

Evaluación de la calidad de los sólidos de las piscinas de presedimentación de la planta de tratamiento de agua potable de la ciudad de esmeraldas para la elaboración bloque de construcción

Evaluation of the quality of the solids in the pre-sedimentation pools of the drinking water treatment plant in the city of Esmeraldas for the production of building blocks

Para citar este trabajo:

Montaño, V y Cabrera, C. (2024). Evaluación de la calidad de los sólidos de las piscinas de presedimentación de la planta de tratamiento de agua potable de la ciudad de esmeraldas para la elaboración bloque de construcción. *Reincisol*, 3(6), pp. 2213-2227
[https://doi.org/10.59282/reincisol.V3\(6\)2213-2227](https://doi.org/10.59282/reincisol.V3(6)2213-2227)

Autores:

Víctor Lenin Montaño-Roldan

Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
Ciudad: Lima, País: Perú
Correo Institucional: victor.montano1@unmsm.edu.pe
Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-4424-048X>

Carlos Francisco Cabrera-Carranza

Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
Ciudad: Lima, País: Perú
Correo Institucional: ccabrerac@unmsm.edu.pe
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-5821-5886>

RECIBIDO: 10 julio 2024 **ACEPTADO:** 30 agosto 2024 **PUBLICADO:** 9 septiembre 2024

Resumen

Se realiza una investigación aplicada, la cual busca resolver un problema práctico uso de los lodos sedimentados para la elaboración bloques de construcción, mediante el desarrollo de una solución con aplicación real. El enfoque aplicado implica una investigación más orientada hacia la implementación y menos hacia la teoría pura. El objetivo planteado fue evaluación de la calidad de los sólidos de las piscinas de presedimentación de la planta de tratamiento de agua potable de la ciudad de Esmeraldas para la elaboración bloques de construcción. Se concluye que los lodos sedimentados en las piscinas de sedimentación del agua potable de la Ciudad de Esmeraldas, no deben ser evacuados al cauce del río Esmeraldas y fomentar la creación de microempresas para utilizar los lodos sedimentados en la ETAP y producir productos para la construcción, suelo orgánico.

Palabras clave: Río, Arena, Lodos Sedimentados, Bloques de Construcción, Medio Ambiente.

Abstract

An applied research is carried out, which seeks to solve a practical problem of the use of sedimented sludge for the production of building blocks, by developing a solution with real application. The applied approach involves a research more oriented towards implementation and less towards pure theory. The objective was to evaluate the quality of the solids in the pre-sedimentation pools of the drinking water treatment plant of the city of Esmeraldas for the production of building blocks. It is concluded that the sedimented sludge in the sedimentation pools of the drinking water of the City of Esmeraldas should not be evacuated to the Esmeraldas River and to promote the creation of micro-enterprises to use the sedimented sludge in the ETAP and produce products for construction, organic soil.

Keywords: River, Sand, Sedimented Sludge, Building Blocks, Environment.

INTRODUCCIÓN

La generación de sólidos sedimentados como resultado del tratamiento de agua potable en la ciudad de Esmeraldas, Ecuador, ha creado un problema ambiental y logístico significativo. El vertido de esta arena en el río Esmeraldas ha llevado a la obstrucción del flujo del agua, aumentado el riesgo de inundaciones y causados daños al ecosistema acuático (García, 2022).

En ese mismo orden de ideas en otros países de América Latina, como Chile, Perú, México y Uruguay, existen leyes similares que regulan el etiquetado frontal de alimentos, lo que ha llevado a los fabricantes a adaptar sus productos para cumplir con estas normas (Martínez, 2021).

En Uruguay, por ejemplo, las empresas tienen la posibilidad de vender productos libres de sellos que contengan un 20% más de sodio, 30% más de azúcares, 45% más de grasas saturadas y 50% más de grasas totales en porciones de 100 gramos o 100 mililitros (Gómez, 2020).

En México, desde 2020 rige una norma que prevé la impresión de octógonos en los envases de alimentos y bebidas con alto contenido en sodio, grasas y azúcares, y que prevé una implementación por fases en 3 años (Hernández, 2019).

En Perú, también rigen leyes similares que buscan regular la información nutricional en los productos alimenticios (López, 2018).

Estos esfuerzos por parte de los países de América Latina para regular la información nutricional en los productos alimenticios y reducir el consumo de alimentos procesados y ricos en grasas, sodio y azúcares, pueden servir como antecedentes para abordar problemas similares en Esmeraldas, Ecuador (García, 2022).

Afrontar esta temática específicamente en el Ecuador se plantea que el vertido de esta arena en el río Esmeraldas ha llevado a la obstrucción del flujo del agua, aumentado el riesgo de inundaciones y causados daños al ecosistema acuático (CEPAL, 2021).

Las condiciones de saneamiento ambiental de Esmeraldas son dramáticas, pues apenas el 37.7% del área urbana dispone de sistema de eliminación de aguas servidas por medio de alcantarillado, cuyo contenido se descarga sin tratamiento alguno en el río Esmeraldas (CEPAL, 2021). Solamente el 42% de la ciudad está conectado a la red de agua potable

Como consecuencia de las intensas lluvias durante el fenómeno de El Niño 1997-1998, Esmeraldas sufrió deslaves, inundaciones y desborde de ríos, lo que provocó el arrastre de sedimentos y la destrucción de los sistemas de saneamiento existentes (EIRD, 2021).

Siguiendo esa línea de pensamiento, en la provincia de Esmeraldas, la planta de tratamiento de agua potable que abastece a la ciudad ha estado generando una cantidad significativa de arena como subproducto. Actualmente, esta arena se está devolviendo directamente al río Esmeraldas, que atraviesa la ciudad. Con el tiempo, esto ha llevado a un aumento considerable en la acumulación de arena en el lecho del río, creando una serie de problemas críticos para el entorno y la comunidad local.

Debido a la gran cantidad de arena depositada, el flujo del río Esmeraldas se ha visto gravemente obstruido. Esto ha provocado la formación de bancos de arena que interrumpen el flujo natural del río, alterando su curso y creando áreas de agua estancada.

La obstrucción del río ha reducido su capacidad de drenaje. Durante la temporada de lluvias, esto se traduce en un riesgo mucho mayor de inundaciones en las áreas aledañas, poniendo en peligro a las comunidades cercanas y la infraestructura local.

La acumulación de arena ha afectado el ecosistema del río. La alteración del flujo y la formación de nuevos depósitos de arena han cambiado el hábitat acuático, con consecuencias negativas para la flora y fauna nativa, incluyendo especies de peces y plantas acuáticas.

Es saludable acotar que la arena de río se caracteriza por tener granos redondeados y bien clasificados, producto de la erosión y el transporte a lo largo del cauce. Este tipo de arena se utiliza ampliamente en la construcción, la fabricación de vidrio y otras aplicaciones industriales (Vargas et al., 2020).

Existen diferentes tipos de arena de ríos:

- **Arena de río lavada:** Es una arena de alta calidad y alto contenido en cuarzo (Transyca, 2022; Vargas Castillo et al., 2020).
- **Arena de río viva o repasada:** Tiene bajo contenido en arcilla y alto contenido en sílice, lo que le proporciona más resistencia (Transyca S.L., 2022).

Algunas características clave de la arena de río:

- Es un árido natural extraído de zonas concretas de los ríos
- Es similar a la arena de playa, pero carece de impurezas arcillosas
- Está compuesta principalmente de cuarzo, calcárea y sílice
- Es resistente a la humedad, la descomposición y la corrosión
- Se utiliza ampliamente en la fabricación de hormigón, morteros, prefabricados y para ocultar tuberías y cables (Cementos, 2022; Sacosa, 2023).

La situación actual demanda una solución integral que aborde el manejo adecuado de la arena generada en el proceso de tratamiento de agua potable. Es crucial encontrar una alternativa sostenible que prevenga la acumulación de arena en el río y minimice el impacto ambiental, al tiempo que se reduce el riesgo de inundaciones para las comunidades locales.

Este estudio es crucial para abordar problemas ambientales y sociales relacionados con el manejo de los lodos sedimentados proveniente del tratamiento de agua potable, y para explorar soluciones sostenibles que también tengan potencial económico.

Por lo tanto, ante lo expuesto este trabajo se trazó como objetivo la evaluación de la calidad de los sólidos de las piscinas de presedimentación de la planta de tratamiento de agua potable de la ciudad de Esmeraldas para la elaboración de bloques de construcción.

METODOLOGÍA

Se realiza una investigación aplicada, la cual busca resolver un problema práctico de uso de los lodos sedimentados para la elaboración de bloques de construcción, mediante el desarrollo de una solución con aplicación real. El enfoque aplicado implica una investigación más orientada hacia la implementación y menos hacia la teoría pura.

El objetivo planteado fue la evaluación de la calidad de los sólidos de las piscinas de presedimentación de la planta de tratamiento de agua potable de la ciudad de Esmeraldas para la elaboración de bloques de construcción.

Las variables utilizadas fueron:

Variable Independiente:

Composición de la Arena

- Características físicas (tamaño de grano, forma, densidad, etc.).
- Características químicas (contenido de minerales, elementos contaminantes, etc.).

Proceso Técnico para Fabricación

- Proporciones de arena reciclada y otros componentes en la mezcla para bloques.
- Técnicas de producción (temperatura, presión, método de curado, etc.).
- Uso de aditivos y otros materiales para mejorar resistencia y durabilidad.

Análisis Ambiental

- Tipo y cantidad de residuos generados durante el proceso de fabricación.
- Uso de recursos energéticos y agua.
- Emisiones de gases de efecto invernadero.

Análisis Económico

- Costos de producción (materiales, energía, mano de obra, etc.).
- Escala de producción (capacidad de planta, volumen de bloques producidos, etc.). Comparación con métodos tradicionales (costo, eficiencia, requerimientos de maquinaria, etc.).

Variable Dependiente

Resistencia y Durabilidad del Bloque

- Resistencia a la compresión.
- Durabilidad ante condiciones ambientales (humedad, temperatura, erosión, etc.).
- Vida útil esperada del bloque.

Impacto Ambiental

- Reducción de residuos sólidos al reutilizar arena.
- Reducción de emisiones y consumo energético.
- Comparación con los métodos tradicionales en términos de sostenibilidad.

Costos de Producción y Rentabilidad

- Costo total por bloque.
- Retorno de inversión.
- Posibilidad de expansión y escalabilidad.

Viabilidad Técnica

- Conformidad con estándares y regulaciones de construcción.

- Factibilidad de producción a gran escala.
- Eficiencia del proceso técnico (rendimiento, tasas de defectos, etc.).

Resistencia y Durabilidad del Bloque

- Resistencia a la compresión.
- Durabilidad ante condiciones ambientales (humedad, temperatura, erosión, etc.).
- Vida útil esperada del bloque.

Impacto Ambiental

- Reducción de residuos sólidos al reutilizar arena.
- Reducción de emisiones y consumo energético.
- Comparación con los métodos tradicionales en términos de sostenibilidad.

Costos de Producción y Rentabilidad

- Costo total por bloque.
- Retorno de inversión.
- Posibilidad de expansión y escalabilidad.

Viabilidad Técnica

- Conformidad con estándares y regulaciones de construcción.
- Factibilidad de producción a gran escala.
- Eficiencia del proceso técnico (rendimiento, tasas de defectos, etc.).

Variable intermitente

- Disponibilidad y acceso a las plantas de tratamiento de agua potable
- Normativas y regulaciones ambientales aplicables
- Aceptación y demanda del mercado por ladrillos fabricados con lodos
- Costos de producción y estrategias de comercialización
- La toma de muestras se realizó en la Empresa de Agua Potable de Esmeraldas (EPMAPSE).

La empresa de agua potable se encuentra situada en una pequeña llanura, adyacente a la Parroquia de San Mateo; donde se encuentran ubicadas las 4 piscinas de sedimentación las cuales generan 26 mil toneladas de lodos.

Figura 1. Ubicación de la Empresa de Agua Potable de Esmeraldas (EPMAPSE).



Fuente: Imagen Google earth

Para la toma de muestras de lodos en cada una de las piscinas de agua cruda, se utilizarán bolsas con cierres herméticos, o frascos estériles.

Para realizar los análisis de cada uno de los parámetros mencionados, se toman muestras de cada piscina de 1 000 ml, las muestras se trasladarán en un recipiente con frío hacia una nevera con abundante hielo. Para el análisis la muestra se dejará aclimatar

Para este estudio, se utilizaron diversas técnicas para abordar los aspectos técnicos, ambientales y económicos. Aquí están las principales técnicas que se utilizaron: Experimentación de Laboratorio, Pruebas de Materiales de Construcción, Estudio Comparativo, Análisis Económico, Observación y Entrevistas.

Los instrumentos de investigación son las herramientas específicas utilizadas para recolectar datos con las técnicas mencionadas anteriormente. Aquí están los principales instrumentos que se utilizaron: Equipos de Laboratorio para Análisis de Arena, Cámaras y Equipos de Video.

Análisis e interpretación de la información

Para evaluar el impacto ambiental, el cuadro enumera varios componentes y elementos ambientales, así como sus indicadores. La calidad del aire, el nivel sonoro, la calidad del suelo y las aguas superficiales son indicadores físicos que reflejan los efectos de las actividades humanas, como la industria, el transporte y la agricultura. La alteración de la cubierta vegetal y los cultivos, así como la degradación de ecosistemas específicos, que afectan a la flora y fauna locales, se analizan en el componente biótico. Los cambios en la ictiofauna, heterofauna, microfauna, macrofauna y avifauna son indicadores de fauna, con un enfoque en

los cambios causados por la actividad humana, como la evacuación de lodos residuales, que pueden llevar a la desaparición de especies y afectar la diversidad biológica.

Análisis físico-químico, microbiológico y de textura de los lodos sedimentados de las piscinas de agua cruda.

Análisis Físico del lodo

El procedimiento para la obtención de muestras de lodo sedimentado y sus respectivas normas fue la siguiente:

La obtención de muestras de lodo sedimentado se realizó de acuerdo con la norma ASTM D1587 "Standard Practice for Thin-Walled Tube Sampling of Soils for Geotechnical Purposes". Esta norma establece los requisitos y procedimientos para la toma de muestras inalteradas de suelos, incluyendo lodos sedimentados, utilizando tubos de pared delgada.

El proceso consistió en introducir un tubo de pared delgada en el lodo sedimentado, de manera que se extraiga una muestra representativa sin alterar su estructura. Luego, la muestra se sella y se envía al laboratorio para su análisis. Las principales normas que rigen el análisis de las muestras de lodo sedimentado fueron:

Figura 2. Probeta demostrando aproximadamente la textura del lodo residual.



RESULTADOS

TEXTURA	%
Arena	= 73.33
Arcilla	= 6.77
MO.	= 3.23
Limo	= <u>16.67</u>
TOTAL	100.00

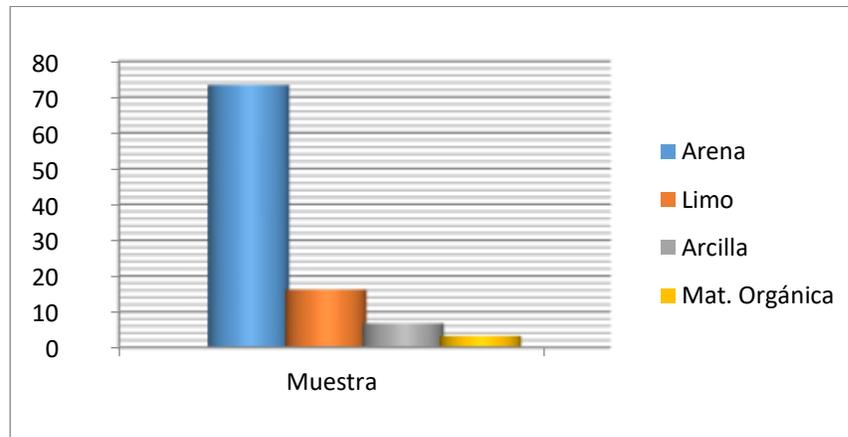


Figura 3. Porcentaje de arena, limo, arcilla y materia orgánica.

Análisis de la estructura

Arena (73.33%): es la fracción más común de lodo sedimentado.

Una textura predominantemente arenosa indica baja plasticidad y cohesión.

La conformación y el moldeo del material pueden verse obstaculizados por la presencia de arena en esta proporción.

La arcilla (6.77%) representa una proporción baja en comparación con la arena.

Aunque su presencia es limitada en este caso, agrega plasticidad y cohesión al material.

La arcilla puede mejorar la retención de agua y la resistencia del lodo sedimentado.

La materia orgánica (3.23%) es una fracción menor de la composición del lodo.

La presencia de materia orgánica puede tener un impacto en la estabilidad y durabilidad del material, especialmente en aplicaciones constructivas.

El 16% de Limo representa una proporción significativa en el lodo que se ha sedimentado.

El limo ayuda a la plasticidad y cohesión del material al proporcionar propiedades intermedias entre la arena y la arcilla.

Su presencia mejora su resistencia y trabajabilidad al equilibrar las características del lodo.

Figura 4. Muestras de lodo.



Muestra de lodo seco para determinar su adhesividad

Muestra de suelo indicando que carece de cohesión, baja plasticidad y baja dureza



Secado 7 días

Fuente: Autores

ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO, MICROBIOLÓGICO



PLANTA DE TRATAMIENTO LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO

Procedencia: Piscina

Dirección: San Mateo

Fecha de Toma: 2024-04-28

Fecha de análisis: 2024-04-29

Análisis Físicos	Unidades	Norma INEN 1108	Muestra
Temperatura °C	°C		25.8
pH			8.18
Color (Pt-Co)	Pt-Co	15	20
Turbiedad (N.T.U)	N.T.U	5	6.69
Conductividad (uS/cm)	uS/cm		236.1
Sólidos totales disueltos mg/l			118.05

Análisis Químicos			
Alcalinidad total (CO ₃ Ca)	mg/l		76
Dureza Total (CO ₃ Ca)	mg/l		24
Calcio (Ca) ²⁺	mg/l		13.6
Cloruros (Cl) ⁻	mg/l		15
Cloro residual	mg/l	0.3-1.5	0
Fluoruros (F ⁻)	mg/l		-
Amoniaco (NH ₃) ¹⁺	mg/l		0.29
Nitritos (NO ₂) ⁻¹	mg/l	3.0	-
Nitratos (NO ₃) ¹⁻	mg/l	50	-
Sulfatos (SO ₄ ⁻)	mg/l		13
Fosfatos (PO ₄ ⁻)	mg/l		0.33
Manganeso (Mn) ²⁺	mg/l		0
Hierro Total (Fe ⁺⁺⁺)	mg/l		0.19
Cobre (Cu) ²⁺	mg/l	2	0.07
Cromo (Cr) ³⁺	mg/l	0.05	0.04
Aluminio residual (Al) ³⁺	mg/l		0.006
Análisis Microbiológicos			
Número de Colonia	ufc		Incontables
Coliformes Totales	NMP		>240
Escherichia coli	NMP	<1,1	Positivo

Este cuadro muestra datos físicos, químicos y microbiológicos de un muestreo de agua de piscina. Muestra muchas cosas importantes sobre la calidad del agua y su seguridad para el uso humano. A nivel físico, la temperatura es de 25.8°C, lo que es apropiado para una piscina, y el pH es ligeramente alcalino, con 8.18, que está dentro del rango esperado para una piscina. Sin embargo, el nivel de turbiedad de 6.69 NTu supera el valor de referencia de 5, lo que indica la presencia de partículas suspendidas o contaminantes que reducen la claridad del agua.

Según los análisis químicos, el cloro residual es notablemente bajo (0 mg/l), lo que lo convierte en un componente crucial para la desinfección de las piscinas, con un rango sugerido de 0,3 a 1,5 mg/l. Esto indica que el agua podría estar contaminada por microbios. Además, la presencia de otros compuestos, como fosfatos y sulfatos, así como la ausencia de flúor son notables, aunque en niveles no muy altos.

Los resultados microbiológicos son preocupantes: el número de colonias bacterianas es incontable, los coliformes totales superan las 240 unidades más probables (NMP) y se encontró Escherichia coli, una bacteria relacionada con la contaminación fecal, lo que indica un grave problema de higiene y seguridad sanitaria. Estos hallazgos indican que el agua de esta piscina no es segura para su

uso sin un tratamiento y desinfección adecuados, y se necesitan medidas inmediatas para prevenir cualquier peligro para la salud de los usuarios.

CONCLUSIONES

Se concluye que los lodos sedimentados en las piscinas de sedimentación del agua potable de la Ciudad de Esmeraldas, no deben ser evacuados al cauce del río Esmeraldas y fomentar la creación de microempresas para utilizar los lodos sedimentados en la ETAP y producir productos para la construcción, suelo orgánico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Cementos Torices. (2022). ¿Qué tipo de arena para construcción debes utilizar? Cementos. Cementos Torices.
- CEPAL. (2021). Impacto Ambiental de la Contaminación Hídrica en Esmeraldas. <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/e72b2990-951c-4bfa-b47a-4dd434c0fad1/content2>
- EIRD. (2021). Esmeraldas. <https://www.eird.org/estrategias/pdf/spa/doc14591/doc14591-3d.pdf>
- García, A. (2022). Impacto ambiental de la generación de arena en el río Esmeraldas. *Revista de Medio Ambiente*, 15(2), 45–58.
- Gómez, L. (2020). Normativas de etiquetado de alimentos en Uruguay. *Revista de Nutrición y Salud*, 10(3), 78–85.
- Hernández, M. (2019). Implementación de octógonos en México. *Revista de Políticas Públicas*, 5(1), 30–42.
- López, R. (2018). Legislación sobre información nutricional en Perú. *Revista de Alimentación y Nutrición*, 12(2), 55–67.
- Martínez, J. (2021). Regulación del etiquetado frontal de alimentos en América Latina. *Revista de Salud Pública*, 28(4), 112–125.
- Sacosa. (2023). Arena de Rio. SACOSA.
- Transyca, S.. (2022). Diferentes tipos de arena. Transyca. <https://transycasl.com/blog/diferentes-tipos-de-arena>
- Vargas Castillo, J., Cuellar Ascencio, D., & Mendoza Francia, A Saavedra Chumpitaz, A. (Comps.. (2020). Citas y referencias: citar vs. plagiar.

Recomendaciones y aspectos básicos del estilo APA. (Universidad de Lima. Biblioteca (Ed.)). <http://repositorio.ulima.edu.pe/handle/ulima/3829>

Conflicto de intereses

Los autores indican que esta investigación no tiene conflicto de intereses y, por tanto, acepta las normativas de la publicación en esta revista.

Con certificación de:

