N					5,641
MATERIALES					
		<i>UNIDAD</i>	<i>CANTIDAD</i>	<i>PRECIO</i>	
<i>DESCRIPCIÓN</i>			<i>A</i>	<i>UNIT.</i>	<i>COSTO</i>
				<i>B</i>	<i>C=AxB</i>
CEMENTO PORTLAND		kg	425,000	0,15	63,75
ARENA GRUESA		m3	0,650	11,00	7,15
AGUA		m3	0,240	0,50	0,12
RIPIO 3/4		m3	0,950	13,00	12,35
PLASTIFICANTE		kg	0,200	2,29	0,46
ADITIVO CURAOR		kg	0,250	1,93	0,48
TABLA SEMIDURA		u	3,167	5,50	17,42
CUARTÓN SEMIDURA		u	2,000	3,90	7,80
PUNTAL DE CAÑA GUADUA		m3	1,240	0,55	0,68
CLAVOS DE 2 1/2"		lb	1,500	1,00	1,50
SUBTOTAL O					111,709
TRANSPORTE					
		<i>UNIDAD</i>	<i>CANTIDAD</i>	<i>TARIFA</i>	<i>COSTO</i>
<i>DESCRIPCIÓN</i>			<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C=AxB</i>
SUBTOTAL P					0,00
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					121,31
INDIRECTOS (%)					20,00%
UTILIDAD (%)					0,00%
COSTO TOTAL DEL RUBRO					145,57
VALOR UNITARIO					145,57
SON: CIENTO CUARENTA Y CINCO CON CINCO ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA					
RIOBAMBA, 12 DE MAYO DEL 2023					
ESTUDIO + ARQUITECTURA					
DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y APROBACIÓN DE PLANOS ARQUITECTÓNICOS					
ELABORADO: ARQ. MARLON PANCHI E.					

PROYECTO: "Estudios y Diseños Definitivos de un Sistema de Obtención de Biol a partir del Proceso de Compostaje Realizado en el Relleno Sanitario de Porlón, Ciudad de Riobamba.															
PROYECTO: -----															
UBICACIÓN: -----															
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS				HOJA 12 DE 15											
RUBRO :	12			UNIDAD: ML											
DETALLE :	COLOCACIÓN DE TUBERÍA PVC														
EQUIPO															
<i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>CANTIDAD A</i>	<i>TARIFA B</i>	<i>COSTO HORA C=AxB</i>	<i>RENDIMIENTO R</i>	<i>COSTO D=CxR</i>										
HERRAMIENTAS MANUALES (5% de M.O.)	0,145				0,145										
SUBTOTAL M					0,145										
MANO DE OBRA															
<i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>CANTIDAD A</i>	<i>JORNAL/HR B</i>	<i>COSTO HORA C=AxB</i>	<i>RENDIMIENTO R</i>	<i>COSTO D=CxR</i>										
MAESTRO MAYOR EN EJECUCIÓN DE OBRAS CIVILES	0,50	4,550	2,275	0,20000	0,455										
AYUDANTE DE PLOMERO	2,00	4,050	8,100	0,20000	1,620										
PLOMERO	1,00	4,10	4,100	0,20000	0,820										
SUBTOTAL N					2,895										
MATERIALES															
<i>DESCRIPCIÓN</i>		<i>UNIDAD</i>	<i>CANTIDAD A</i>	<i>PRECIO UNIT. B</i>	<i>COSTO C=AxB</i>										
TUVO PVC DESAGÜE 50 MM 1MT		kg	1,000	1,80	1,80										
TUVO PVC DESAGÜE 75 MM 1MT		m3	1,000	3,30	3,30										
TUVO PVC DESAGÜE 110 MM 1MT		m3	1,000	4,10	4,10										
TEE PVC DEAGÜE 75 MM 90 G		m3	0,600	3,04	1,82										
CODO PVC DEAGÜE 75 MM 90 G		kg	0,200	2,18	0,44										
TEFLÓN 0,08 X 13 MM L=12 M		rl	1,000	0,23	0,23										
SUBTOTAL O					11,690										
TRANSPORTE															
<i>DESCRIPCIÓN</i>		<i>UNIDAD</i>	<i>CANTIDAD A</i>	<i>TARIFA B</i>	<i>COSTO C=AxB</i>										
SUBTOTAL P					0,00										
<table border="1"> <tr> <td>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</td> <td>14,73</td> </tr> <tr> <td>INDIRECTOS (%)</td> <td>20,00%</td> </tr> <tr> <td>UTILIDAD (%)</td> <td>0,00%</td> </tr> <tr> <td>COSTO TOTAL DEL RUBRO</td> <td>17,68</td> </tr> <tr> <td>VALOR UNITARIO</td> <td>17,68</td> </tr> </table>					TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	14,73	INDIRECTOS (%)	20,00%	UTILIDAD (%)	0,00%	COSTO TOTAL DEL RUBRO	17,68	VALOR UNITARIO	17,68	
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	14,73														
INDIRECTOS (%)	20,00%														
UTILIDAD (%)	0,00%														
COSTO TOTAL DEL RUBRO	17,68														
VALOR UNITARIO	17,68														
SON: DIECISITE CON SESENTA Y OCHO		 <p>ESTUDIO + ARQUITECTURA</p> <p>DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y APROBACIÓN DE PLANOS ARQUITECTÓNICOS</p>													
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA															
RIOBAMBA, 12 DE MAYO DEL 2023															
		ELABORADO: ARQ. MARLON PANCHIE													

PROYECTO: "Estudios y Diseños Definitivos de un Sistema de Obtención de Biol a partir del Proceso de Compostaje Realizado en el Relleno Sanitario de Porlón, Ciudad de Riobamba.					
PROYECTO: -----					
UBICACIÓN: -----					
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS				HOJA 13 DE 14	
RUBRO :	13			UNIDAD: ML	
DETALLE :	COMPUERTA MANUAL, MURAL CON CIERE A CUATRO LADOS				
EQUIPO					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=AxB	RENDIMIENTO R	COSTO D=CxR
HERRAMIENTAS MANUALES (5% de M.O.)	0,203				0,203
SUBTOTAL M					0,203
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=AxB	RENDIMIENTO R	COSTO D=CxR
PLOMERO	1,00	4,100	4,100	0,20000	0,820
AYUDANTE DE PLOMERO	4,00	4,050	16,200	0,20000	3,240
SUBTOTAL N					4,060
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=AxB
VALVULA COMPUERTA MURAL 400 MM X 500 MM		<i>U</i>	1,000	40,00	40,00
TEFLÓN 0,08 X 13 MM L=12 M		<i>rl</i>	1,000	0,23	0,23
SUBTOTAL O					40,000
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=AxB
SUBTOTAL P					0,00
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					44,26
INDIRECTOS (%)					20,00%
UTILIDAD (%)					0,00%
COSTO TOTAL DEL RUBRO					53,12
VALOR UNITARIO					53,12
SON: CINCUENTA Y TRES CON DOCE					
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA					
RIOBAMBA, 12 DE MAYO DEL 2023					
					
ELABORADO: ARQ. MARLON PANCHIE					

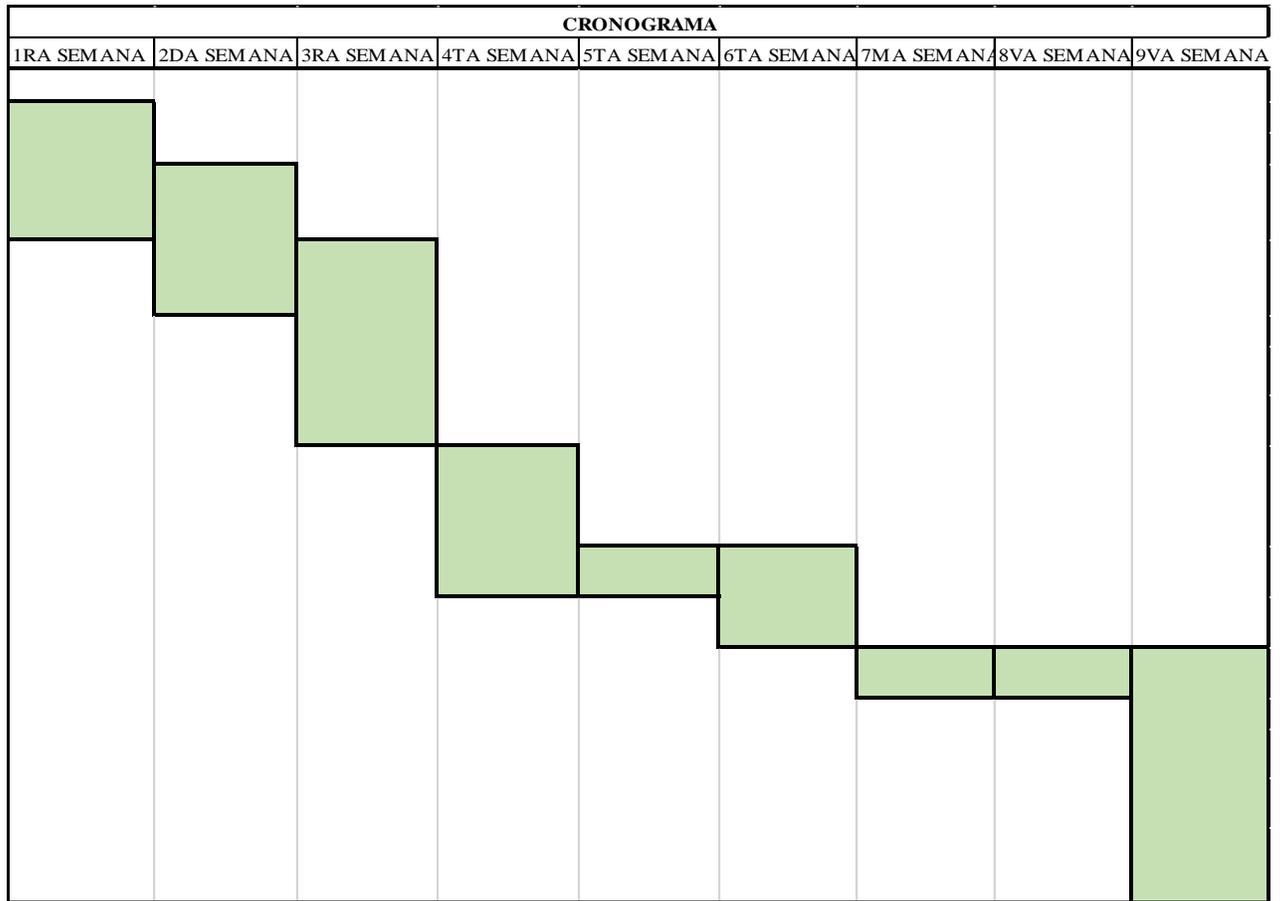
PROYECTO: "Estudios y Diseños Definitivos de un Sistema de Obtención de Biol a partir del Proceso de Compostaje Realizado en el Relleno Sanitario de Porlón, Ciudad de Riobamba.					
PROYECTO:					
UBICACIÓN:					
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS				HOJA 14 DE 15	
RUBRO :	14			UNIDAD: M2	
DETALLE :	INSTALACIÓN CANALETAS PARSHALL 3 PLG				
EQUIPO					
	<i>CANTIDAD</i> A	<i>TARIFA</i> B	<i>COSTO HORA</i> C=AxB	<i>RENDIMIENTO</i> R	<i>COSTO</i> D=CxR
<i>DESCRIPCIÓN</i>					
HERRAMIENTAS MANUALES (5% de M.O.)	0,163				0,163
SUBTOTAL M					0,163
MANO DE OBRA					
	<i>CANTIDAD</i> A	<i>JORNAL/HR</i> B	<i>COSTO HORA</i> C=AxB	<i>RENDIMIENTO</i> R	<i>COSTO</i> D=CxR
<i>DESCRIPCIÓN</i>					
PLOMERO	2,00	4,100	8,200	0,20000	1,640
AYUDANTE DE PLOMERO	2,00	4,050	8,100	0,20000	1,620
SUBTOTAL N					3,260
MATERIALES					
		<i>UNIDAD</i> B	<i>CANTIDAD</i> A	<i>PRECIO UNIT.</i> B	<i>COSTO</i> C=AxB
<i>DESCRIPCIÓN</i>					
INSTALACIÓN CANAleta PARSHALL 3 PLG		U	1,000	120,00	120,00
SUBTOTAL O					120,000
TRANSPORTE					
		<i>UNIDAD</i> B	<i>CANTIDAD</i> A	<i>TARIFA</i> B	<i>COSTO</i> C=AxB
<i>DESCRIPCIÓN</i>					
SUBTOTAL P					0,00
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					123,42
INDIRECTOS (%)					20,00%
UTILIDAD (%)					0,00%
COSTO TOTAL DEL RUBRO					148,11
VALOR UNITARIO					148,11
SON: CIENTO CUARENTA Y OCHO CON ONCE					
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA					
ESTUDIO + ARQUITECTURA					
DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y APROBACIÓN DE PLANOS ARQUITECTÓNICOS					
RIOBAMBA, 12 DE MAYO DEL 2023					
ELABORADO: ARQ. MARLON PANCHIE					

PROYECTO: "Estudios y Diseños Definitivos de un Sistema de Obtención de Biol a partir del Proceso de Compostaje Realizado en el Relleno Sanitario de Porlón, Ciudad de Riobamba.					
PROYECTO: -----					
UBICACIÓN: -----					
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS				HOJA 15 DE 15	
RUBRO :	15			UNIDAD: ML	
DETALLE :	INSTALACIÓN DE PLACA Y VARILLA METÁLICA PARA LOS CANALES				
EQUIPO					
<i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>CANTIDAD A</i>	<i>TARIFA B</i>	<i>COSTO HORA C=AxB</i>	<i>RENDIMIENTO R</i>	<i>COSTO D=CxR</i>
HERRAMIENTAS MANUALES (5% de M.O.)	0,64				0,635
EQUIPO DE SOLDADURA MIG POR ARCO	1,00	4,90	4,90	1,000	4,900
SUBTOTAL M					5,535
MANO DE OBRA					
<i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>CANTIDAD A</i>	<i>JORNAL/HR B</i>	<i>COSTO HORA C=AxB</i>	<i>RENDIMIENTO R</i>	<i>COSTO D=CxR</i>
AYUDANTE DE FERRERO	1,00	4,550	4,550	1,000	4,550
PEÓN	1,00	4,050	4,050	1,000	4,050
FIERRERO	1,00	4,100	4,100	1,000	4,100
SUBTOTAL N					12,700
MATERIALES					
<i>DESCRIPCIÓN</i>		<i>UNIDAD</i>	<i>CANTIDAD A</i>	<i>PRECIO UNIT. B</i>	<i>COSTO C=AxB</i>
SOLDADURA DE GAS		kg	0,300	30,00	9,00
PLANCHA DE ACERO INOXIDABLE 304 DE 3 MM 0,50 X 0,15		m3	2,000	1,00	2,00
VARILLA DE ACERO INOXIDABLE D=2MM L=0,60		m3	16,000	1,00	16,00
SUBTOTAL O					27,000
TRANSPORTE					
<i>DESCRIPCIÓN</i>		<i>UNIDAD</i>	<i>CANTIDAD A</i>	<i>TARIFA B</i>	<i>COSTO C=AxB</i>
SUBTOTAL P					0,00
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					45,24
INDIRECTOS (%)					20,00%
UTILIDAD (%)					0,00%
COSTO TOTAL DEL RUBRO					54,28
VALOR UNITARIO					54,28
SON: CINCUENTA Y CUATRO CON VEINTEOCHO					
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA					
RIOBAMBA, 12 DE MAYO DEL 2023					
 <p>ESTUDIO + ARQUITECTURA DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y APROBACIÓN DE PLANOS ARQUITECTÓNICOS</p>					
ELABORADO: ARQ. MARLON PANCHI E.					

ANEXO I: TABLA DE DESCRIPCIÓN DE RUBROS, UNIDADES, CANTIDADES Y PRECIOS.

TABLA DE DESCRIPCIÓN DE RUBROS, UNIDADES, CANTIDADES Y PRECIOS					
No.	Rubro / Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Precio global
<u>1</u>	LIMPIEZA Y DESBROCE	M2	24,74500	2,05380	50,82128
<u>2</u>	REPLANTEO Y NIVELACIÓN	M2	24,74500	5,62500	139,19063
<u>3</u>	EXCAVACIÓN MANUAL, PARA CANALES 1,5 METROS DE PROFUNDIDAD	M3	24,74500	11,17740	276,58476
<u>4</u>	EXCAVACIÓN MANUAL, PARA CANALES 1 METROS DE PROFUNDIDAD	M3	4,80000	11,17740	53,65152
<u>5</u>	DESALOJO DE MATERIAL	M3	29,54500	9,02626	266,68083
<u>6</u>	MURO DE CONTENCIÓN DE HORMIGÓN ARMADO	M3	15,96430	26,56505	
<u>7</u>	EXCAVACIÓN A MAQUINA, INCLUYE DESALOJO	M3	34,77600	9,02626	313,89720
<u>8</u>	RELLENO CON MATERIAL DE MEJORAMIENTO, INCLUYE EXPLOTACIÓN, CARGADA Y COMPACTACIÓN (50 MC)	M3	24,74500	10,61866	262,75873
<u>9</u>	ACERO DE REFUERZO FY=4200KG/SM2	ML	103,48490	54,54931	5.645,02948
<u>10</u>	HORMIGÓN SIMPLE FC=280 KG/CM2 PARA CANALES	M3	6,92860	142,54279	987,62194
<u>11</u>	HORMIGÓN SIMPLE FC=280 KG/CM2 PARA CISTERNAS	M3	80,59200	145,57283	11.732,00552
<u>12</u>	COLOCACIÓN DE TUBERIA PVC	ML	1,00000	17,67570	17,67570
<u>13</u>	COMPUERTA MANUAL MURAL CON CIERE A CUATRO LADOS	ML	6,00000	53,11560	318,69360
<u>14</u>	INSTALACIÓN CANALETAS PARSHALL 3 PLG	M2	1,00000	148,10760	148,10760
<u>15</u>	INSTALACIÓN DE PLACA Y TUBERIA METÁLICA PARA LOS CANALES	ML	1,00000	54,28200	54,28200
TOTAL					20.267,00
SON: VEINTE MIL DOSCIENTOS SESENTA Y SIETE					
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA					
RIOBAMBA, 12 DE MAYO DEL 2023					
		ELABORADO: ARQ. MARLON PANCHI E.			

ANEXO J: CRONOGRAMA DE CONSTRUCCIÓN.





epoch

Dirección de Bibliotecas y
Recursos del Aprendizaje

UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y
DOCUMENTAL

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 19 / 07 / 2023

INFORMACIÓN DE LOS AUTORES
Nombres – Apellidos: Jessica Karina Montero Aguay Dilan Andrés Pombosa Burgos
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Ciencias
Carrera: Ingeniería Ambiental
Título a optar: Ingeniera/o Ambiental
f. Analista de Biblioteca responsable: Ing. Rafael Inty Salto Hidalgo

1056-DBRA-UPT-2023