



**UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE DE
GUAYAQUIL**

FACULTAD DE INGENERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN

CARRERA DE INGENERÍA CIVIL

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL**

TEMA:

**USO DE LOS LODOS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA
POTABLE DAULE MEDIANTE LA VALORACIÓN DE LOS
COMPONENTES RESIDUALES PARA EL BENEFICIO DE LA ENTIDAD
Y USUARIOS**

TUTOR:

MSC. ING. PABLO PAREDES RAMOS

AUTORES:

**GRANOBLE GARCÍA MARCOS ALDAIR
TARIRA SANTANDER LEO JOEL**

2022



REPOSITARIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS

TÍTULO Y SUBTÍTULO:

Uso de los lodos de la planta de tratamiento de agua potable Daule mediante la valoración de los componentes residuales para el beneficio de la entidad y usuarios.

AUTOR/ES:

Granoble García Marcos Aldair
Tarira Santander Leo Joel

REVISORES O TUTORES:

MSc. Ing., Pablo Paredes Ramos

INSTITUCIÓN:

Universidad Laica Vicente
Rocafuerte de Guayaquil

Grado obtenido:

Tercer nivel de grado

FACULTAD:

Ingeniería, Industria y
construcción

CARRERA:

Ingeniería Civil

FECHA DE PUBLICACIÓN:

2022

N. DE PAGS: 95

ÁREAS TEMÁTICAS: Arquitectura y construcción

PALABRAS CLAVE:

Calidad Ambiental, Tratamiento de Desechos, sedimentación, desarrollo sostenible.

RESUMEN:

El presente proyecto de titulación, se realizó con el objetivo de analizar los lodos de la planta de tratamiento de agua potable Daule mediante la valoración de los componentes residuales para el beneficio de la entidad y usuarios. Esta planta se encuentra ubicada en el cantón Daule, provincia del Guayas. Actualmente la PTAP Daule no realiza el tratamiento de los lodos que se generan de su operación. Tampoco realiza disposición adecuada de los mismos y no cuenta con un estudio que le permita determinar el potencial de aprovechamiento de los lodos que genera. La base de este proyecto se direcciona en tres aspectos fundamentales primero en la caracterización de las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas de los lodos de la planta de tratamiento de agua potable Daule. El segundo, determinar los usos potenciales para aprovechamiento de los lodos residuales aplicando los conceptos tecnológicos disponibles. Finalmente, valorar los componentes residuales de la planta de tratamiento de agua potable Daule para el beneficio de la entidad y usuarios. El factor económico es determinante y considerado un limitante para adelantar estudios que le permitan profundizar en este tema, por lo que actualmente se ve obligada a evacuar los lodos junto con el afluente que se genera en el lavado de las unidades que componen la PTAP, los cuales son conducidos por medio de una tubería que conecta con el sistema de alcantarillado y posteriormente vierten al “Rio Daule”.

N. DE REGISTRO (en base de datos):	N. DE CLASIFICACIÓN:	
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):		
ADJUNTO PDF:	SI <input checked="" type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
CONTACTO CON AUTOR/ES: Granoble García Marcos Aldair Tarira Santander Leo Joel	Teléfono: 0996593183 0961781465	E-mail: mgranoble@ulvr.edu.ec ltariras@ulvr.edu.ec
CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN:	Mae. Ing. Civ. Alex Bolívar Salvatierra Espinoza Decano de Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción. Teléfono: 259-6500 Ext. 260 E-mail: asalvatierrae@ulvr.edu.ec	

CERTIFICADO DE SIMILITUDES

Tesis Final

INFORME DE ORIGINALIDAD

6% INDICE DE SIMILITUD	6% FUENTES DE INTERNET	1% PUBLICACIONES	0% TRABAJOS DEL ESTUDIANTE
----------------------------------	----------------------------------	----------------------------	--------------------------------------

FUENTES PRIMARIAS

1	quimicaparaingenieria.blogspot.com.es Fuente de Internet	1%
2	viajealmundodeloslodos.blogspot.com Fuente de Internet	1%
3	www.uti.edu.ec Fuente de Internet	1%
4	www.plantaspotabilizadoras.co Fuente de Internet	1%
5	www.cuenca.gob.ec Fuente de Internet	<1%
6	www.resol.com.br Fuente de Internet	<1%
7	es.thefreedictionary.com Fuente de Internet	<1%
8	www.usbctg.edu.co Fuente de Internet	<1%
9	m3todologia1.blogspot.com Fuente de Internet	<1%

10	mwikicpd.ing.ucv.ve Fuente de Internet	<1 %
11	Dani Mulas, Antonia Camacho, Isabel Serrano, Sergio Montes, Ricard Devesa, Maria Amor Duch. "Natural and artificial radionuclides in sludge, sand, granular activated carbon and reverse osmosis brine from a metropolitan drinking water treatment plant", Journal of Environmental Radioactivity, 2017 Publicación	<1 %
12	Submitted to Universidad de Costa Rica Trabajo del estudiante	<1 %
13	www.medioambiente.cu Fuente de Internet	<1 %
14	Submitted to Universidad Católica de Santa María Trabajo del estudiante	<1 %
15	www.agualatinoamerica.com Fuente de Internet	<1 %
16	www.areajuridica.cl Fuente de Internet	<1 %
17	www.quintanarooaldia.com Fuente de Internet	<1 %
18	www.raluya.org Fuente de Internet	<1 %

19	www.ianas.com Fuente de Internet	<1 %
20	repositori.uji.es Fuente de Internet	<1 %
21	www.swimfin.com.mx Fuente de Internet	<1 %
22	Kay Hamer, Volker Karius. "Brick production with dredged harbour sediments. An industrial-scale experiment", Waste Management, 2002 Publicación	<1 %
23	Submitted to Universidad Santo Tomas Trabajo del estudiante	<1 %
24	aracv.blogspot.com Fuente de Internet	<1 %
25	Submitted to Sheffield Hallam University Trabajo del estudiante	<1 %
26	repositorio.continental.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
27	www.enspar.de Fuente de Internet	<1 %
28	www.ingurumena.ejgv.euskadi.net Fuente de Internet	<1 %
29	ilustrados.com Fuente de Internet	<1 %

30 neutron.ing.ucv.ve <1 %
Fuente de Internet

31 shopping.dallasnews.com <1 %
Fuente de Internet

32 www.accionecologica.org <1 %
Fuente de Internet

Excluir citas Activo

Excluir coincidencias < 10 words

Excluir bibliografía Activo



MSC. PABLO PAREDES RAMOS
TUTOR

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES

El (Los) estudiante(s) egresado(s) GRANOBLE GARCIA MARCOS ALDAIR; TARIRA SANTANDER LEO JOEL , declara (mos) bajo juramento, que la autoría del presente proyecto de investigación, “USO DE LOS LODOS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DAULE MEDIANTE LA VALORACIÓN DE LOS COMPONENTES RESIDUALES PARA EL BENEFICIO DE LA ENTIDAD Y USUARIOS”, corresponde totalmente a el(los) suscrito(s) y me (nos) responsabilizo (amos) con los criterios y opiniones científicas que en el mismo se declaran, como producto de la investigación realizada.

De la misma forma, cedo (emos) los derechos patrimoniales y de titularidad a la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil, según lo establece la normativa vigente.

Autor(es)

Firma:


GRANOBLE GARCIA MARCOS ALDAIR
C.I. 0950509646

Firma:


TARIRA SANTANDER LEO JOEL
C.I. 0953489309

CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Proyecto de Investigación “USO DE LOS LODOS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DAULE MEDIANTE LA VALORACIÓN DE LOS COMPONENTES RESIDUALES PARA EL BENEFICIO DE LA ENTIDAD Y USUARIOS”, designado(a) por el Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción de la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil.

CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado en todas sus partes el Proyecto de Investigación titulado: “USO DE LOS LODOS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DAULE MEDIANTE LA VALORACIÓN DE LOS COMPONENTES RESIDUALES PARA EL BENEFICIO DE LA ENTIDAD Y USUARIOS”, presentado por los estudiantes GRANOBLE GARCIA MARCOS ALDAIR; TARIRA SANTANDER LEO JOEL como requisito previo, para optar al Título de INGENIERO CIVIL, encontrándose apto para su sustentación.

Firma:



MSC. PABLO PAREDES RAMOS

C.I. 0911828150

AGRADECIMIENTO

A Dios sobre todas las cosas, a todas las personas que me ayudaron en todo el transcurso del desarrollo de este proyecto, a mis padres por aconsejarme siempre y estar ahí para mí, a mi tutor el Ing. Pablo Paredes, por siempre apoyarme y enseñarme a lo largo de mi carrera y a todos los profesores de la Universidad Laica Vicente Rocafuerte que me ayudaron a formarme profesionalmente.

Marcos Aldair Granoble García

AGRADECIMIENTO

A Dios por permitir tener y disfrutar a mi familia, gracias a mi familia por apoyarme en cada decisión y proyecto, gracias a la vida porque me demostró que con esfuerzo y dedicación se llega dónde quieres estar, un agradecimiento especial a Alix González que con sus enseñanzas logré adquirir los conocimientos necesarios para aplicarlos en la vida cotidiana.

Leo Joel Tarira Santander

DEDICATORIA

A Dios, a mí abuela Nila Rosales que está en el cielo gozando de la presencia de Dios a quien extraño todos los días de mi vida.

Marcos Aldair Granoble García.

DEDICATORIA

A mi madre pues sin ella realmente no lo hubiera logrado, sus incansables consejos a lo largo de mi vida y de mi carrera universitaria fueron la base para mantenerme y llegar a donde algún día soñé de pequeño. por eso te doy mi trabajo en ofrenda por tu paciencia y amor.

Leo Joel Tarira Santander.

ÍNDICE GENERAL

FICHA DE REGISTRO DE TESIS	ii
CERTIFICADO DE SIMILITUDES	iv
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES	viii
CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL TUTOR	ix
CERTIFICO:	ix
AGRADECIMIENTO	x
AGRADECIMIENTO	xi
DEDICATORIA	xii
DEDICATORIA	xiii
ÍNDICE GENERAL	xiv
ÍNDICE DE FIGURAS	xix
ÍNDICE DE TABLAS	xxi
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I	3
1. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	3
1.1. Planteamiento del problema	3
1.2. Formulación del problema	3
1.3. Sistematización del problema.....	3
1.4. Objetivos de investigación	4
1.4.1. Objetivo General.....	4
1.4.2. Objetivos Específicos	4
1.5. Justificación de la investigación.....	4
1.6. Delimitación de la investigación	5
1.7. Hipótesis de la investigación.....	5
1.8. Variables.....	5
1.8.1. Variable independiente	5
1.8.2. Variable dependiente	5

1.9.	Línea de investigación.....	5
CAPÍTULO II.....		6
MARCO TEÓRICO.....		6
1.10.	Antecedentes:.....	6
1.11.	Marco Referencial	7
1.11.1.	Tratamiento de agua potable.....	8
1.12.	Procesos que existen en una planta de potabilización	9
1.12.1.	Clarificación al Breakpoint.....	9
1.12.2.	Coagulación – Flocculación	10
1.12.3.	Sedimentación.....	13
1.12.4.	Filtración	13
1.12.5.	Desinfección	14
1.13.	Etapas del tratamiento de agua potable	14
1.14.	PTAP de Daule	15
1.15.	Lodos residuales de PTAP.....	16
1.16.	Tipos de lodos.....	16
1.17.	Características de los lodos residuales de PTAP	18
1.18.	Propiedades de lodos residuales de PTAP.....	20
1.19.	Aprovechamiento y disposición final de lodos de PTAP	21
1.20.	Marco conceptual	21
1.20.1.	Lodos residuales de agua potable	21
1.20.2.	Planta de tratamiento de agua potable	21
1.20.3.	Caracterización de lodos PTAP	21
1.20.4.	Valoración de lodos PTAP.....	21
1.21.	Marco Legal.....	22
1.21.1.	Constitución de la República del Ecuador – 2008.....	22
1.21.2.	Plan Nacional de Desarrollo 2017 – 2021 Toda una vida	22
1.21.3.	Código Orgánico Ambiental (COA) – 2018.....	23
1.21.4.	Texto unificado de legislación secundaria de medio ambiente (TULSMA) – 2017	23
1.21.5.	Programa Nacional para la Gestión Integral de Desechos Sólidos (PNGIDS).....	24
1.21.6.	Texto unificado de legislación ambiental secundaria de medio ambiente.....	24
1.22.	Registro Oficial.....	24

1.22.1.	Criterios de calidad para aguas de consumo humano y uso doméstico	24
1.23.	Criterios de calidad de aguas para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, y en aguas marinas y de estuarios.....	26
CAPITULO III	29
2.	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	29
2.1.	Metodología	29
2.2.	Tipos de investigación.....	30
2.2.1.	Investigación experimental.....	30
2.2.2.	Ventajas	30
2.3.	Enfoque de la investigación	31
2.3.1.	Enfoque cuantitativo.....	31
2.3.2.	Técnicas de instrumento	31
2.3.3.	Investigación documental.....	31
2.3.4.	Investigación de campo	32
2.4.	Lodo residual a estudiar y caracterización	32
2.4.1.	Lodo residual de estudio.....	32
2.4.2.	Toma de muestra y caracterización del lodo de la PTAP.....	33
2.5.	Implementación de los lodos residuales de agua potable en los experimentos.....	33
2.6.	Muestras	34
2.6.1.	Determinación de porcentaje de humedad en lodo.....	34
1.	Equipos	34
2.	Preparación de la muestra	35
3.	Procedimiento	36
4.	Cálculos	36
2.6.2.	Determinación de pH (Potencial de hidrogeno) en lodo	36
1.	Equipos	37
2.	Materiales	38
3.	Preparación entre lodos y agua destilada	38
4.	Preparación de la muestra	39
2.6.3.	Determinación de carbono en lodo.....	39
1.	Preparación de solución de dicromato de potasio	39
2.	Preparación de la muestra de lodo	39
3.	Procedimiento	40

4. Lectura de absorbancia	41
5. Fórmulas para resultados.....	42
2.6.4. Procedimiento de determinación de materia orgánica en lodo	42
2.6.5. Procedimiento de determinación de Coliformes Fecales totales en lodo	42
2.6.6. Procedimiento de determinación de aluminio en lodo	43
2.7. Aluminio.....	44
2.8. Coliformes fecales.....	45
2.9. Potencial de hidrógeno (pH)	46
2.10. Carbono	47
2.11. Materia orgánica	48
2.12. Evaluación de la aplicabilidad de los lodos de PTAP Daule para su uso en ladrillos de mampostería y decoración	49
2.13. Ladrillos realizados.....	51
2.14. Ladrillo panelón.....	52
2.15. Ladrillo payo y jaboncillo.....	52
2.16. Pruebas a compresión de los ladrillos.....	52
2.17. Resultado ladrillo con dosificación 50:50	53
2.18. Ladrillo con dosificación 70:30.....	53
2.19. Ladrillo con dosificación 90:10.....	54
2.20. Evaluación de la aplicabilidad de los lodos de PTAP Daule para su uso en mortero. 56	
2.21. Procedimiento de mezcla para dosificaciones en mortero de enlucido	56
2.22. Resultados a compresión de mortero.....	58
2.22.1. Dosificación 1:4 mortero tradicional de obra	58
2.22.2. Dosificación 1:2:2 mortero con lodo PTAP.....	59
2.23. Ensayo de adherencia del mortero por extracción o pull of	59
2.24. Resultados de adherencia del mortero	61
2.24.1. Dosificación 1:4 mortero tradicional de obra	61
2.24.2. Dosificación 1:2:2 mortero con lodo PTAP.....	62
2.25. Análisis económico de las 2 alternativas	63
CAPITULO IV.....	64
PROPUESTA	64
CONCLUSIONES	65
RECOMENDACIONES	66

REFERENCIAS.....	67
ANEXOS.....	70

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Cloración	9
Figura 2. Flocladores.....	10
Figura 3. Proceso de coagulación y floculación	11
Figura 4. Proceso de sedimentación.....	13
Figura 5. Proceso de filtración	14
Figura 6. PTAP de Daule	16
Figura 7. Ubicación PTAP de Daule.....	32
Figura 8. Almacenamiento de lodos de la PTAP	33
Figura 9. Toma de muestra	33
Figura 10. Horno de secado	34
Figura 11. Balanza	35
Figura 12. Recipientes.....	35
Figura 13. Recipientes.....	35
Figura 14. Agitador químico.....	37
Figura 15. Vaso precipitado	37
Figura 16. Sensor de pH.....	38
Figura 17. Agua destilada	38
Figura 18. Mezclado de lodo para saber el pH	39
Figura 19. Lodo homogenizado	39
Figura 20. Peso de lodo.....	40
Figura 21. Dicromato de potasio y ácido sulfúrico	40
Figura 22. Muestra final.....	41
Figura 23. Espectrómetro GQM.....	41
Figura 24. Mezcla de arcilla y aserrín.....	49
Figura 25. Masa compuesta de aserrín, arcilla y lodo.....	50
Figura 26. Vaciado de mezcla en moldes	50
Figura 27. Desmoldado	50
Figura 28. Secado al aire libre durante 15 días	50
Figura 29. Cocción de ladrillos	51
Figura 30. Ladrillos elaborados	51

Figura 31 . Ladrillo jaboncillo	52
Figura 32. Ladrillo dosificación 50:50.....	53
Figura 33. Ladrillo panelón dosificación 70:30	54
Figura 34. Resultado a compresión.....	54
Figura 35. Ladrillo panelón dosificación 90:10	54
Figura 36. Resultado a compresión dosificación 90:10	55
Figura 37. Materiales utilizados en la elaboración de mortero, derecha lodo efluente de la PTAP Daule.....	56
Figura 38. Mezcla de los materiales en seco.....	57
Figura 39. Mezcla homogénea	57
Figura 40. Pared enlucida con lodo proveniente de la PTAP	58
Figura 41. Ensayo a compresión de mortero.....	58
Figura 42. Enlucido con mortero tradicional de obra (1:4).....	59
Figura 43. Enlucido con mortero PTAP (1:2:2).....	60
Figura 44. Pegado de cerámica para obtener superficie lisa	60
Figura 45. Corte de áreas de 25cm ²	60
Figura 46. Pegado de disco de extracción.....	61
Figura 47. Extracción de disco.....	61

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Línea de investigación.....	5
Tabla 2. Efectos de la coagulación sobre las sustancias contenidas en el agua	12
Tabla 3. Sólidos y de lodos en el tratamiento de aguas residuales.....	18
Tabla 4. Características de los lodos	19
Tabla 5. Caracterización típica según tipos de lodos	20
Tabla 6. Criterios de calidad de fuentes de agua para consumo humano y doméstico	25
Tabla 7. Criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y de estuarios.....	27
Tabla 8. Caracterización de lodos GQM.....	44
Tabla 9. Resultado GQM	45
Tabla 10. Límites máximos permisibles para extracción de metales pesados en base seca (digestión ácida).....	45
Tabla 11. Resultado GQM	45
Tabla 12. Criterios microbiológicos para no catalogar a un desecho biológico como peligroso	46
Tabla 13. Límite máximo permisible para patógenos y parásitos en lodos	46
Tabla 14. Resultado GQM	47
Tabla 15. Criterios referenciales de calidad del suelo.....	47
Tabla 16. Resultado GQM	47
Tabla 17. Puntos de referencia de la calidad de los sedimentos	48
Tabla 18. Resultado GQM	48
Tabla 19. Valores mínimos para la resistencia de las unidades, F'c.....	53
Tabla 20. Resultados del ensayo a compresión.....	55
Tabla 21. Resultado LENCO	58
Tabla 22. Resultado LENCO	59
Tabla 23. Resultado pull of mortero tradicional	61
Tabla 24. Resultados finales mortero tradicional.....	62
Tabla 25. Resultado pull of.....	62
Tabla 26. Resultados finales.....	62

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Recolección de muestra del lodo efluente de PTAP Daule.....	70
Anexo 2. Análisis fisicoquímicos y microbiológico del lodo efluente de PTAP Daule.....	71
Anexo 3. Ensayo a compresión de Ladrillos	72
Anexo 4. Ensayo granulométrico del lodo efluente de PTAP Daule.....	73

INTRODUCCIÓN

En muchos países una de las actuales preocupaciones es la disposición final de lodos producto de la potabilización del agua y del tratamiento de aguas residuales. Este inconveniente se agrava en países subdesarrollados como el Ecuador debido a la escasez de información sobre el tema en el territorio, se desconoce el potencial contaminante del biosólido, por lo cual es complicado establecer el impacto ambiental que causan dichos residuos en los rellenos sanitarios o en los cauces de los ríos, los cuales son algunas ocasiones los principales receptores de estos.

En esta investigación se analizará los lodos de la planta de tratamiento de agua potable Daule mediante la valoración de los componentes residuales para el beneficio de la entidad y usuarios. Esta planta se encuentra ubicada en el cantón Daule, provincia del Guayas. De allí el manejo de los lodos es complicado, debido a que tienen dentro sustancias desagradables producto del agua no tratada, así como paralelamente materia orgánica distinta de la original, sin embargo, está sujeta a otros procesos y que tienen la posibilidad de volverla aún más desagradable.

Se debe tener en cuenta que el lodo contiene una baja fracción de materia sólida, por lo que las operaciones y procesos para extraer el agua y disminuir la cantidad de residuo a tratar son de vital importancia, puesto que un aspecto importante a tener en cuenta, es la eficiencia vs costo en el tratamiento y funcionamiento de la planta.

De la misma manera que, en las plantas convencionales de potabilización de agua conocida por su sigla PTAP que incluyen coagulación, floculación, sedimentación y filtración, los lodos se producen en todos los procesos, excepto en la coagulación. Los coagulantes químicos más utilizados en sistemas de potabilización de agua son el aluminio (sulfato y policloruro de aluminio) y del hierro (cloruro y sulfato férrico).

Consecuencia de esto, se busca emplear los lodos de manera que puedan ser reutilizados para diferentes actividades, debido a que estos son subproductos del tratamiento de las plantas de aguas potable, la mejor manera es reutilizarlos, ya que generalmente son evacuados al cuerpo receptor más cercano sin ningún tratamiento previo.

En tal sentido, las alternativas presentadas en los lodos de la planta de tratamiento de agua potable mediante la valoración de los componentes residuales. Entonces es para evidenciar el beneficio de los lodos que se detallaran en esta investigación, a fin de minimizar el efecto de los lodos en el cantón Daule, provincia del Guayas.

Para la ejecución del plan de investigación se ha contado con el apoyo del ex gerente de EMAPA Daule el Eco. Xavier Zambrano, y específicamente con la participación de la Ing. Katty Vélez encargada de la PTAP. Además, se han consultado diferentes autores que han escrito sobre el tratamiento y aprovechamiento de lodos.

CAPITULO I

DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del problema

En la planta de tratamiento de agua potable Daule los lodos de residuos que se producen requieren ser tratados según normativas existentes, tanto en los decantadores como en el lavado de los filtros, ya que esto representa en la actualidad un gran problema debido a la gran producción de material residual y a la casi inexistencia de reservorios en que se puedan disponer dichos lodos.

En Ecuador hay una infinidad de PTAP, las mismas que generan una gran cantidad de sólidos residuales que son almacenados y descargados a los ríos produciendo la contaminación del ecosistema.

Es evidente por las observaciones in situ la necesidad de un manejo sostenible de lodos residuales que surge ante el desperdicio del potencial de aprovechamiento de los mismos y terminan por disponerse como residuos sólidos disminuyendo así la vida útil de los rellenos sanitarios, o como vertimientos en aguas abajo del punto en el que son captados.

En la actualidad existe un mayor interés en la conservación del medio ambiente, debido a eso se buscan alternativas para la reducción de costos de tratamiento y disposición final de estos sólidos.

El proceso de agua para consumo humano genera lodos residuales considerados como residuos o subproductos causados en la operación de las PTAP, los cuales al no ser tratados correctamente pueden causar problemas ambientales y derivar en sanciones por parte de la autoridad ambiental competente.

1.2. Formulación del problema

¿De qué forma la disposición de gran cantidad de lodos residuales producidos en la planta de tratamiento de agua potable exacerba la contaminación de efluentes por su vertido sin respetar normativas vigentes de la entidad y usuarios?

1.3. Sistematización del problema

- ¿Cuáles son las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas de los lodos se produce en la planta de tratamiento de agua potable?

- ¿Qué cantidad de lodos residuales y niveles de toxicidad se pueden aprovechar utilizando los recursos tecnológicos disponibles en la planta de tratamiento de agua potable en Daule?
- ¿Cuál sería el beneficio de la entidad y usuarios al disponer de estos lodos según normativas vigentes en Daule?

1.4. Objetivos de investigación

1.4.1. *Objetivo General*

- Analizar el uso de los lodos de la planta de tratamiento de agua potable Daule mediante la valoración de los componentes residuales para el beneficio de la entidad y usuarios.

1.4.2. *Objetivos Específicos*

- Caracterizar las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas de los lodos de la planta de tratamiento de agua potable Daule.
- Determinar los usos potenciales para aprovechamiento de los lodos residuales aplicando los conceptos tecnológicos disponibles.
- Valorar los componentes residuales de la planta de tratamiento de agua potable Daule beneficio de la entidad y usuarios.

1.5. Justificación de la investigación

Según lo observado en la planta de tratamiento es necesario aplicar la valoración de cuyos lodos residuales que se generan, de tal manera que se puede aprovechar estos sólidos evitando la contaminación de aguas superficiales y subterráneas, ya que estos generalmente son vertidos a una corriente natural. Esto permite utilizar los lodos residuales como producto fundamental para el desarrollo de nuevas tecnologías en la industria de la construcción.

Promover la implementación de tratamientos adecuados que permitan la utilización racional de lodos en plantas de tratamientos de agua potable y de esta manera lograr minimizar la cantidad de residuos dispuestos en los rellenos sanitarios y la contaminación de las fuentes naturales de agua, promoviendo su conservación y cuidado, haciendo frente a dos de los problemas de mayor latencia que enfrenta el país en temas de gestión de sus residuos.

1.6. Delimitación de la investigación

Campo: Educación Superior, Tercer Nivel.

Aspecto: Investigación experimental

Tema: Uso de los lodos de la planta de tratamiento de agua potable Daule mediante la valoración de los componentes residuales para el beneficio de la entidad y usuarios.

Delimitación espacial: EMAPA Daule

Delimitación temporal: 6 meses

1.7. Hipótesis de la investigación

Evaluación de lodos de la planta de tratamiento de agua potable Daule en beneficio de la entidad y usuarios.

1.8. Variables

1.8.1. Variable independiente

Uso de los lodos mediante la valoración de componentes residuales

1.8.2. Variable dependiente

Planta de tratamiento de agua potable Daule.

1.9. Línea de investigación

Tabla 1.

Línea de investigación.

LINEA DE INVESTIGACION		
ULVR	FIIC	SUBLINEA
Urbanismo y ordenamiento territorial aplicando tecnología de construcción eco-amigable, industria y desarrollo de las energías renovables	1. Territorio	2. Recursos Hídricos

Nota: Esta tabla hace mención la línea de investigación que respalda este proyecto.

Fuente: Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

1.10. Antecedentes:

Los tratamientos de lodos provenientes de las plantas de potabilización es un asunto nuevo en el ámbito investigativo del entorno ambiental; debido a que, aproximadamente hace dos décadas se originan estudios respecto a los efectos de los lodos residuales de las plantas de tratamientos de potabilización del agua que son evacuados por el caudal natural. Debido a que, no se ha indagado sobre el asunto a través del tiempo.

Diferentes estudios han revelado las secuelas que tienen la posibilidad de tener los lodos sobre los cuerpos de agua en que se establecen. Los sistemas de agua potable y saneamiento son piezas esenciales de la infraestructura fundamental que consiente en suministrar las condiciones mínimas de calidad de vida, salud pública y resguardo del ambiente a que tiene derecho toda persona.

El procedimiento de potabilización de agua consiste en una serie de procesos físicos, químicos y biológicos que tienen como fin excluir los contaminantes físicos, químicos y biológicos que se encuentren en el agua afluente del caudal. El objetivo del tratamiento es producir agua con un pH apto para el consumo humano. Actualmente se denomina lodo residual a los materiales orgánicos, ricos en nutrientes, que resultan del proceso de potabilización de las aguas o del proceso de tratamiento de agua residual que se da a través de una planta de tratamiento.

El lodo como subproducto de una planta de tratamiento podría muy bien ser utilizado en la recuperación de los suelos, en la industria minera, en la agricultura, entre otros posibles usos. Evitando la disposición final en los rellenos sanitarios. En Europa, Estados Unidos y Australia realizan investigaciones para utilizar los lodos tratados, como freno a la contaminación de los acuíferos, para acelerar la descontaminación de suelos ya afectados. En Dinamarca la gran parte de lodos estabilizados se usan como fertilizantes en tierras laborales. En Argentina se han instrumentado plantas de compostaje de lodos residuales, para su posterior aplicación como biosólidos en la agricultura. Es determinante observar que el mundo avanza en la reutilización de los recursos. (Sanchez, 2019)

1.11. Marco Referencial

Según (Cardona Mejia & Orozco Alzate , 2018) autores colombianos de la tesis titulada ``Valoración de los lodos provenientes de las plantas de tratamiento de aguas residuales``, expresan que los lodos residuales son sólidos que provienen del proceso de tratamiento de las aguas residuales, los cuales son removidos para que el agua pueda descontaminarse y así pueda ser reutilizada. Estos lodos deben ser tratados para desecharlos o transformarlos, con el fin de reducir el impacto que sus elementos contaminantes puedan causar a la salud de los seres vivos y al medio ambiente.

(Garcia, 2017) autor español de la tesis titulada ``Valorización de lodos de depuradora como fertilizante en el marco de la economía circular``, expresan que la escasez de fertilizantes minerales y el aumento de sus costes económicos y ambientales, son razones claves para promover el uso de los residuos orgánicos biodegradables, entre ellos los lodos de depuradora, como fertilizantes en la agricultura. Además, la producción de lodos de depuradora se ha incrementado en los últimos años con la obligación de depurar las aguas residuales desde 2005 en Europa. Por ello, es importante tener en cuenta los metales pesados presentes en los mismos.

En otro aspecto (Garcia, 2017) indica que, en 2015, se aprobó el paquete sobre Economía Circular para la Unión Europea, el cual propone objetivos sobre los residuos orgánicos, con el fin de poder usarlos como materias primas para la elaboración de abonos y crear un mercado regulado para su uso en la Unión Europea, reduciendo con ellos los residuos, el consumo de energía y los daños ambientales.

(Aldana Tique & Pérez Rojas, 2017) Autores colombianos indican que a los lodos producidos en la planta de tratamiento de agua potable no se les realiza una disposición adecuada y no cuentan con un estudio que le permita determinar el potencial de aprovechamiento de los lodos que genera y las alternativas de tratamiento propias a las condiciones específicas de su operación.

De acuerdo a (Tomala Tomala, 2020) autor ecuatoriano de la tesis titulada ``Uso de lodos de una planta de tratamiento de aguas residuales para la elaboración de compost`` quien indica que los lodos como subproducto de las Plantas de tratamientos de aguas están impulsando en la actualidad a realizar estudios enfocados en la búsqueda de alternativas para su transformación en un material útil, principalmente a que cada vez son inadecuados o menores las áreas para un sitio de disposición final.

Según (Malacatus Cobos, Paredes Calderon, & Chisaguano Quishpe, 2017) en su proyecto titulado ``Propuesta de diseño del sistema de tratamiento y disposición final de lodos generados en la planta potabilizadora de aguas durante el proceso de coagulación – floculación generan lodos químicos que son descargados a un cuerpo de agua superficial incumpliendo la normativa legal vigente.

Con criterio de (Logroño Garcia , 2016) autor del estudio ``Aprovechamiento de los lodos de la planta de tratamiento de aguas residuales de la Atunera ``Galapesca S. A.`` expresa que los lodos se producen en dicha planta de tratamiento pueden ser aprovechados para generar un subproducto con la finalidad de ser utilizados como abono para la regeneración de suelos contaminados por hidrocarburos.

(Mohajerani, 2019), indica que los biosólidos son un valioso recurso para la fabricación de ladrillos, en este trabajo se observan pruebas de conductividad térmica más baja en relación a ladrillos sin biosólidos, esto quiere decir que transfieren menos calor, así como el cumplimiento de las resistencias mencionadas. Este estudio mostro que los ladrillos fabricados con biosólidos generan menor impacto ambiental, lo que ayuda a reducir la huella de carbono en la industria de la construcción.

1.11.1. *Tratamiento de agua potable*

Las plantas de tratamiento de agua potable se construyen em acero, mampostería o munitipios pequeños y medianos. Las normas ISO certifican que este tipo de planta de tratamiento de agua concreto, cerca de los yacimientos de agua para purificarla y ofrecerla para el consumo de las comunidades o campamentos obreros que no tienen acceso a una fuente municipal de agua como las que hay en las ciudades o potable estén diseñadas para un óptimo manejo, mantenimiento, envío e instalación.

Cada planta se adecúa para tratar aguas con distintas características como turbiedad, caudal y color. Es importante conocer con antelación el tipo de agua a tratar para proveer la solución más conveniente, así como también la más económica en términos de mantenimiento. El mecanismo hidráulico de las plantas de tratamiento hace más económico su mantenimiento gracias a la independencia de energía eléctrica. Algunas también cuentan con sistemas automatizados de mantenimiento que a través de sensores advierten el inicio de un proceso de auto lavado para después reactivarse y volver a su funcionamiento normal.

La planta de tratamiento de agua potable funciona a través de mecanismos de bombas de aire y filtros para la remoción de sólidos. Dependiendo del tipo de planta de tratamiento de agua potable, se pueden fabricar con distintos tipos de filtro; en algunos casos configurados, en serie o en paralelo y de forma doble o multicapa (en estos casos la filtración es más rigurosa para purificar y pulir aguas de mejor calidad). En otros casos se tratan aguas de mayor turbiedad (como las aguas de pozo) incluso con sólidos como el hierro o el magnesio y se procesan para eliminar el mal olor de igual manera. Si se desea, también es posible instalar tanques de clarificación para el agua.

1.12. Procesos que existen en una planta de potabilización

1.12.1. Clarificación al Breakpoint

La adición de cloro en el punto inicial tiene dos funciones: desinfección y oxidación. Con estas dos propiedades contribuimos a eliminar hierro, manganeso, sulfuros, amoníaco y otras sustancias reductoras. También reducimos sabores existentes antes de la cloración y la función que más nos interesa que es la reducción del crecimiento de algas y otros microorganismos presentes en el agua. Esto se consigue añadiendo cloro hasta conseguir cloro residual libre en el agua (Breakpoint) normalmente se busca 0.5 ppm de cloro libre. El cloro se puede adicionar en forma de cloro líquido, solución de hipoclorito de sodio o tabletas de hipoclorito de calcio. (Romero , 2017)



Figura 1. Cloración

Elaborado por: (Granoble Garcia & Tarira Santander, 2020)

1.12.2. *Coagulación – Floculación*

Las impurezas se encuentran en el agua superficial como materia en suspensión y materia coloidal. Las especies coloidal incluyen arcilla, sílice, hierro, otros metales y solidos orgánicos. La eliminación de una gran proporción de estas impurezas la llevamos a cabo por sedimentación, basada en simple gravedad, pero algunas de estas impurezas son demasiado pequeñas para obtener un proceso de eliminación eficiente por lo tanto, se requería invertir mucho tiempo para remover los sólidos suspendidos, por lo que es necesario utilizar procesos de clarificación, que consisten en cualquier proceso o combinación de procesos, cuyo propósito es reducir la concentración de los materiales suspendidos en un líquido.

La coagulación y floculación causan un incremento de tamaño del floculo y su rápida aglomeración, disminuyendo así el tiempo de sedimentación de las partículas. Para realizar este tipo de procesos se adicionan sales químicas en su mayoría cargadas positivamente (sales de aluminio, sales de hierro o polielectrolitos) que desplazan los iones negativos y reducen efectivamente el tamaño de carga. (Romero , 2017)



Figura 2. Floculadores.

Elaborado por: (Granoble García & Tarira Santander, 2020)

Entre los floculantes más usados se tienen: Sulfato de Aluminio, Polielectrolitos, Cloruro Férrico, Sulfato Ferroso y Férrico. En la actualidad los polielectrolitos son los más utilizados debido a su menor impacto ambiental y a la ciudad del floculo que producen. Para poder determinar la cantidad de producto a agregar al agua se tiene que hacer un ensayo conocido como ``Jar Test`` o Test de Jarras con el agua a tratar. Este test mide básicamente el efecto de las diferentes combinaciones de dosis de coagulante y PH. (Romero , 2017)



Figura 3. Proceso de coagulación y floculación

Fuente: (Ramírez, s.f.)

Tabla 2.

Efectos de la coagulación sobre las sustancias contenidas en el agua

PARAMETROS	REDUCCIÓN MÁXIMA OBTENIDA MEDIANTE LA COAGULACIÓN
	0: Nada de reducción +: de 0 a 20% de reducción ++: 20 a 60% de reducción +++: > 60% de reducción
MINERALES	
Turbidez	+++
Materias En Suspensión	+++
Fosfatos (P ₂ O ₅)	+++
Nitratos	0
Amonio	0
Cloruros	0, +
Sulfatos	0, +
Fluoruros	++
Hierro	+++
Aluminio	+++
Manganeso	+
Cobre	+++
Zinc	++
Cobalto	0
Níquel	0
Arsénico	`+++As ⁺⁵ , ++As ⁺³
Cadmio	++, +++
Cromo	`+Cr ⁺⁶ , +++Cr ⁺³
Plomo	+++
Mercurio	++
Cianuros	0
Orgánicos	
Color	+++
Olor	0, +
Dqo	+++
Cot	+++
Dbo	+++
N Kjeldahl	+++
Fenoles	0
Hidroc. Aromáticos Policíclicos	++
Pesticidas	+++
Agentes De Superficie (Reaccionando Al Azul De Metileno)	0, +
Microorganismos	
Virus	+++
Bacterias	+++
Algas	++

Nota: En esta tabla se muestra los efectos de la coagulación.*Fuente:* (El agua potable, s.f.)

1.12.3. *Sedimentación*

Es un pretratamiento físico simple del agua antes de la aplicación de otros tratamientos de depuración como la filtración y la desinfección. Elimina pequeñas partículas indeseables en suspensión (arena, lino y arcilla) y algunos contaminantes biológicos del agua bajo la influencia de la gravedad. Cuanto más tiempo se mantenga el agua sin tocar, más sólidos en suspensión patógenos se depositarán en el fondo del recipiente. La adición de coagulantes puede acelerar el proceso de sedimentación. Tres productos químicos comunes utilizados para este propósito son el sulfato de aluminio, el cloruro de polialuminio (también conocido como PAC o alumbre líquido) y el sulfato férrico. (Universitario SSWM, 2020).



Figura 4. Proceso de sedimentación
Elaborado por: (Granoble Garcia & Tarira Santander, 2020)

1.12.4. *Filtración*

Una vez que se ha sedimentado el agua para terminar el proceso de clarificación, se hace pasar por una etapa de filtración, la cual consiste en hacer pasar el agua que todavía contiene materias en suspensión a través de un medio filtrante que permite el paso del líquido, pero no el de las partículas sólidas, las cuales quedan retenidas en el medio filtrante. De este modo, las partículas que no han sedimentado en el decantador son retenidas en los filtros. El medio filtrante más utilizado es la arena, sobre un lecho de grava como soporte. Aunque también existen otros tipos de lechos como membranas filtrantes que pueden ser de plástico o de metal. Para evitar atascamientos en esta etapa, es importante que la retención de las partículas se haga en el interior del lecho filtrante, y no en la superficie del lecho, por este motivo, será muy importante hacer una elección adecuada del tamaño del grano del lecho filtrante. Los filtros más utilizados en potabilización de agua son los filtros rápidos en los que el agua ha sido pasada previamente por un proceso de coagulación – floculación. Afino con Carbón Activo: Una vez que el agua ha sido clarificada, pasa a la adsorción sobre el carbón activo, que permitirá la disminución de la materia orgánica, color, olor y sabor presente, por separación, al quedar

retenidas en la superficie del adsorbente. El adsorbente utilizado es carbón activo en forma granular que se sitúa formando un lecho fijo en una columna de tratamiento, a través del cual pasa el agua.

El Carbón Activo puede fabricarse a partir de todo tipo de material carbonoso, o bien a partir de cualquier carbón mineral no grafitico. Pero, hay que recordar que cada materia prima brinda características y calidades distintas. Una de las principales razones de la aplicación del Carbón Activo es la decloración o eliminación de cloro libre de agua.

También se puede utilizar para controlar, olor y sabor, el crecimiento biológico o eliminar amoníaco. (Romero , 2017)



Figura 5. Proceso de filtración
Fuente: (Academia , 2018)

1.12.5. Desinfección

La desinfección es un factor crítico en todas las formas de tratamiento del agua. Sin embargo, la decisión de que proceso utilizar depende casi siempre de los costos, las regulaciones, los líquidos de los procesos locales y las preocupaciones por la seguridad.

Las plantas de agua potable practican ambos tipos: la desinfección primaria destruye las bacterias, virus y otros microorganismos dañinos, y la desinfección secundaria ayuda a las plantas a cumplir con los requisitos de los subproductos de desinfección. Una planta también puede usar desinfectantes en un paso de peroxidación antes de la coagulación, floculación, sedimentación y filtración.

1.13. Etapas del tratamiento de agua potable

Según (Romero , 2017) en un artículo indica que las aguas procedentes de los ríos, necesitan un tratamiento complejo y caro antes de ser suministradas a los consumidores, debido a que las

precipitaciones traen cantidades apreciables de materia sólida a la tierra como el polvo, polen, bacterias, esporas, e incluso, organismos mayores.

El proceso de tratamiento de agua potable está formado por seis etapas que permiten la purificación del agua eliminar cualquier rastro de olor, sabor, etc.

- **Pretratamiento del agua:** para empezar, se eliminan sólidos de gran tamaño con la colocación de una reja. Esta evita que se cuelen ramas y grandes objetos, además de proteger a peces que puedan ser absorbidos por el sistema. Después, con la ayuda de un desarenador, se separa la arena del agua para evitar que pueda dañar las bombas de la planta potabilizadora. En esta etapa también se lleva a cabo una predesinfección para destruir algunas sustancias orgánicas. (Romero , 2017).
- **Coagulación – Flocculación:** las bombas de baja presión transportan el agua a una cámara de mezcla. Ahí se incorporan los componentes para la potabilización del agua. En esta fase se ajusta el pH añadiendo ácidos y agentes coagulantes.
- **Decantación:** en el decantador se lleva a cabo la separación mediante la gravedad de las partículas en el fondo, donde se eliminan. Los menos densos continúan disueltos en el agua decantada. (Romero , 2017)
- **Filtración:** se hace pasar el agua por un medio poroso que elimina los sedimentos menos densos para terminar de colar impurezas. Existen diferentes tipos de filtros, que pueden ser abiertos por gravedad, o cerrados y a presión. (Romero , 2017)
- **Desinfección del agua:** en este proceso se añade cloro para que desaparezca cualquier tipo de bacteria o virus. La exclusión de agentes patógenos de aguas subterráneas o manantiales naturales se puede conseguir también con la irradiación de rayos ultravioletas y la aplicación de ozono. (Romero , 2017)

1.14. PTAP de Daule

La planta de tratamiento de agua potable localizada en el cantón Daule de la provincia del Guayas es una planta de tipo convencional, diseñada para producir un caudal de 35.000m³/día (4051/s), este mismo caudal corresponde a la demanda de los Estudios Básicos del Sistema de Agua Potable. La PTAP de Daule cuenta con su propio Sistema de Captación, Potabilización, Conducción y Reservorios.



Figura 6. PTAP de Daule
Elaborado por: (Granoble Garcia & Tarira Santander, 2020)

Esta planta de tratamiento cuenta con el certificado del Ministerio del Ambiente, donde se determinó que la PTAP de la ciudad de Daule, no intercepta con ningún Sistema Nacional de Áreas Protegidas, Patrimonio Forestal y Bosques Protectores del Estado.

1.15. Lodos residuales de PTAP

Según (Aldana Tique & Pérez Rojas, 2017) son sólidos con un contenido variable de humedad, provenientes de la limpieza de los sistemas de alcantarillado urbano o municipal, de las plantas potabilizadoras y de las plantas de tratamiento de aguas residuales, que no han sido sometidos a procesos de estabilización. Las características del lodo proveniente de una planta de tratamiento de agua potable dependen del origen del agua cruda y de los sistemas u operaciones unitarias usados en el tratamiento del agua.

Diferentes procesos de 18 tratamientos generan diferentes tipos y volúmenes de lodo. En una planta en particular, las características del lodo pueden cambiar anual, estacional o diariamente.

1.16. Tipos de lodos

Según (Gutiérrez Rosero, Ramírez Fajardo , Balmes Linares, & Paredes, 2014) existen diversos tipos de lodos, según el proceso, tratamiento u operación unitaria por la que se trate el agua se obtienen los siguientes subproductos:

- **Lodos de decantación primaria:** Son de color negro y su olor, aunque puede llegar a ser desagradable, lo es menos que los correspondientes a una decantación primaria.
- **Lodos de tratamiento secundario:** Son de color marrón, relativamente ligeros, y por estar bien aireados, no suelen producir olor con tanta rapidez como los lodos primarios. Sin embargo, sino se encuentran lo suficientemente aireados, su color se oscurece y producen un olor tan fuerte como el lodo primario.

- **Lodos de lechos bacterianos:** Son de color marrón y no producen olores molestos si están frescos. Se degradan a una velocidad menor que los lodos procedentes del sistema secundario, salvo en el caso que contengan organismos superiores (por ejemplo, gusanos), y en cuyo caso si se pueden dar olores rápidamente.
- **Lodos digeridos:** Son de color negro y tienen olor a tierra. Este lodo tiene origen en los procesos de digestión aeróbica. Generalmente contienen una proporción de materia orgánica entre el 45 y 60%.
- **Lodos aprovechables:** Son los lodos provenientes de un proceso de tratamiento que puede ser reutilizado directa o indirectamente en reciclaje, compostaje, generación de energía, entre otros. La mayoría de los lodos provenientes de los procesos de tratamiento aerobios y anaerobios de las plantas de tratamiento de aguas residuales una vez estabilizados, pueden ser utilizados como abonos, acondicionadores y restauradores de suelos.
- **Lodos no aprovechables:** Son lodos que no tienen características aceptables para algún aprovechamiento, por ejemplo, tienen muy poca o nula carga orgánica o poder calorífico muy bajo, estos pueden ser desechados junto con los residuos sólidos de origen domestico en rellenos municipales o mono rellenos. En esta categoría se encuentran los retenidos por rejillas gruesas y finas de las plantas de tratamiento.
- **Lodos peligrosos:** Son aquellos que contienen sustancias que pueden causar daño a la salud humana o al medio ambiente que deben ser dispuestos en sitios especiales con las medidas adecuadas de seguridad. Comúnmente se suele confundir el termino lodo y biosólido. La principal diferencia radica en que el biosólido es un lodo ya establecido, es decir, que ha tenido un proceso de tratamiento destinado a reducir la capacidad de fermentación, atracción de vectores y patogenicidad, logrando reducir el nivel de peligrosidad y el grado de restricción para su reutilización.

Tabla 3.
Sólidos y de lodos en el tratamiento de aguas residuales

Unidad	Tipo de solido o lodo	Observaciones
Cribado	Solidos gruesos	Los sólidos retenidos por la criba son removidos manual o mecánicamente.
Desarenadores	Arena y Espuma	A menudo, se omite la remoción de espuma en desarenadores.
Pre-aireación	Arena y Espuma	A menudo, se omite la remoción de espuma en la pre aireación, puede ocurrir sedimentación de arena si no existe desarenadores antes de la pre aireación.
Sedimentación Primaria	Lodo y espuma primarios	La cantidad depende del tipo de agua residual afluente.
Tratamiento biológico	Solidos suspendidos	Los sólidos suspendidos son el resultado de la síntesis biológica de la materia orgánica.
Sedimentación secundaria	Lodo y espuma secundarios	La remoción de espuma es requisito exigido por la USEPA.
Tratamiento de lodos	Lodo, compost, cenizas	El lodo obtenido depende de su origen y del proceso usado en su tratamiento.

Nota: En esta tabla se muestra la clasificación de los sólidos.

Fuente: (Navarrete, 2014)

1.17. Características de los lodos residuales de PTAP

Los lodos procedentes de las Plantas de Tratamiento de Agua Potable están compuestos fundamentalmente por las materias presentes en el agua bruta y que por oxidación, coagulación y precipitación han sido retenidos en los decantadores (sedimentadores) y filtros (desarenadores) así como por sustancias (óxidos e hidróxidos) procedentes del floculante y otros reactivos como cal, permanganato, carbón, que se han empleado en el tratamiento. Las sustancias contenidas en el agua bruta son generalmente inertes, por ejemplo, arcillas, arenas, etc. Además de orgánicas como el plancton y otros microorganismos. De aquí que las características de los lodos varíen en función de la calidad del agua bruta y del tratamiento de potabilización aplicado a esta.

Todos los lodos tienen un contenido bajo de sólidos (1 – 6%), por ello la disposición de su pequeño contenido de sólidos requiere el manejo de un gran volumen de lodo. El problema principal en el tratamiento de lodos radica por tanto en concentrar los sólidos mediante la máxima remoción posible de agua y en reducir su contenido orgánico. La cantidad de lodo producido es muy variable, dependiendo del proceso de tratamiento usado. El volumen de lodo

depende principalmente de su contenido de agua y muy poco del carácter del material sólidos. El contenido de agua se expresa normalmente como porcentaje en masa; por ejemplo, un lodo con 90% de humedad contiene 90% de agua en masa y un 10% de sólidos en masa.

Tabla 4.
Características de los lodos

Proceso	% Humedad de lodo		Densidad relativa	
	Intervalo	Típico	Solidos	Lodos
Sedimentación primaria	88-86	95	1,4	1,02
Filtro percolado	91-95	93	1,5	1,025
Precipitación química	-	93	1,7	1,03
Lodos activados	90-93	92	1,3	1,005
Tanques sépticos	-	93	1,7	1,03
Tanques Imhoff	90-95	90	1,6	1,04
Aireación prolongada	88-92	90	1,3	1,015
Lodo primario digerido anaerobiamente	90-95	93	1,4	1,02
Laguna aireada	88-92	90	1,4	1,01
Lodo primario digerido aerobiamente	93-97	96	1,4	1,012

Nota: En esta tabla se muestra

Fuente: (Romero Rojas, 2005)

- **Características Físicas.** - La característica física fundamental a tener en cuenta es el contenido de humedad ya que mientras más elevado sea el valor más difícil será manejarlo y almacenarlo, por consiguiente, representan un valor adicional para su tratamiento y posible aprovechamiento o disposición final. En un lodo primario la humedad está entre 92% a 96% de agua en peso de material base y en un lodo secundario esta entre el 97.5% a 98% de agua en peso de material base. (Gualoto Gualoto, 2016).
- **Características Químicas.** - Estas características están estrechamente relacionada según sea el origen del afluente y al tipo de tratamiento que se le aplique tanto a las aguas residuales como a sus posteriores lodos resultantes. "Los parámetros para su caracterización son: contenido de materia orgánica (Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO, Demanda Química de Oxígeno DQO, Carbono Orgánico Total COT), metales pesados, conductividad, pH, parámetros inorgánicos (arenas y arcilla) y parámetros orgánicos (aceites y grasas)". (Gualoto Gualoto, 2016).

- **Características Biológicas.-** El lodo residual según sus características biológicas está conformado por un sinnúmero de microorganismos entre estos tenemos bacterias, virus y parásitos, por ende, se presenta como el factor que más afecta a una población derivando a la necesidad de un tratamiento específico para con los lodos residuales por su elevada concentración de patógenos con la finalidad de disminuir los mismos, sin embargo, esto no asegura que dicho biosólidos no signifique un riesgo para la salud. (Gualoto Gualoto, 2016).

Tabla 5.
Caracterización típica según tipos de lodos

PARAMETROS	LODOS PRIMARIOS	LODOS SECUNDARIOS	LODOS DIRIGIDOS
pH	5.5 - 6.5	6.5 - 7.5	6.8 - 7.6
Humedad	92 - 96	97.5 - 98	94 - 97
SSV (%SS)	70 - 80	80 - 90	55 - 65
Grasas (%SS)	12 -14	3 - 5	4 - 12
Proteínas	4 - 14	20 - 30	10 - 20
Carbohidratos (%SS)	8 - 10	6 - 8	5 - 8
Nitrógeno (%SS)	2 - 5	1 - 6	3 - 7
Fosforo (%SS)	0.5 - 1.5	1.5 - 2.5	0.5 - 1.5
Bacterias Patógenas (NMP/100ml)	10 ³ - 10 ⁵	100 - 1000	10 - 100
Metales Pesados (%SS) Cu, Pb, Zn	0.2 - 2	0.2 - 2	0.2 - 2

SS: Solidos Suspendidos - NMP: Numero Mas Probable
SSV: Solidos Suspendidos Volátiles

Nota: Esta tabla muestra la caracterización típica según los tipos de lodos.

Fuente: (Llivichuzca Guapisaca, 2016)

1.18. Propiedades de lodos residuales de PTAP

Las propiedades de los lodos generados en las PTAP varían en el tiempo, incluso en un mismo sistema de tratamiento, debido principalmente a la calidad del agua afluente y a los regímenes de coagulación determinados en tal sistema y, aunque son considerados inertes, han sido tratados como residuo especial debido a que las sustancias presentes en el agua sin tratar tales como partículas en suspensión, arenas, arcillas, coloides, materia orgánica y microorganismos, son retenidas en los lodos. (Gutiérrez Rosero, Ramírez Fajardo , Balmes Linares, & Paredes, 2014).

1.19. Aprovechamiento y disposición final de lodos de PTAP

La legislación ambiental nacional establece que las plantas de tratamiento de agua potable (PTAP) no deben arrojar los lodos producto de los diferentes procesos de tratamiento en los cuerpos de agua del cual se abastecen, esto debido a que la práctica común de las plantas de potabilización consistía en verter los residuos de los procesos de lavado y purga, directamente en los cauces de los ríos, afectando su calidad, niveles y generando un impacto sobre los mismos.

1.20. Marco conceptual

1.20.1. Lodos residuales de agua potable

Los lodos son concentraciones líquidas de sólidos que van desde 0.5 a 10%, es decir están conformadas mayoritariamente por agua. Se pueden generar en diferentes etapas del tratamiento de efluentes: tratamientos físicos, tratamientos biológicos y tratamientos fisicoquímicos.

1.20.2. Planta de tratamiento de agua potable

Se denominan estación de tratamiento de agua potable (ETAP) al conjunto de estructuras en las que se trata el agua de manera que se vuelva apta para el consumo humano. Existen diferentes tecnologías para potabilizar el agua. El parámetro según los expertos como se establece por ejemplo en la normativa al respecto de la Unión Europea – pH del agua potable debería situarse entre 6.5 y 9.

1.20.3. Caracterización de lodos PTAP

Es un análisis físico, químico o microbiológico de los residuos sedimentarios. De acuerdo con los resultados se podría establecer estrategias de biorremediación o disminución en caso de estar por encima de la norma.

1.20.4. Valoración de lodos PTAP

Consiste en el aprovechamiento o uso de los lodos como materia prima para su posible gestión de acuerdo con normativa existente, así como también obtener beneficios de estos y mitigar la contaminación de donde son descargados estos lodos.

1.21. Marco Legal

En el Ecuador con respecto a la preservación y protección del medio ambiente las normativas generales que por medio de leyes y políticas regulan y mejoran la relación población – biodiversidad están principalmente:

1.21.1. Constitución de la República del Ecuador – 2008

Art. 14.- Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*. Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados.

1.21.2. Plan Nacional de Desarrollo 2017 – 2021 Toda una vida

Objetivo 3: Garantizar los derechos de la naturaleza por las actuales y futuras generaciones.

Política 3.1 Conservar, recuperar y regular el aprovechamiento del patrimonio natural y social, rural y urbano, continental, insular y marino-costero, que asegure y precautele los derechos de las presentes y futuras generaciones.

Política 3.3 Precautelar el cuidado del patrimonio natural y la vida humana por sobre el uso y aprovechamiento de recursos naturales no renovables.

Política 3.4 Promover buenas prácticas que aporten a la reducción de la contaminación, la conservación, la mitigación y la adaptación a los efectos del cambio climático, e impulsar las mismas en el ámbito global.

Política 3.7 Incentivar la producción y consumo ambientalmente responsable, con base en los principios de la economía circular y bio-economía, fomentando el reciclaje y combatiendo la obsolescencia programada.

Política 3.9 Liderar una diplomacia verde y una voz propositiva por la justicia ambiental, en defensa de los derechos de la naturaleza.

Actualmente en el Ecuador las normas y reglamento referente al tratado, aprovechamiento y disposición final para con los lodos residuales no se presenta muy definida, sin embargo en el código orgánico ambiental manifiesta el tratamiento de aguas residuales con

finés de reutilización, como también en el texto unificado de legislación secundaria establece la prohibición de disponer los lodos en aguas superficiales, subterráneas, marinas, de estuario, sistemas de alcantarillado y cauces de agua estacionales secos o no, al igual que considera a 37 los lodos residuales como residuos peligrosos salvo que las caracterizaciones respectivas demuestren lo contrario, para lo cual se dicta su aprovechamiento:

1.21.3. Código Orgánico Ambiental (COA) – 2018

Libro tercero. – Título II. – Sistema único de manejo ambiental.

Capítulo V. Calidad de los componentes abióticos y estado de los componentes bióticos

Art. 196.- Tratamiento de aguas residuales urbanas y rurales. Los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales deberán contar con la infraestructura técnica para la instalación de sistemas de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales urbanas y rurales, de conformidad con la ley y la normativa técnica expedida para el efecto. Asimismo, deberán fomentar el tratamiento de aguas residuales con fines de reutilización, siempre y cuando estas recuperen los niveles cualitativos y cuantitativos que exija la autoridad competente y no se afecte la salubridad pública.

1.21.4. Texto unificado de legislación secundaria de medio ambiente (TULSMA) – 2017

Libro VI. – Capítulo VI. – Gestión de residuos sólidos no peligrosos y desechos peligrosos y/o especiales.

Sección II.- Gestión integral de desechos peligrosos y/o especiales

Art. 123.- Del aprovechamiento. - En el marco de la gestión integral de los desechos peligrosos y/o especiales, bajo el principio de jerarquización de los mismos y el de responsabilidad extendida del productor, es obligatorio para las empresas privadas generadoras del desecho, el impulsar y establecer programas de aprovechamiento-tratamiento o reciclaje como medida para la reducción de la cantidad de desechos peligrosos y/o especiales a disponer finalmente. Se incluyen para el aprovechamiento-tratamiento, procesos físicos o químicos, valorización térmica, u otros que reduzcan la cantidad y peligrosidad de los desechos.

Libro VI. - Anexo 1. -Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua

5.2.1.3. - Los sedimentos, lodos de tratamiento de aguas residuales y otras tales como residuos del área de la construcción, cenizas, cachaza, bagazo, o cualquier tipo de desecho

doméstico o industrial, no deberán disponerse en aguas superficiales, subterráneas, marinas, de estuario, sistemas de alcantarillado y cauces de agua estacionales secos o no, y para su disposición deberá cumplirse con las normas legales referentes a los desechos sólidos peligrosos o no peligrosos, de acuerdo a su composición.

1.21.5. Programa Nacional para la Gestión Integral de Desechos Sólidos (PNGIDS).

El Ministerio del Ambiente en el año 2010 crea el programa nacional para la gestión integral de desechos sólidos, el cual tiene por objeto fortalecer la gestión de residuos sólidos en el Ecuador, fomentando la inclusión social de los recicladores de base, el aprovechamiento de los residuos y, promoviendo la aplicación del principio de Responsabilidad Extendida del Productor (REP) a nivel de la empresa privada.

1.21.6. Texto unificado de legislación ambiental secundaria de medio ambiente

1.22. Registro Oficial

1.22.1. Criterios de calidad para aguas de consumo humano y uso doméstico

- Se entiende por agua para consumo humano y uso doméstico aquella que es obtenida de cuerpos de agua, superficiales o subterráneas, y que luego de ser tratada será empleada por individuos o comunidades en actividades como: a. bebida y preparación de alimentos para consumo humano, b. satisfacción de necesidades domésticas, individuales o colectivas, tales como higiene personal y limpieza de elementos, materiales o utensilios.
- Esta norma aplica a la selección de aguas captadas para consumo humano y uso doméstico, para lo cual se deberán cumplir con los criterios indicados en la tabla 6.
- De ser necesario para alcanzar los límites establecidos en la Norma INEN para agua potable se deben implementar procesos de tratamiento adecuado y que permitan alcanzar eficiencias óptimas, con la finalidad de garantizar agua de calidad para consumo humano.

Tabla 6.

Criterios de calidad de fuentes de agua para consumo humano y doméstico

PARAMETRO	EXPRESADO COMO	UNIDAD	CRITERIO DE CALIDAD
Aceites y Grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3
Arsénico	As	mg/l	0,1
Coliformes Fecales	NMP	MNMP/100 ml	1000
Bario	Ba	mg/l	1
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Cianuro	CN	mg/l	0,1
Cobre	Cu	mg/l	2
Color	Color real	Unidades de Platino Cobalto	75
Cromo hexavalente	<u>CR</u>	mg/l	0,05
Fluoruro	F	mg/l	1,5
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	<4
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5días)	DBO5	mg/l	<2
Hierro total	Fe	mg/l	1,0
Mercurio	Hg	mg/l	0,006
Nitratos	NO3	mg/l	50,0
Nitritos	NO2	mg/l	0,2
Potencial Hidrógeno	pH	unidades de pH	6-9
Plomo	Pb	mg/l	0,01
Selenio	Se	mg/l	0,01
Sulfatos	SO4	mg/l	500
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	0,2
Turbiedad	unidades nefelométricas de turbiedad	UNT	100,0

Nota: Podrán usarse aguas con turbiedades y coliformes fecales ocasionales superiores a los indicados en esta Tabla, siempre y cuando las características de las aguas tratadas sean entregadas de acuerdo con la Norma INEN correspondiente.

Elaborado por: (Granoble Garcia & Tarira Santander, 2020)

1.23. Criterios de calidad de aguas para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, y en aguas marinas y de estuarios.

- Se entiende por uso del agua para preservación de la vida acuática y silvestre, su empleo en actividades destinadas a mantener la vida natural de los ecosistemas asociados, sin causar alteraciones en ellos, o para actividades que permitan la reproducción, supervivencia, crecimiento, extracción y aprovechamiento de especies bioacuáticas en cualquiera de sus formas, tal como en los casos de pesca y acuicultura.
- Los criterios de calidad para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y de estuario, se presentan en la TABLA.
- Los criterios de calidad del Amoniaco expresado como NH_3 para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces se establecen en la tabla 2a.
- Además de los parámetros indicados dentro de esta norma, se tendrán en cuenta los siguientes criterios: La turbiedad de las aguas debe ser considerada de acuerdo a los siguientes límites:
 - (1) Condición natural (Valor de fondo) más 5% si la turbiedad natural varía entre 0 y 50 UTN (unidad de turbidez nefelométrica):
 - (2) Condición natural (valor de fondo) más de 10% si la turbiedad natural varía entre 50 y 100 UTN, y.
 - (3) Condición natural (Valor de fondo) más 20%, si la turbiedad natural es mayor que 100 UTN;
 - (4) Ausencia de sustancias antropogénicas que produzcan cambios en color, olor y sabor del agua en el cuerpo receptor, de modo que no perjudiquen a la vida acuática y silvestre y que tampoco impidan el aprovechamiento óptimo del cuerpo receptor.

Tabla 7.

Criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y de estuarios

PARAMETROS	Expresados como	Unidad	Criterio de calidad	
			Agua dulce	Agua marina y de estuario
Aluminio (1)	AL	mg/l	0,1	1,5
Amoniaco Total (2)	NH3	mg/l	-	0,4
Arsénico	As	mg/l	0,05	0,05
Bario	Ba	mg/l	1,0	1,0
Berilio	Be	mg/l	0,1	1,5
Bifenilos Policlorados	Concentración de PCBs totales	µg/l	1,0	1,0
Boro	B	mg/l	0,75	5,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,001	0,005
Cianuros	CN	mg/l	0,01	0,01
Cinc	Zn	mg/l	0,03	0,015
Cloro residual total	Cl2	mg/l	0,01	0,01
Cloro fenoles (3)		mg/l	0,05	0,05
Cobalto	Co	mg/l	0,2	0,2
Cobre	Cu	mg/l	0,005	0,005
Cromo total	Cr	mg/l	0,032	0,05
Estaño	Sn	mg/l		2
Fenoles mono hídricos	Expresado como fenoles	mg/l	0,001	0,001
Aceites y grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3	0,3
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	0,5	0,5
Hierro	Fe	mg/l	0,3	0,3
Manganeso	Mn	mg/l	0,1	0,1
Materia flotante de origen antrópico	visible		Ausencia	Ausencia
Mercurio	Hg	mg/l	0,0002	0,0001
Níquel	Ni	mg/l	0,025	0,1
Oxígeno Disuelto	OD	% de saturación	> 80	> 60
Piretroides	Concentración de piretroides totales	mg/l	0,05	0,05
Plaguicidas organoclorados totales	Organoclorados totales	µg/l	10,0	10,0
Plaguicidas organofosforados totales	Organofosforados totales	µg/l	10,0	10,0
Plata	Ag	mg/l	0,01	0,005
Plomo	Pb	mg/l	0,001	0,001

Potencial de Hidrógeno	pH	unidades de pH	65,5 - 9	65,5 - 9
Selenio	Se	mg/l	0,001	0,001
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5	0,5
Nitritos	NO ₂	mg/l	0,2	
Nitratos	NO ₃	mg/l	13	200
DQO	DBO	mg/l	40	-
DBO ₅	DBO ₅	mg/l	20	-
Solidos Suspendidos totales	SST	mg/l	Max incremento de 10% de la condición natural	-

(1) Aluminio: Si el pH es menor a 6,5 el criterio de calidad será 0,005 mg/l

(2) Aplicar la Tabla 2a como criterio de calidad para agua dulce

(3) Si sobrepasa el criterio de calidad se debe analizar el dicloro fenol cuyo criterio de calidad es 0,2 u/l

Nota: En esta tabla se muestran los criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y de estuarios

Elaborado por: (Granoble Garcia & Tarira Santander, 2020)

CAPITULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Metodología

La metodología de la investigación es una disciplina, que tiene como propósito construir, delimitar y automatizar los diferentes procedimientos que se deben seguir en un orden determinado, durante el proceso de una tarea para la elaboración de una actividad. Dispone la forma en que se va a desarrollar un tema de investigación y la manera en la que se recogerán, analizarán y clasificarán los datos. Con la finalidad de elaborar un proyecto de investigación con los datos antes obtenidos, donde se plantean y describen los diversos puntos de vista propuestos en la selección de la metodología, sea cualitativa o cuantitativa. La misión de la metodología de la investigación es valorar de forma científica a las distintas consecuencias del proyecto en base a los análisis otorgados.

Metodología cuantitativa, es el conjunto de estrategias que se utiliza por las ciencias que se basan en hechos, en otras palabras, el método cuantitativo es el que utiliza datos numéricos y estadísticos para argumentar dicha investigación los cuales se obtienen a través de los trabajos de observación y medición. Su método de razonamiento es deductivo, es decir que basa su opinión en algo representado de manera física.

Metodología cualitativa, es un método de investigación científica en la que se obtiene información no numérica, cuyas técnicas utilizadas son entrevista, encuestas, discusión y observación participante. Debido a esto se enfoca en aspectos que no pueden ser representados por números o de manera física, es decir sin resultados matemáticos, es un método más bien interpretativo.

La forma de razonamiento en la investigación con metodología cualitativa es lógica, el cual accede al análisis e interpretación a través de la observación directa, junto con entrevistas y documentos. Por medio de esta definición se observó los antecedentes referentes al tema, tales como los experimentos realizados con los lodos residuales, de esta forma se logró dar un mejor enfoque a nuestra fase experimental y observar bajo que parámetros se valió para comparar si efectivamente el experimento era o no viable.

2.2. Tipos de investigación

2.2.1. Investigación experimental

Según (Gonzales, 2016) este tipo de investigación es en donde el investigador realiza el experimento en un laboratorio o fuera de el para manipular una variable no comprobada en condiciones rigurosamente controladas, con el fin de describir de qué modo o por que causa se produce una situación o acontecimiento en particular. Su objetivo es explicar la relación causa efecto entre dos o más variables o fenómenos, el investigador modifica intencionalmente el estado de alguno de los sujetos de estudio introduciendo y manipulando un tratamiento o una intervención (variable independiente o factor casual) que desea estudiar o evaluar.

El presente trabajo indica los experimentos realizados con los lodos residuales de la planta de tratamiento de agua potable Daule, los mismos que fueron generados a partir de un proceso de potabilización, con el objetivo de darle distintos usos a estos residuos como para la producción de ladrillo, jaboncillo y mortero. Con este trabajo se busca encontrar el, ¿Cómo?, ¿Por qué? O ¿Para qué?

Esta metodología suele determinar variables y resolverlas con experimentos, en los cuales se pueden evidenciar las consecuencias de estas variables. El diseño experimental se basa en una técnica estadística, donde se analizan las causas y efectos de todas las variables a desarrollar, las cuales son producto de un estudio experimental.

2.2.2. Ventajas

El método experimental es favorable ya que permite observar la conducta en condiciones más objetivas y precisas, esta conducta puede ser repetida en circunstancias similares; el manejo de las variables es lo que permite determinar cuál es la variable específica que modifica la conducta; sin embargo, reduce la espontaneidad de la conducta del sujeto, porque se trabaja en situaciones artificiales, aparte de esto, también existen problemas que no pueden ser sometidos a experimentación, y en otros, se limitan por su carácter ético. (Segura, 2014)

Mediante la investigación experimental se pudo contestar las preguntas antes escritas, el ¿Por qué?, ¿Cómo? Y ¿Para qué?, dentro del experimento, se observó además como existían diferentes variables a los otros experimentos realizados con los mismos lodos residuales y de qué manera varían en comparación a los otros.

2.3. Enfoque de la investigación

2.3.1. *Enfoque cuantitativo*

Un enfoque cuantitativo tiene como beneficio, el hecho que puede brindar información fiable y estructurada, permitiendo comprender la realidad del problema en cuestión. Según (Ramos, 2015) da a entender que: Su proceso de investigación se concentra en las mediciones numéricas utilizando la observación del proceso en forma de recolección de datos, la medición de parámetros, la obtención de frecuencias y estadígrafos de población analizándolos con la finalidad de comprobar las hipótesis de la investigación.

Deduciendo así según los conceptos mencionados que la investigación utilizada en el presente proyecto es experimental con enfoque cuantitativo ya que se modifica la variable lodos residuales introduciendo el tratamiento compostaje bajos condiciones controladas utilizando la recolección de datos para después analizarlos en función de fundamentos teóricos al igual que es empírica ya que la experimentación es conducida a responder la hipótesis de la investigación.

2.3.2. *Técnicas de instrumento*

Para elaborar un estudio de investigación se requiere seleccionar de manera adecuada del tema, con un apropiado objeto de estudio y un planteamiento del problema a resolver y el método científico que se va a utilizar en dicha investigación. En esta fase de la investigación se requiere el uso de las técnicas y herramientas que faciliten al investigador realizar su estudio o método relacionados a este. Entre las técnicas más utilizadas y conocidas se encuentran:

- La investigación documental
- La investigación de campo

2.3.3. *Investigación documental*

En esta fase se investiga de forma más profunda y completa los antecedentes, los cuales pueden ser gráficos formales o informales, fotografías, fuentes bibliográficas, iconográficas, cualquier medio o material de consulta, con estos el investigador fundamentara su investigación con lo aportado por otros autores cualquiera que estos sean, donde el investigador fundamenta y complementa su investigación con lo aportado por diferentes autores. (Técnicas de investigación).

2.3.4. Investigación de campo

Esta investigación de campo realiza su investigación en el medio en el que se desarrolla el estudio, entre las herramientas de apoyo para esta investigación se encuentra la observación y la experimentación. (Técnicas de investigación)

Como parte de la investigación documental para este proyecto se observaron gráficos, resultados y análisis de trabajos de distintos autores, por consiguiente, la investigación de campo se realizó con la experimentación en laboratorio y fuera del mismo, donde se observó como las dos propuestas planteadas evolucionaban, así como el periodo de tiempo que tomó cada una.

2.4. Lodo residual a estudiar y caracterización

2.4.1. Lodo residual de estudio

El lodo residual se obtuvo de la PTAP de Daule, ubicada en la provincia del Guayas en el cantón Daule con sus coordenadas geográficas al sur con $1^{\circ}51'10.4''$ y al oeste con un $79^{\circ}59'02.7''$.



Figura 7. Ubicación PTAP de Daule

Fuente: Google Earth

Modificado por: (Granoble Garcia & Tarira Santander, 2020)

La PTAP Daule cuenta con una cámara de hormigón armado en donde se almacenan los lodos provenientes de los decantadores y lavado de filtros la cual cuenta con una cámara que posee una capacidad máxima de almacenamiento de lodo 47.5m^3 , cuya planta de tratamiento

produce una cantidad 28.5m³ entre lodos y liquido los cuales son evacuados cada 48 horas a 1 km de distancia desde dicha cámara por medio de un sistema de bombeo.



Figura 8. Almacenamiento de lodos de la PTAP
Elaborado por: (Granoble Garcia & Tarira Santander, 2020)

2.4.2. Toma de muestra y caracterización del lodo de la PTAP

El análisis lo realizó el laboratorio Grupo Químico Marcos que tiene acreditación SAE (Servicio de Acreditación Ecuatoriana) y cumplen con la norma ISO 17025. La toma de muestra se realizó el día 8 de febrero de 2021 en el cual se introdujo la muestra y para su conservación se guardó en un frigorífico, se extrajo la cantidad de 1 ½ kg requeridos por el laboratorio para su análisis de las características de materia orgánica, coliformes fecales, porcentaje de humedad como también de las características carbono y aluminio del lodo.



Figura 9. Toma de muestra
Elaborado por: (Granoble Garcia & Tarira Santander, 2020)

2.5. Implementación de los lodos residuales de agua potable en los experimentos

Para la elaboración de los experimentos se acudió a la planta de tratamiento de agua potable Daule, ubicada en el cantón Daule, donde se tomó la muestra de los lodos, en total se utilizaron 200 litros de los lodos residuales (200000 cm³), los mismos que pasaron por el proceso de calcinado a una temperatura de 550°C antes de ser utilizados en los experimentos, durante el

proceso de calcinado se observó que los lodos al estar compuestos de líquido perdieron el 80% de su contenido.

El proceso de calcinado dura 12 a 24 horas a la temperatura seleccionada (550°C) antes de utilizar los lodos para los diferentes experimentos y ensayos que se detallan a continuación, se realizaron análisis donde se representaba en porcentaje la cantidad de humedad en suelos, materia orgánica, potencial de hidrogeno (pH), carbono, aluminio y coliformes fecales que se encontraban en las muestras, debido a que estos elementos en cantidades elevadas pueden llegar a ser dañinas para el ser humano al ser evacuadas directamente al río Daule sin ningún tratamiento.

2.6. Muestras

2.6.1. *Determinación de porcentaje de humedad en lodo*

El método de prueba implica determinar la cantidad de agua presente en una determinada masa de suelo o en este caso lodo.

1. Equipos

Horno de secado. Puede ser de gas o electricidad. Debe estar regulado termostáticamente y ser capaz de mantener una temperatura constante de 105 ± 5 ° C.



Figura 10. Horno de secado

Elaborado por: (Granoble Garcia & Tarira Santander, 2020)

Balanzas. Se debe usar una de acuerdo al tamaño de la muestra.



Figura 11. Balanza

Elaborado por: (Granoble García & Tarira Santander, 2020)

Recipientes. Deben tener el tamaño adecuado y estar fabricados con materiales resistentes a la corrosión, y no cambiarán su calidad ni se desintegrarán debido al fenómeno repetido de calentamiento y enfriamiento.



Figura 12. Recipientes

Elaborado por: (Granoble García & Tarira Santander, 2020)

2. Preparación de la muestra

Las muestras de suelo, lodo o sedimentos suelen tener una cierta cantidad de humedad, mezclar bien el lodo para que quede uniforme.



Figura 13. Recipientes

Elaborado por: (Granoble García & Tarira Santander, 2020)

3. Procedimiento

1. Se determina y registra la masa de contenedor o recipiente y asegurarse de que el contenedor esté seco y limpio.
2. Una porción representativa del lodo se coloca cuidadosamente en el recipiente. Se determina y registra su masa.
3. Coloque el recipiente con la muestra húmeda en el horno y mantenga la temperatura 105 ± 5 ° C. El tiempo de secado depende de la textura de la muestra, pero generalmente toma de 16 a 24 horas para el suelo y de 24 a 48 horas para los lodos.
4. Después de sacar del horno el recipiente con la muestra de suelo seco, se determina y registra inmediatamente su masa.

4. Cálculos

El contenido de humedad del suelo se calcula como un porcentaje de su peso seco. La fórmula es la siguiente:

$$w = \frac{m_2 - m_3}{m_3 - m_1} * 100$$

Donde:

w = Contenido de humedad, en %

m1 = Masa del recipiente, en gramos

m2 = Masa del recipiente y el suelo húmedo, en gramos

m3 = Masa del recipiente y el suelo seco, en gramos

2.6.2. *Determinación de pH (Potencial de hidrogeno) en lodo*

Se realizó el siguiente ensayo para determinar la variable útil para la determinación de solubilidad de minerales del suelo además la movilidad de iones en este y finalmente evaluar la viabilidad del ambiente.

Este ensayo también permite saber el grado de alcalinidad o de acidez de las muestras de suelo.

1. Equipos

Agitador. A veces llamado mezclador, es un dispositivo que se utiliza para mezclar líquidos o preparar soluciones y suspensiones en laboratorios químicos y biológicos.

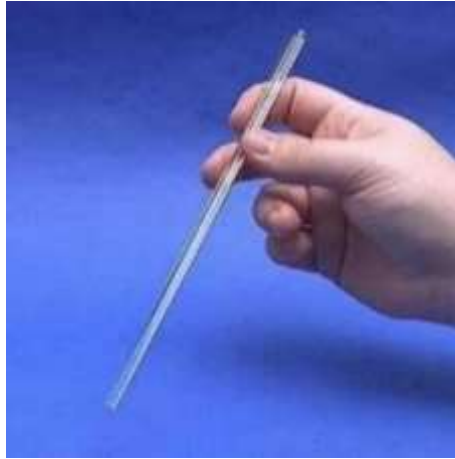


Figura 14. Agitador químico
Elaborado por: (Granoble Garcia & Tarira Santander, 2020)

Vaso precipitado de vidrio. Un vaso precipitado es un recipiente cilíndrico fabricado con vidrio fino de borosilicato, que se usa comúnmente en laboratorios, especialmente para preparar o calentar sustancias, medir o transferir líquidos.



Figura 15. Vaso precipitado
Elaborado por: (Granoble Garcia & Tarira Santander, 2020)

Sensor de pH. Es un sensor que se utilizar para medir el pH de una solución en un método electroquímico.



Figura 16. Sensor de pH
Elaborado por: (Granoble Garcia & Tarira Santander, 2020)

2. Materiales

Agua destilada. Es una sustancia cuya composición se basa en la unidad de molécula de H₂O.



Figura 17. Agua destilada
Elaborado por: (Granoble Garcia & Tarira Santander, 2020)

3. Preparación entre lodos y agua destilada

- Se obtiene 30g de lodo seco 40°C y 30ml de agua destilada. Para realizar la mezcla se necesita una relación 1:1 (el mismo porcentaje entre lodo y agua).

4. Preparación de la muestra

- Mezclar el lodo con el agua destilada completamente para homogenizarla. Se mezcló aproximadamente un minuto. Luego de esto medimos con un medidor de pH por 30 segundos.



Figura 18. Mezclado de lodo para saber el pH
Elaborado por: (Granoble Garcia & Tarira Santander, 2020)

2.6.3. *Determinación de carbono en lodo*

El contenido de carbono orgánico total es un parámetro importante para comprender el ciclo de los elementos en el suelo y los sedimentos. El carbono orgánico se produce a través de la descomposición de desechos animales y vegetales y es la principal fuente de nutrientes para microorganismos y plantas.

1. Preparación de solución de dicromato de potasio

Se cogió 50kg de $K_2Cr_2O_7$ (Dicromato de Potasio) y se disolvió en agua. Luego transformar a litros.

2. Preparación de la muestra de lodo

Mezclar el lodo para tener una mezcla homogénea



Figura 19. Lodo homogenizado

Elaborado por: (Granoble Garcia & Tarira Santander, 2020)

3. Procedimiento

- Se peso la cantidad de 0.0695g de lodo seco



Figura 20. Peso de lodo

Elaborado por: (Granoble Garcia & Tarira Santander, 2020)

- Con una pipeta se agregó 2ml de dicromato de potasio 0.17 M a las muestras de lodo
- Luego 1 minuto, se agregó 4 ml de H₂SO₄ (Ácido Sulfúrico) a la muestra.



Figura 21. Dicromato de potasio y ácido sulfúrico

Elaborado por: (Granoble Garcia & Tarira Santander, 2020)

- Se agita por un minuto. Y se deja en reposo por media hora para poder enfriar la muestra.
- Se agregó en una probeta, 25 ml de agua y se agita bien la muestra y se deja reposar durante un día.



Figura 22. Muestra final
Elaborado por: (Granoble Garcia & Tarira Santander, 2020)

- Se trasvasa la solución sobrenadante a un tubo de ensayo teniendo cuidado de no mezclarla. En caso de que se mezcle, se sugiere que realice una filtración.

4. Lectura de absorbancia

Con el espectrofotómetro seleccionar la opción ``Longitud de onda única`,



Figura 23. Espectrómetro QM
Elaborado por: (Granoble Garcia & Tarira Santander, 2020)

- Seleccionar “Opciones” y luego el símbolo “ λ ” para editar la longitud de onda. Ingresar el valor “620 nm” y presionar aceptar.
- Colocar aproximadamente 10 ml del blanco en un tubo HACH completamente limpio para la determinación del blanco de reactivos.
- Limpiar bien el exterior de los tubos e insertar el blanco en el espectrofotómetro. Seleccionar en la pantalla: Cero. La pantalla deberá indicar 0,000.
- Remover el blanco e insertar el tubo con muestra preparada.
- Leer la absorbancia en la pantalla del espectrofotómetro.

5. Fórmulas para resultados

$$y=mx+b$$

Donde:

y=Lectura de absorbancia

x=Concentración (mg C)

Finalmente se expresa el resultado en unidades g/kg de lodo:

$$\frac{g}{kg \text{ lodos}} = \frac{\text{masa de C (g)}}{\text{Peso de la muestra (kg)}}$$

2.6.4. Procedimiento de determinación de materia orgánica en lodo

La materia orgánica es una sustancia hecha de compuestos orgánicos, estos compuestos orgánicos provienen de materia viva, como plantas, animales y sus desechos en el medio natural. La materia orgánica está compuesta por sustancias inertes y energía.

Para determinar el contenido de materia orgánica debe multiplicarse por el factor de Van Bemmelen derivado estadísticamente y expresarse mediante la siguiente ecuación:

$$\% \text{ materia orgánica} = \% \text{ carbono} \times 1.72$$

2.6.5. Procedimiento de determinación de Coliformes Fecales totales en lodo

- Pese 10 gr de material fresco en 90 ml de agua de dilución para obtener una dilución de 10 – 1. Transfiera 1 ml a 9 ml de agua de dilución (10 - 2), y así sucesivamente, hasta obtener la dilución deseada.
- Cada distribución debe estar completamente homogenizada.
- Si es la primera vez que analiza una muestra, utilice al menos tres o cinco series, y luego tres series y tres tubos son suficientes.
- Transferir 1ml de la dilución seleccionada a la serie correspondiente de tubos de ensayo que contengan caldo de laurilo o caldo de lactosa e incubar a 35 ± 0.5 ° C.
- Revise cada tubo de ensayo dentro de las 24 ± 2 horas.

- Acidificación (cambio de color de púrpura a amarillo) que produce o no gas, lo que indica la presencia de una prueba presuntiva positiva para bacterias coliformes. De lo contrario, incube durante otras 24 horas.
- Transfiera 1 ml a 9 ml de agua de dilución (10 – 2), y así sucesivamente, hasta obtener la dilución deseada.
- El tubo positivo de la prueba hipotética se vuelve a sembrar horneando tres veces en un tubo de fermentación hipotético negativo (esterilizado con quemador y enfriado), el tubo negativo se llena con caldo de E, coli, en un baño de agua a una temperatura de $44,5 \pm 0,2$ ° C incubar a una temperatura.
- Revise cada tubo de ensayo dentro de las 24 ± 2 horas.
- El gas producido por la fermentación de lactosa en el medio EC producirá resultados positivos. Los tubos sin formación de gas se descartan.
- Use un asa para esparcir la suspensión de cada tubo de ensayo positivo en agar L – EMB. Incubar a 35°C durante 18 – 24 horas. Compruebe si hay colonias de E, coli sospechosas en la placa, con características típicas como color oscuro, centro plano, con o sin brillo metálico.
- Transfiera 5 colonias sospechosas de cada placa L – EMB a la pendiente PCA para realizar pruebas morfológicas y bioquímicas. Incubar el PCA inclinado a 35°C durante 18 – 24 horas. Si no hay colonias típicas, transfiera una o más colonias que se parezcan a E. coli. Toma una colonia de cada plato.
- Realice una prueba bioquímica: use una colonia de agar PCA usando APO 20E

2.6.6. Procedimiento de determinación de aluminio en lodo

Con Eriocromo Cyanine R las soluciones diluidas de Al, producen un complejo de color rojo naranja a una absorción máxima de 535 nm, donde la intensidad de color será proporcional a la concentración de aluminio que tenga la muestra.

Tabla 8.
Caracterización de lodos GQM

CARACTERIZACIÓN DE LODOS DE PTAP DAULE

Parámetro (Unidades)	Método	Unidades	Resultado
Aluminio	PEE-GQM-FQ-12	mg/kg	36.680,00
Coliformes fecales	9222 d	NMP/100 g	200
Humedad en suelos	NTE-INEN 690	g%	80
Potencial de Hidrógeno	EPA 9045D	Unidades de pH	6,44
Carbono	5310 B	%	1,46
Materia Orgánica	PEE-GQM-FQ-74	%	2,532

Nota: Esta tabla muestra la caracterización de lodos GQM.

Fuente: Laboratorio GQM

Se realizó el respectivo análisis de los parámetros físico-químicos y microbiológicos del lodo con la normativa existente en el país y normas internacionales debido a ciertos parámetros que no están incluidos en las normas del Ecuador, para observar y definir si los lodos de la planta de tratamiento de agua potable Daule son desechos peligrosos.

Las normas a utilizar es la Resolución 002 de la Secretaría del Ambiente del Distrito Metropolitanos de Quito 2014 (Tabla N.º 1 Criterios referenciales de calidad del suelo y tabla N.º 3 Criterios microbiológicos para no catalogar a un desecho biológico como peligroso), American Society of Civil Engineers (1996) y canadiense Guidelines for the Sediment Quality (tabla N. 2 Sediment Quality 2013).

2.7. Aluminio

El aluminio es un parámetro de caracterización de metales pesados, el cual no está incluido en servicio de acreditación ecuatoriana, por lo tanto, para hacer el análisis o interpretar si está dentro en los rangos permisibles que caracterice a los lodos como desechos no peligrosos se los compara con la American Society of Civil Engineers (1996).

Tabla 9.
Resultado GQM

ALUMINIO

Unidades	Resultado
mg/kg	36.680,00

Nota: Esta table muestra el resultado GQM

Fuente: Laboratorio GQM

Tabla 10.
Límites máximos permisibles para extracción de metales pesados en base seca (digestión ácida)

ALUMINIO

Unidades	Límite máximo permisible
mg/kg	60.000,00

Nota: Esta table muestra los límites máximos permisibles para extracción de metales pesados en base seca.

Fuente: American Society of Civil Engineers (1996).

Según los datos que se muestran en la tabla 9 y comparando con la norma de American Society of Civil Engineers (1996) tabla 10, se establece que los lodos generados de la planta de agua de tratamiento de agua potable son considerados desechos no peligrosos debido a su bajo nivel de aluminio.

2.8. Coliformes fecales

Es un parámetro microbiológico el cual determina el nivel de contaminación ya sea por aguas u otros elementos en descomposición.

Tabla 11.
Resultado GQM

COLIFORMES FECALES

Unidades	Resultado
NMP/100 g	200

Nota: Esta tabla muestra el resultado GQM.

Fuente: Laboratorio GQM

Tabla 12.
Criterios microbiológicos para no catalogar a un desecho biológico como peligroso

COLIFORMES FECALES

Unidades	Límite máximo permisible
NMP o UFC/g ST	2×10^6

Nota: Esta tabla muestra los criterios microbiológicos para no catalogar a un desecho biológico como peligroso.

Fuente: (Resolución 002 de la Secretaría del Ambiente del Distrito Metropolitanos de Quito, 2014)

Tabla 13.
Límite máximo permisible para patógenos y parásitos en lodos

CLASE	INDICADOR BACTERIOLOGICO DE CONTAMINACION
	COLIFORMES FECALES NMP/G EN BASE SECA
A	menor de 1000
B	menor de 1000
C	menor de 2000000

Nota: En esta tabla se muestra el límite máximo permisible para patógenos y parásitos en lodos.

Fuente: (NOM-004-SEMARNAT-2002, 2003)

Según los datos mostrados en las tablas anteriores de coliflores fecales, se pudo observar los distintos resultados, se determinó que los lodos provenientes de la planta de tratamiento de agua potable no son desechos tóxicos para la rivera del rio Daule ya que (Resolución 002 de la Secretaría del Ambiente del Distrito Metropolitanos de Quito, 2014) indica que el lodo evaluado está dentro del límite máximo permisible.

En base a la normativa Oficial Mexicana (NOM-004-SEMARNAT-2002, 2003) indica que este tipo de residuo es de clase A según (Tabla 13. Límite máximo permisible para patógenos y parásitos en lodos) esta clase A mencionada que es excelente para usos urbanos con contacto público directo durante su aplicación.

2.9. Potencial de hidrógeno (pH)

En el suelo, el pH se puede utilizar para indicar acidez o su alcalinidad se mide en unidades de pH.

pH es una de las características más importantes del suelo que afecta la utilización de nutrientes, controla muchas actividades químicas y biológicas que ocurren en el suelo e indirectamente afecta al crecimiento de las plantas.

Tabla 14.
Resultado GQM

**POTENCIAL DE
HIDROGENO**

Unidades	Resultado
Unidades de pH	6,44

Nota: Esta tabla muestra el resultado GQM

Fuente: Laboratorio GQM

Tabla 15.
Criterios referenciales de calidad del suelo

**POTENCIAL DE
HIDROGENO**

Unidades	Límite máximo permisible
Unidades de pH	6 – 8

Nota: Esta tabla muestra los criterios referenciales de calidad del suelo.

Fuente: (Resolución 002 de la Secretaría del Ambiente del Distrito Metropolitanos de Quito, 2014)

Generalmente se considera que el rango óptimo de pH del suelo es de 6.0 a 6.5. Dado el resultado y análisis, determinados que el lodo residual efluente de la PTAP Daule está dentro del rango determinado.

2.10. Carbono

El carbono orgánico se desprende de la materia orgánica del suelo, es el principal elemento que conforma la materia orgánica (Martinez, Fuentes, & Acevedo, 2008). El suelo puede llegar a secuestrar grandes cantidades de C, esta acción puede ayudar a disminuir los impactos ambientales derivados del aumento de los niveles de CO2 atmosféricos. (Roger, 2001).

Tabla 16.
Resultado GQM

CARBONO

Unidades	Resultado
%	1,46

Nota: Esta tabla muestra los resultados GQM

Fuente: Laboratorio GQM

Tabla 17.
Puntos de referencia de la calidad de los sedimentos

CARBONO

Nutriente	Nivel de efecto más bajo	Nivel de efecto severo
TOC (%)	1%	10%

Nota: Esta tabla muestra los puntos de referencia de la calidad de los sedimentos.

Fuente: (Table 2 Sediment Quality, 2013)

El carbono del lodo residual efluente de PTAP Daule está dentro del margen admisible de acuerdo al resultado de la (Table 2 Sediment Quality, 2013).

2.11. Materia orgánica

La materia orgánica del suelo es la fracción del suelo que consiste en tejido vegetal o animal en varias etapas de descomposición.

Tabla 18.
Resultado GQM

MATERIA ORGANICA

Unidades	Resultado
%	2,532

Nota: Esta tabla muestra el resultado de GQM

Fuente: Laboratorio GQM

Debido a su bajo contenido de materia orgánica este lodo queda excluido para uso agrícola, ya que para uso agrícola se necesita un lodo rico en materia orgánica.

Una vez realizada la caracterización y análisis de estos lodos con los parámetros ya establecidos, como carbono, aluminio, pH, materia orgánica, coliformes fecales y porcentaje de humedad, así como los métodos utilizados para dichos resultados, los cuales serán ubicados en la sección de anexos. Se observó que los lodos obtenidos de la Planta de tratamiento de agua potable DAULE pueden ser utilizados para los distintos experimentos que se proponen.

- Ladrillo jaboncillo
- Ladrillo payo
- Ladrillo panelón

- Mortero

2.12. Evaluación de la aplicabilidad de los lodos de PTAP Daule para su uso en ladrillos de mampostería y decoración

Para la fabricación de los ladrillos se realizó un análisis de tamaño de partícula previo para conocer el tipo de material procesado, el cual se adjunta al final de este trabajo.

Para el proceso de construcción de ladrillos hechos a mano, la mezcla de ladrillos se coloca junto con el lodo de la PTAP Daule, y se lleva a cabo un proceso de dosificación cuantitativa para que se puede utilizar la báscula para saber con precisión cuanto lodo va a colocar. A continuación, se calcula la cantidad de material de los ladrillos utilizando el lodo restante.



Figura 24. Mezcla de arcilla y aserrín
Elaborado por: (Granoble Garcia & Tarira Santander, 2020)

Para ello, se prepararon tres tipos de ladrillos experimentales hechos a mano, uno para cada dosis recomendada, y se realizó una prueba de compresión para observar su resistencia y determinar la dosis adecuada según la norma. Se utilizaron dosificaciones (50:50, 70:30 y 90:10) para hacer ladrillos. El primer número de la dosificación mencionada es el porcentaje de la masa compuesta de arcilla y aserrín, utilizado en la mezcla, y el segundo es el porcentaje de lodo producido por la planta de tratamiento de agua potable de Daule utilizado en la mezcla.

Luego de realizar la mezcla se colocó en los moldes, que luego fueron desmoldados y se dejó secar 15 días para poder iniciar el proceso de secado al horno.



Figura 25. Masa compuesta de aserrín, arcilla y lodo
Elaborado por: (Granoble Garcia & Tarira Santander, 2020)



Figura 26. Vaciado de mezcla en moldes
Elaborado por: (Granoble Garcia & Tarira Santander, 2020)



Figura 27. Desmoldado
Elaborado por: (Granoble Garcia & Tarira Santander, 2020)



Figura 28. Secado al aire libre durante 15 días
Elaborado por: (Granoble Garcia & Tarira Santander, 2020)

Luego de haber dejado los prototipos al ambiente durante 15 días se procede al secado en el horno el cual duró alrededor de 12 horas, una vez cumplido el tiempo de cocción al horno, se tuvo que esperar 8 días para que los ladrillos se enfríen.



Figura 29. Cocción de ladrillos
Elaborado por: (Granoble Garcia & Tarira Santander, 2020)

2.13. Ladrillos realizados

Cabe acotar que de cada dosificación se hizo 3 tipos de ladrillos llamados normalmente ladrillo panelón, ladrillo jaboncillo y ladrillo payo. Cuyas dimensiones son las siguientes:

- Ladrillo panelón (30x15x7) cm
- Ladrillo payo (15x7.5x4) cm
- Ladrillo jaboncillo (12x6x3) cm



Figura 30. Ladrillos elaborados
Elaborado por: (Granoble Garcia & Tarira Santander, 2020)

2.14. Ladrillo panelón

Es un tipo de ladrillo artesanal que se usa en las construcciones como componente de mampostería reemplazando al bloque tradicional de cemento, una de las principales características es que es un aislante acústico, lo utilizan mayormente en sectores rurales debido a su bajo costo.

2.15. Ladrillo payo y jaboncillo

Este tipo de ladrillo es utilizado generalmente para decoraciones en interiores y en exteriores como molduras.



Figura 31 . Ladrillo jaboncillo
Elaborado por: (Granoble Garcia & Tarira Santander, 2020)

2.16. Pruebas a compresión de los ladrillos

Se trata de una prueba técnica diseñada para determinar la resistencia de un material o su deformación ante esfuerzos de compresión. En la mayoría de los casos se puede realizar con hormigón y metal (especialmente acero), aunque se puede realizar sobre cualquier material. Se comparó con el estándar NEC.

Tabla 19.

Valores mínimos para la resistencia de las unidades, F'c

Tipo de Unidad	F'c (MPA)
Ladrillo macizo	2
Bloque de perforación horizontal de arcilla	3
Bloque de perforación vertical de arcilla	3

Nota: Esta tabla muestra los valores mínimos para la resistencia de las unidades, F'c

Fuente: (NEC-SEC VIVIENDA PARTE 1, 2015)

2.17. Resultado ladrillo con dosificación 50:50

Entre los ladrillos fabricados con lodos producto del tratamiento de agua potable, se observó que el prototipo utilizado en la dosificación de 50:50 no cumplió, ya que en el proceso de cocción al horno sufrió cambios en su forma por lo cual no se pudo realizar el ensayo a compresión,



Figura 32. Ladrillo dosificación 50:50

Elaborado por: (Granoble Garcia & Tarira Santander, 2020)

2.18. Ladrillo con dosificación 70:30

Los ladrillos elaborados con la dosificación 70:30 estuvieron cerca del valor permitido



Figura 33. Ladrillo panelón dosificación 70:30
Elaborado por: (Granoble Garcia & Tarira Santander, 2020)



Figura 34. Resultado a compresión
Elaborado por: (Granoble Garcia & Tarira Santander, 2020)

2.19. Ladrillo con dosificación 90:10

Por otra parte, se observó que el ladrillo elaborado con la dosificación 90:10 cumple la resistencia para ser usado en el ámbito de la construcción.



Figura 35. Ladrillo panelón dosificación 90:10
Elaborado por: (Granoble Garcia & Tarira Santander, 2020)



Figura 36. Resultado a compresión dosificación 90:10
Elaborado por: (Granoble García & Tarira Santander, 2020)

Una vez finalizada la prueba de compresión del ladrillo, se observó el valor resistencia del ladrillo macizo en MPa según la Norma Ecuatoriana de Construcción (NEC), en este caso el valor de resistencia observado coincide con el valor obtenido en este trabajo, su dosificación (90:10). A continuación, se observan los ladrillos después de haber realizado los ensayos a compresión.



Figura 36. Izquierda dosificación 70:30 y derecha dosificación 90:10
Elaborado por: (Granoble García & Tarira Santander, 2020)

Tabla 20.

Resultados del ensayo a compresión.

Dosificaciones	Unidades	Resultados Laboratorio	Según la (NEC-SEC VIVIENDA PARTE 1, 2015) debe de ser ≥ 2
70:30%	Mpa	1.72	No cumple
90:10%	Mpa	2.35	Cumple

Nota: Esta tabla muestra los resultados del ensayo a compresión.

Fuente: (Granoble García & Tarira Santander, 2020)

2.20. Evaluación de la aplicabilidad de los lodos de PTAP Daule para su uso en mortero.

El mortero suele ser uno de los materiales más utilizados en la construcción. Tiene una amplia gama de usos. En años recientes en las diversas obras civiles, es utilizado como materiales de relleno y para pegante: aunque no hay procedimiento técnico. El diseño, la producción y el control son lo mismo que el hormigón.

Para la elaboración del mortero se realizó un análisis granulométrico previo para conocer el tipo de material procesado, el cual se adjunta al final de este trabajo.

En primer lugar, hay que tener en cuenta la proporción de cada elemento que se va a mezclar. Generalmente, se deben usar cuatro partes de arena para una parte de cemento (Portland o gris) y una parte de agua.

Para evaluar el uso de los lodos como material para la elaboración de mortero realizamos una dosificación (1:2:2) que es un mortero en el cual se reemplazan dos partes de arena por dos partes del lodo de PTAP el cual se procedió a comparar las propiedades mecánicas con un mortero tradicional de obra (1:4) y poder evaluar si es factible.

2.21. Procedimiento de mezcla para dosificaciones en mortero de enlucido

Principalmente tener los componentes para preparar la mezcla con la dosificación deseada, en este caso la arena, el lodo calcinado proveniente de la PTAP Daule y el cemento.



Figura 37. Materiales utilizados en la elaboración de mortero, derecha lodo efluente de la PTAP Daule
Elaborado por: (Granoble Garcia & Tarira Santander, 2020)

Una vez obtenidos los materiales necesarios para el mortero de enlucido se procede a vaciar en un envase en donde se hará la mezcla del mortero la cantidad de cemento, arena y lodo

calcinado proveniente de la PTAP Daule. A continuación, se procedió a mezclar todos los elementos en seco hasta tener una combinación de todos los materiales.



Figura 38. Mezcla de los materiales en seco.
Elaborado por: (Granoble Garcia & Tarira Santander, 2020)

Luego de estos pasos se procedió a realizar la mezcla de los materiales añadiendo agua para así tener una mezcla homogénea.



Figura 39. Mezcla homogénea
Elaborado por: (Granoble Garcia & Tarira Santander, 2020)

Para comprobar la adherencia del mortero se procedió a enlucir un metro cuadrado de pared.



Figura 40. Pared enlucida con lodo proveniente de la PTAP
Elaborado por: (Granoble Garcia & Tarira Santander, 2020)

2.22. Resultados a compresión de mortero

Una vez obtenida la mezcla se procedió a hacer las muestras para los ensayos a compresión tomando en cuenta la norma ASTM C 109



Figura 41. Ensayo a compresión de mortero
Elaborado por: (Granoble Garcia & Tarira Santander, 2020)

2.22.1. Dosificación 1:4 mortero tradicional de obra

Tabla 21.
 Resultado LENCO

DÍAS	F' C MPa
7	2,08
14	5,02
28	12,44

Nota: Esta tabla muestra el resultado del laboratorio LENCO
Fuente: Laboratorio de ensayo de materiales y construcciones

2.22.2. Dosificación 1:2:2 mortero con lodo PTAP

Tabla 22.
Resultado LENCO

DIAS	F'c MPa
7	1,3
14	3,33
28	11,32

Nota: Esta tabla muestra el resultado del laboratorio LENCO
Fuente: Laboratorio de ensayo de materiales y construcciones

De acuerdo a la normativa NEC sobre los morteros tradicionales, la normativa NTE INEN 0247 (ASTM C207) indica que los morteros deben de ser ≥ 10 MPa por lo cual se define que el mortero realizado con el lodo residual efluente proveniente de la PTAP Daule cumple con las normativas mencionadas a los 28 días de rotura. Adicional a esto se comparó con morteros comercializados en el Ecuador los cuales cumple con una resistencia 8 a 10 MPA.

2.23. Ensayo de adherencia del mortero por extracción o pull of

La prueba consiste principalmente en la transmisión de tensión axial directa con un dispositivo portátil, se puede pegar en un disco previamente adherido a una superficie lisa; La prueba se puede realizar "in situ" o en el laboratorio.

Los pasos que se deben realizar para esta prueba se detallan a continuación:

- Se enlució dos bloques de cemento con las dosificaciones correspondientes cuyas medidas son 80x20 cm



Figura 42. Enlucido con mortero tradicional de obra (1:4)
Elaborado por: (Granoble Garcia & Tarira Santander, 2020)



Figura 43. Enlucido con mortero PTAP (1:2:2)
Elaborado por: (Granoble Garcia & Tarira Santander, 2020)

- Una vez enlucidas las muestras se procedió llevar al laboratorio en donde se pegó cerámica encima para obtener una superficie lisa.



Figura 44. Pegado de cerámica para obtener superficie lisa
Elaborado por: (Granoble Garcia & Tarira Santander, 2020)

- Se procedió a medir y cortar cinco áreas de 25cm²



Figura 45. Corte de áreas de 25cm²
Elaborado por: (Granoble Garcia & Tarira Santander, 2020)

- Después de cortar las cinco áreas de 25cm² se procedió a pegar los discos.



Figura 46. Pegado de disco de extracción
Elaborado por: (Granoble Garcia & Tarira Santander, 2020)

- Luego de pegar los discos se esperó aproximadamente una hora para extraerlos



Figura 47. Extracción de disco
Elaborado por: (Granoble Garcia & Tarira Santander, 2020)

2.24. Resultados de adherencia del mortero

Una vez realizado los ensayos se obtuvo los valores de los cinco discos, el equipo de pull of muestra los datos en newton, sabiendo los 5 valores de las distintas muestras debemos escoger los 4 valores más altos dejando a un lado el valor mínimo. Sabiendo esto realizamos un promedio con los cuatro valores más altos. Para saber el valor en MPA se divide el promedio por el área del corte de los discos.

2.24.1. Dosificación 1:4 mortero tradicional de obra

Tabla 23.

Resultado pull of mortero tradicional

Muestra	Resultado Newton
1	115
2	111
3	40
4	104
5	102

Nota: Esta tabla muestra el resultado pull of mortero tradicional.

Fuente: (Granoble Garcia & Tarira Santander, 2020)

Tabla 24.
Resultados finales mortero tradicional

Muestra	Resultado		
	Newton	MPa	Promedio
1	115	4,60	4,32
2	111	4,44	
3	104	4,16	
4	102	4,08	

Nota: Esta tabla muestra los resultados finales del mortero tradicional.

Fuente: (Granoble Garcia & Tarira Santander, 2020)

2.24.2. Dosificación 1:2:2 mortero con lodo PTAP

Tabla 25.
Resultado pull of

Muestra	Resultado Newton
1	109
2	101
3	99
4	98
5	64

Nota: Esta tabla muestra el resultado pull of

Fuente: (Granoble Garcia & Tarira Santander, 2020)

Tabla 26.
Resultados finales

Muestra	Resultado		
	Newton	MPa	Promedio
1	109	4,36	4,07
2	101	4,04	
3	99	3,96	
4	98	3,92	

Nota: Esta tabla muestra los resultados finales

Fuente: (Granoble Garcia & Tarira Santander, 2020)

Según el ensayo de pull off y analizando los morteros comerciales que se emplean en el Ecuador concluimos que el mortero realizado con los lodos provenientes de la PTAP con dosificación 1:2:2 es de alta adherencia quiere decir que se puede utilizar para enlucido en mampostería.

Los ensayos se realizaron con material puzolánico proveniente de los lodos debido a que se tenían que evitar los vacíos que se dan cuando el material orgánico presente en los lodos se pone en contacto con el agua y se desintegran

2.25. Análisis económico de las 2 alternativas

Una vez analizados los datos del experimento y los valores obtenidos, el tiempo y fondos invertidos en cada experimento, se comprueba que el lodo producido por la planta de tratamiento de agua potable es un material reutilizable. El proceso de obtención y secado de los lodos duró un mes. En el experimento, los gastos incurridos se utilizaron principalmente para el transporte de lodos. El costo del experimento se detalla a continuación.

Tabla 26.
Gastos de fabricación de ladrillos

Elemento	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
Análisis físico y químico de lodos	U	1,00	150,00	150,00
Granulometría	U	1,00	30,00	30,00
Ensayo a compresión	U	2,00	25,00	50,00
Elaboración de ladrillo	U	3,00	10,00	30,00
Total				260,00

Nota: Esta tabla muestra los gastos de fabricación de ladrillos.

Fuente: (Granoble Garcia & Tarira Santander, 2020)

Tabla 27.
Gastos de elaboración de mortero

Elemento	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
Análisis físico y químico de lodos	U	1,00	150,00	150,00
Granulometría	U	1,00	30,00	30,00
Elaboración de mortero	U	1,00	20,00	20,00
Ensayos a compresión	U	9,00	12,50	112,50
Ensayo de adherencia	U	5,00	50,00	250,00
Total				562,50

Nota: Esta tabla muestra los gastos de elaboración de mortero.

Fuente: (Granoble Garcia & Tarira Santander, 2020)

Después de comparar el valor total de estos dos experimentos, se puede concluir que el proceso de hacer mortero para mampostería es el experimento más caro, así como también se pudo observar que este es el experimento con la mayor reutilización de residuos.

Por otro lado, el experimento de los bloques de arcilla con el lodo residual efluente de PTAP Daule son factible de usar en la construcción como material de mampostería y en sus dimensiones menores como lo es el ladrillo payo y jaboncillo para decoraciones, molduras, entre otros usos, pero también definimos más costoso que el bloque tradicional.

CAPITULO IV

PROPUESTA

Los lodos producidos en la planta de tratamiento de agua potable Daule tienen una concentración menor en la valoración de sustancias orgánicas e inorgánicas además que no son considerados biosólidos altamente tóxicos ya que su contenido de metales no representa cuantitativamente un inconveniente en el ecosistema y frecuentemente estos límites se hallan por debajo de la normativa ambiental.

A pesar de que la nación actualmente no cuenta con una normativa legal lo adecuadamente exigente en materia de descarga de lodos por parte de plantas de tratamiento de agua potable, la gestión de lodos provenientes de las PTAP es escasa por lo que se debe recurrir a normas internacionales para la comparación de su valoración.

Es de destacar, que estos lodos producidos en la planta de potabilización de agua EMAPA EP Daule, no tiene un correcto manejo y disposición final, esto es porque aún no hay suficientes estudios relacionados con la producción de éste biosólido en el país, ni existe una amplia evaluación de la calidad en función de los diversos sistemas de potabilización de agua.

Teniendo en cuenta los principios de sostenibilidad y se economía circular, es necesario implementar que el tratamiento de los lodos producto de la potabilización del agua, considere la valoración de estos.

Según las normas planteadas en esta investigación se establece que este tipo de residuo podría ser utilizado, pero tiene un costo elevado en el ámbito económico ya que requiere de distintos procesos para llegar a la obtención de reutilización de este tipo de lodo.

A la vista de los precedentes involucrados em este trabajo, se recomienda analizar estos experimentos para ponerlos en prácticas y de esta manera reinventar la forma en que es visto este material que producen las depuradoras de agua. Además, se recomienda continuar evaluando estos métodos alternativos de uso de lodos efluentes de plantas de tratamiento de agua potable para reducir el porcentaje de lodos que se arrojan al cauce.

De acuerdo a los estudios realizados en este proyecto ambas propuestas realizadas con su respectiva dosificación comprobada tanto en los ladrillos artesanales (90:10) y el mortero (1:2:2) son óptimos y acorde a las normativas expuestas pueden ser usadas como materiales en las construcciones.

CONCLUSIONES

Después de resumir y analizar los datos recopilados en este estudio, de acuerdo a los resultados obtenidos, se determinó el tipo exacto de lodo a tratar. Además, una vez observados los resultados de los análisis proporcionados por el laboratorio contratado GQM, se evidenció con mayor certeza que material se usó la muestra.

Con todo, se han cumplido las hipótesis planteadas en este tema de investigación, indicando que los lodos efluentes de la planta de tratamiento de agua potable Daule pueden ser reutilizados, mitigando el impacto ambiental del cauce y proporcionando una nueva forma de utilizar lodos.

Se comprobó la aplicabilidad de la incineración de lodos de depuradora y se obtuvo buenos resultados, gracias a la prueba de comportamiento compresivo, es decir, los ladrillos artesanales de mampostería con 90% de arcilla y 10% de lodo efluente de PTAP Daule tienen 2,35 MPa respectivamente, cuya dosificación cumplió con la resistencia estándar de NEC que indica que debería ser mínimo 2 MPa.

También se evaluó el uso de mortero para mampostería con lodos de PTAP Daule, aunque fue el experimento que más tiempo demoró por sus pruebas a la compresión de 7, 14, 28 días y el ensayo a la tracción para medir la adherencia por desprendimiento con el equipo de pull of, se demostró que este producto de mezcla sería muy útil en el ámbito constructivo.

Para los experimentos realizados, en ambas propuestas se utilizaron técnicas manuales y se evaluó el progreso del experimento todos los días para lograr el producto final.

Se concluye que con el presente estudio se demostró que se pueden aprovechar los lodos efluentes de PTAP como materia prima para producir materiales de construcción y así proteger la tierra evitando el desgaste de recursos naturales a un ritmo tan rápido.

RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar una investigación más profunda sobre lodos efluentes de una PTAP, relacionado a sus características físico, química y microbiológica, para comprender con mayor precisión hasta qué punto se pueden usar sin causar daño a la sociedad.

Continuar analizando los experimentos propuestos en este trabajo, y comprender el comportamiento de cada experimento de una manera más profunda.

Realizar un análisis más amplio del volumen de lodos efluentes de una PTAP.

Se recomienda realizar estudios en conjunto con los floricultores con el fin de establecer si los lodos efluentes de una PTAP pueden ser de utilidad y así obtener un beneficio.

Analizar otros usos que se le puedan dar a este material y que sean factibles.

REFERENCIAS

- Academia , N. D. (2018). *EL AGUA POTABLE ES ESENCIAL*. Obtenido de <https://www.koshland-science-museum.org/water/html/es/Treatment/Filtration-Systems.html>
- Aldana Tique , A., & Pérez Rojas, R. A. (2017). Obtenido de https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1701&context=ing_ambiental_sanitaria
- Aldana Tique, A. J., & Pérez Rojas, R. A. (2017). Obtenido de https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1701&context=ing_ambiental_sanitaria
- Cardona Mejia, D., & Orozco Alzate , N. (2018). Obtenido de <http://repositorio.ucm.edu.co:8080/jspui/bitstream/handle/10839/2124/Daniela%20Cardona%20Mejia.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- El agua potable*. (s.f.). Obtenido de <http://www.elaguapotable.com/coagulacion-floculacion.htm>
- García, A. A. (2017). Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=147250>
- Gonzales, L. (2016). *Metodología de la investigación, propuesta, anteproyecto y proyecto* .
- Gualoto Gualoto, J. J. (2016). Obtenido de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/17066/1/CD-7650.pdf>
- Gutiérrez Rosero, J. A., Ramírez Fajardo , Á. I., Balmes Linares, & Paredes, D. (2014). Tratamiento de lodos generados en el proceso convencional de potabilización de agua. *Ingenierías Universidad de Medellín*, 15.
- Llivichuzca Guapisaca, M. N. (abril de 2016). *Tratamiento de lodos residuales procedentes de plantas de tratamiento de aguas residuales mediante procesos electroquímicos para la disminución de la concentración de huevos helmintos*. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/12048>
- Logroño García , D. G. (2016). Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/17601>

- Malacatus Cobos, P. N., Paredes Calderon, Y. C., & Chisaguano Quishpe, W. G. (2017).
Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/8735>
- Martinez, E., Fuentes, J. P., & Acevedo, E. (2008). Soil organic carbon and soil properties.
Revista científica del Suelo y Nutricion Vegetal , 68-96.
- Mohajerani, A. (7 de Febrero de 2019). *Ecovientos*. Obtenido de
<https://ecoinventos.com/biosolids-bricks/>
- Navarrete, D. (10 de octubre de 2014). *Tratamiento de lodos y su disposicion final*. Obtenido
de <https://es.slideshare.net/diosanavarrete/tratamiento-de-lodos-y-su-disposicion-final>
- NEC-SEC VIVIENDA PARTE 1. (2015). *VIVIENDAS DE HASTA 2 PISOS CON LUCES DE
HASTA 5 M.*
- NOM-004-SEMARNAT-2002. (15 de agosto de 2003). Obtenido de NORMA OFICIAL
MEXICANA, PROTECCION AMBIENTAL.- LODOS Y BIOSOLIDOS.-
ESPECIFICACIONES Y LIMITES MAXIMOS:
<http://legismex.mty.itesm.mx/normas/ecol/semarnat004.pdf>
- Ramírez, Q. (s.f.). *Agua potable* . Obtenido de <http://www.elaguapotable.com/coagulacion-floculacion.htm>
- Ramos, C. A. (2015). los paradigmas de la investigación científica. 12.
- Resolución 002 de la Secretaría del Ambiente del Distrito Metropolitanos de Quito.* (2014).
Obtenido de
<http://www.cip.org.ec/attachments/article/2096/RESOLUCI%C3%93N%20No%20002-SA-2014.pdf>
- Roger, S. (2001). Sequestration of Carbon by soil . *Soil Science* , 558-871.
- Romero , M. (2017). *TRATAMIENTO UTILIZADOS EN POTABILIZACION DE AGUA* .
Obtenido de <http://www.ozonoalbacete.es/wp-content/uploads/2011/08/estudio-agua-ozono.pdf>
- Romero Rojas, J. A. (2005). *Tratamiento de aguas residuales; teoria y principios de diseño*.
Bogota: 3a. ed., 2a. reimp.

Sanchez, V. P. (2019). Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/browse?type=author&value=S%C3%A1nchez+Vela%2C+Pablo+Vinicio>

Segura, J. L. (2014). *VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL MÉTODO EXPERIMENTA*.

Table 2 Sediment Quality. (2013). Obtenido de <http://probeinternational.org/library/wp-content/uploads/2013/05/Table-2-Sediment-Quality.pdf>

Taria Santander, L. J., & Granoble Garcia , M. A. (2020).

Técnicas de investigación. (s.f.). Obtenido de Profesores: http://profesores.fi-b.unam.mx/jlfl/Seminario_IEE/tecnicas.pdf

Tomala Tomala, J. G. (2020). Obtenido de <http://repositorio.ulvr.edu.ec/handle/44000/3987>

Universitario SSWM. (2020). Obtenido de <https://sswm.info/sswm-university-course/module-6-disaster-situations-planning-and-preparedness/further-resources-0/sedimentation-%28centralised%29>

ANEXOS

Anexo 1. Recolección de muestra del lodo efluente de PTAP Daule



GRANBLE GARCIA MARCOS ALDAIR
Representante Legal: ---
Dirección: Mucho Lote 2, Tel. 0996593183
Atención: Ing. Marcos Granoble

Guayaquil, 2021-03-02

DATOS DE TOMA / RECEPCIÓN DE MUESTRA

Punto e identificación de la Muestra:	LDDOS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE DAULE
Fecha/Hora Lugar de Toma de Muestra:	2021/02/08 / 11:26 / DAULE
Fecha/Hora Recepción Muestras:	2021/02/08 / 13:29
Matriz de la muestra:	Lodos
Responsable de Toma de Muestra / Tipo de Muestra:	GRUPO QUÍMICO MARCOS S. LTDA / Iguevara / Puntual
Duración de Actividad:	---
Coordenadas Geográficas:	9794988 17M0612963
Norma Técnica Aplicada:	PG-QQM-15: Suelo
Temperatura de Recepción de Muestra (Equipo):	4.8 °C / EI-486
Condiciones Ambientales del Monitoreo:	CUANDO EL MUESTREO ES REALIZADO POR GQM, LOS DATOS SE REGISTRAN EN SU ACTA DE TOMA DE MUESTRAS QUE ESTA A DISPOSICIÓN DEL CLIENTE.

Miembro Actividad Acreditada: Muestreo de Aguas Naturales y Residuales. Parámetros: DBO, DCO, Acatas y Grasas, TPH, Fenoles, ST y SST.

MEMORIA FOTOGRÁFICA



Digitally signed by
FERNANDO LUIS MARCOS VACA
Date: 2021-03-02 12:50:50-05:00

Q.F. FERNANDO MARCOS V.
Director Técnico

Digitally signed by
LAURA MERCEDES YANQUI MOREIRA
Date: 2021-03-02 12:50:50-05:00

Q.F. LAURA YANQUI M.
Coordinadora de calidad

¡IMPORTANTE!
Los resultados de este informe de ensayo sólo son aplicables a las muestras analizadas. PROHIBIDA su reproducción total o parcial sin autorización escrita de GQM.
INTERCAMBIO DE MUESTRO/TOMA DE MUESTRA:
En caso de ser imposible, se encuentra disponible como una declaración de responsabilidad.
DESCARGO DE RESPONSABILIDAD:
La información del lugar de toma, punto e identificación de la muestra es proporcionada por el cliente a GQM previo a su recolección o recepción.
Si la muestra es entregada por el cliente, sus resultados aplican a la muestra tal como se recibió.

Parque California 2 Local D-41 Km. 11,5 vía a Daule
042-103390(2) / 042-103825(35) / 0998-286653
www.grupoquimicomarcos.com
Guayaquil - Ecuador

MC7.801-02

Página 2 de 2

Nota: Obtención de muestra para caracterización de lodos

Fuente: Grupo Químico Marcos

Anexo 2. Análisis fisicoquímicos y microbiológico del lodo efluente de PTAP Daule



GRANOBLE GARCIA MARCOS ALDAR
 Representante Legal: ---
 Dirección: Mucho Lote 2, Tel. 0996393183
 Atención: Ing. Marcos Granoble

Guayaquil, 2021-03-02

DATOS DE LA MUESTRA

Punto e Identificación de la Muestra: LODOOS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE DAULE
 Fecha/Hora Lugar de Toma de Muestra: 2021/02/08 / 11:26 / DAULE
 Fecha/Hora Recepción Muestras: 2021/02/08 / 13:29
 Matriz de la muestra: Lodos

FISICOQUIMICOS

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDADES	U K=2	MÉTODO	ANALIZADO POR
Humedad en sucos (1)	80	g%	---	NTE-INEN 690	2021/02/22 NS
Materia Orgánica (1)	2,532	%	0,618	PEE-GQM-FQ-74	2021/02/23 JV
Carbono (1)	1,46	%	---	5310 B	2021/02/22 FM

MICROBIOLOGÍA

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDADES	U K=2	MÉTODO	ANALIZADO POR
Coliformes fecales (1)	200	NMP/100 g	---	9222 D	2021/03/08 SP

INORGANICOS NO METALES

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDADES	U K=2	MÉTODO	ANALIZADO POR
Potencial de Hidrógeno (1)	6,44	Unidades de pH	0,21	EPA 9045D	2021/02/08 NS

METALES

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDADES	U K=2	MÉTODO	ANALIZADO POR
Aluminio (1)	36680,000	mg/kg	---	PEE-GQM-FQ-12	2021/02/24 DF

SIMBOLOGÍA:

--- No Aplica
 <LD Menor al Límite Detectable
 N.E. No efectuado
 S.M. Standard Methods
 U K=2 Incertidumbre Nivel de Confianza 95,45%

E.P.A. Environmental Protection Agency
 P.E.E. Procedimiento específico de ensayo de GQM
 G.R. Grados de Restricción
 L.M.P. Límite Máximo Permisible
 V.L.P. Valor Límite Permisible

V.M.R. Valor Máximo Referencial
 C.C. Criterios de Calidad
 V.M. Valor Máximo
 V.M.P. Valor Máximo Permisible

NOMENCLATURA:

- (1) Parámetro NO INCLUIDO en el alcance de acreditación ISO 17025 por el SAE.
- (2) Parámetro subcontratado NO ACREDITADO, competencia evaluada Cap. 5-Manual de Calidad de GQM
- (3) Parámetro acreditado cuyo resultado está FUERA DEL ALCANCE de acreditación.
- (4) Parámetro subcontratado ACREDITADO; ver alcance en www.acreditacion.gob.ec

IMPORTANTE:

Los resultados de este informe de ensayo sólo son aplicables a las muestras analizadas; PROHIBIDA su reproducción total o parcial sin autorización escrita de GQM.
DESCARGO DE RESPONSABILIDAD:
 La información del lugar de toma, punto e identificación de la muestra es proporcionada por el cliente a GQM para su evaluación e integración.
 Si la muestra es entregada por el cliente, sus resultados aplican a la muestra tal como se recibió.

Parque California 2 Local D-41 Km. 11,5 vía a Daule
 042-103390(2) / 042-103825(35) / 0998-286653
www.grupoquimicomarcos.com
 Guayaquil - Ecuador

Nota: Resultados de la caracterización de lodos
Fuente: Grupo Químico Marcos

Anexo 3. Ensayo a compresión de Ladrillos



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES & CONSTRUCCIONES
Especializados en Mecánica de Suelos

ROTURA A LA COMPRESION DE LADRILLO

Obra: Tesis uso de lodos de una PTAP
Ordena: Leo Tarira y Marcos Granoble

Lugar: Guayaquil
Fecha: 11 de Marzo del 2021

Datos del elemento

Muestra: Proporcionada por el cliente
Procedencia: Proporcionado por cliente
Tipo: Textura Rugosa
Forma: Rectangular
Largo/Ancho/Alto: variable



Resultados de la Prueba

Ladrillo N°	Fecha de Rotura	Peso Kg	Color	Carga Kn	Resistencia Mpa
M1	11-03-2021	3.488	Rojizo	2.35	23.97
M2	11-03-2021	3.156	Rojizo	1.72	17.54

Luis E. Figueroa R.
Ingeniero Civil

Guayaquil: Costanera 1209 y Laureles (Urdesa)
Tel: 2886360 - 2882086 - 0991210963
E-mail: lemco.lf@gmail.com

1

Sta Elena: Cdia. Brisas de Ballenita CA 5 s/n
CA 61 (Ballenita) TelFax: 2953686 - 090642991
E-mail: lemco.ip@gmail.com

Nota: Resultados de rotura a la compresión de ladrillo
Fuente: Laboratorio LEMCO

Anexo 4. Ensayo granulométrico del lodo efluente de PTAP Daule



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES & CONSTRUCCIONES
Especializados en Mecánica de Suelos

ENSAYO GRANULOMETRICO

Obra: Tesis uso de lodos de una PTAP
Ordena: Leo Tarira y Marcos Granobie

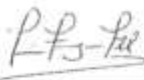
Lugar: Guayaquil
Fecha: 12 de marzo del 2021

Datos del elemento:

Muestra: Proporcionada por el cliente
Procedencia: Proporcionado por cliente
Tipo: Lodo
Color: Café

Resultados de la Prueba:

Tamiz #		Peso retenido parcial	Peso retenido acumulado	% Pasante Acumulado	Especificaciones Mejoramiento (MOP 402-2)
INEN (mm)	ASTM				
101	4"			100,00	100
88	3 1/2"			100,00	
76	3"			100,00	
63	2 1/2"			100,00	
51	2"			100,00	
38	1 1/2"			100,00	
25	1"			100,00	
19	3/4"			100,00	
9,5	3/8"			100,00	
4,75	# 4			100,00	
2	# 10			100,00	
0,425	# 40		2,025	99,29	
0,075	# 200		43,054	85,65	<20%


Luis E. Figueroa R.
Ingeniero Civil

Guayaquil: Costanera 1209 y Laureles (Urdesa)
Tel: 2886380 - 2882086 - 0991210963
E-mail: lemco.f@gmail.com

Sta Elena: Cdia. Brisas de Ballenita CA 5 s/n
CA 61 (Ballenita) TelFax: 2953686 - 090642991
E-mail: lemco.ip@gmail.com

Nota: Resultado del ensayo granulométrico
Fuente: Laboratorio LEMCO