



UNIVERSIDAD
SAN SEBASTIAN
VOCACIÓN POR LA EXCELENCIA

UNIVERSIDAD SAN SEBASTIÁN
FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y DISEÑO
INGENIERÍA CIVIL EN MINAS
SEDE SANTIAGO - BELLAVISTA

AVANCE INFORME 1

“Tratamiento de aguas subterráneas, por medio de filtros de gravedad, decantadores y clarificadores”

ASIGNATURA: Taller en empresas I

PROFESOR: Andres Soto

INTEGRANTES: Gabriel gonzalez
Yimmy Clark
Ignacio Ortiz

FECHA: 30/04/2024



UNIVERSIDAD
SAN SEBASTIAN
VOCACIÓN POR LA EXCELENCIA

Resumen ejecutivo:

La empresa minera Auryn Mining busca mejorar su gestión del agua en sus operaciones subterráneas. Para lograrlo, se propone la implementación de un sistema de filtración de agua por gravedad utilizando zeolita, arena y grava. El objetivo es reutilizar el agua tratada en procesos posteriores y en las necesidades básicas del campamento minero.

Se plantea una estrategia que combina la investigación de modelos matemáticos, como la ecuación de Hagen-Poiseuille y la ley de Darcy, con un enfoque experimental utilizando tecnología Arduino para medir el rendimiento del filtro de gravedad propuesto.

La implementación de este sistema no solo optimizará la gestión del agua en las operaciones mineras, sino que también reducirá los costos operativos y contribuirá a la protección del medio ambiente. En resumen, este enfoque integral tiene el potencial de mejorar significativamente la eficiencia y la sostenibilidad de las operaciones mineras de Auryn Mining.



Índice

Resumen ejecutivo:	2
Índice	3
Objetivos generales:	4
Objetivos específicos:	4
Introducción	4
Antecedentes:	4
Agua potable:	4
Filtro:	5
Filtro de Gravedad:	5
Etapas de nuestro filtro	5
Desarrollo:	6
Métodos teóricos:	6
Ecuación de Hagen poiseuille:	6
Ecuación Karman-kozeny	7
Ley de Darcy	7
Ecuación general de Ergun para calcular la caída de presión:	8
Método experimental:	11
Primeros experimentos y resultados obtenidos:	13
1.- Zeolita	13
2.- Arena gruesa	13
Segundo experimentos y resultados obtenidos:	13
Arena gruesa	15
Mediciones arena gruesa	17
Zeolita	20
Mediciones zeolita	22
Conclusión	24
Bibliografía	25



Objetivos generales:

- Filtración de agua mediante filtro de gravedad.
- Uso de zeolita, arena y grava para filtro.

Objetivos específicos:

- Reutilizar el agua para procesos posteriores a la extracción.
- investigar modelos matemáticos para modelo de filtro
- modelo experimental para filtro de gravedad

Introducción

La compañía Auryn Mining ha identificado problemas de filtración de agua en su túnel subterráneo, lo cual ha despertado la necesidad de optimizar el uso de este recurso crucial. El objetivo principal es tratar y potabilizar el agua filtrada utilizando filtros de gravedad, decantadores y clarificadores para permitir su reutilización no solo en procesos de perforación y necesidades básicas del campamento, como baños y duchas, sino también en la nueva planta de flotación que está en desarrollo. Este enfoque no solo ayudará a maximizar la eficiencia del uso del agua dentro de las operaciones mineras, sino que también asegurará que se mantengan los estándares de calidad necesarios para su uso extendido. Este informe presenta avances e información de conceptos clave para abordar de manera efectiva y eficiente los desafíos planteados por la empresa en cuanto a la gestión del agua.

Antecedentes:

Agua potable:

Se denomina agua potable al agua bebible o usable para tanto para humanos como para animales la cual no contraiga ninguna enfermedad, el término hace referencia al agua que ha sido tratada para su consumo, según los estándares determinados por las autoridades locales e internacionales, mencionando esto el agua potable es esencial en el ser humano tanto como para consumirla como para ocupar en lugares como baños, casas, etc.

El agua, siendo muy abundante y el solvente universal, contiene frecuentemente varios elementos y sustancias disueltas que pueden alterar su sabor, color y olor, y representar un riesgo potencial para la salud humana

El proceso donde se pasa de agua común a agua potable se le llama potabilización, esto suele consistir en un “stripping” de los compuestos volátiles seguidos de la precipitación de impurezas a través de floculantes, filtradores.



El filtro es un dispositivo compuesto generalmente de materiales porosos, los cuales permiten purificar el líquido, atrapa las partículas que el fluido trae, las cuales pueden ser tóxicas o para la salud; algunos de los elementos filtrantes más conocidos son: arena, barro, óxido, polvo, hierro, altas cantidades de cloro y bacterias, entre otros.

Filtro de Gravedad:

Este proceso implica verter agua sin tratar en un compartimiento superior del filtro y dejar que el agua se filtre lentamente por las distintas etapas hasta llegar a un compartimiento inferior limpio.

Etapas de nuestro filtro

- Prefiltros de malla gruesa: Puede ser una malla metálica o plástica que capture las partículas grandes como rocas y sedimentos gruesos.

- Capa de arena gruesa para filtrar partículas adicionales y mejorar la claridad del agua.

- Filtro de zeolita para absorber metales pesados y algunos productos químicos.

Etapa 4: Filtración cuaternaria.



El algodón actúa como una barrera mecánica que atrapa impurezas y sólidos suspendidos, dejando pasar el agua más limpia.

Este orden proporciona un efectivo tratamiento del agua, asegurándose que se aborden adecuadamente los diferentes tipos de contaminantes posibles que se presenten en el agua cruda y que se obtenga agua tratada de alta calidad y segura para su uso.

Desarrollo:

Métodos teóricos:

Contamos con distintas opciones de modelos teóricos los cuales son la ecuación de Hagen, ecuación de Karman-kozeny, ley de Darcy y la ecuación general de Ergun.

Ecuación de Hagen poiseuille:

La ecuación de Hagen-Poiseuille permite calcular el caudal en una conducción, dependiendo de la diferencia de presión, el radio, la longitud y la viscosidad del fluido. Este principio se aplica en viscosímetros de vidrio para medir viscosidades de líquidos newtonianos. La arteriosclerosis ejemplifica el impacto del radio en el flujo sanguíneo y la importancia de mantenerlo para prevenir problemas cardiovasculares

$$\frac{\Delta P}{L} = \frac{32 \times \mu \times v}{gc \times D^2} = \frac{Pa}{m}$$

(ecuación 1) variables:

μ = viscosidad

v = velocidad

gc = factor de conversión

D = diámetro



Ecuación Karman-kozeny

La ecuación de Kozeny-Carman o ecuación de Carman-Kozeny o ecuación de Kozeny, es una relación utilizada en el campo de la dinámica de fluidos para calcular la caída de presión de un fluido que fluye a través de un «lecho compacto» de sólidos. La ecuación sólo es válida para flujo laminar. Dice que la variación del volumen de fluido que traspasa ese lecho compacto, respecto al tiempo se puede calcular a partir de la diferencia de presión y las propiedades del lecho y del fluido.

$$\frac{\Delta P}{L} = \frac{K \times \mu \times v \times (1 - \varepsilon)^2 \times a^2}{g_c \times \varepsilon} = 3$$

(ecuación 2) variables:

μ = viscosidad

v = velocidad

g_c = factor de conversión

K = constante

ε = porosidad

a = superficie específica

Ley de Darcy

La ley de Darcy describe cómo los fluidos se mueven a través de medios porosos como tortas o lechos granulares. Relaciona la velocidad y la presión, dependiendo de la permeabilidad del medio y la viscosidad del fluido. Esta ley es crucial para entender procesos como filtración y sedimentación en ingeniería y geología

$$u^+ = (u - u_s)(1 - \varepsilon_s) = -\frac{k}{\mu} \left[\frac{\partial p^+}{\partial x} \right]$$

u^+ = velocidad superficial media relativa, calculada como caudal de fluido con respecto al sólido, dividido por la sección total, (m/s)



k = permeabilidad del fluido a través de los sólidos (m²).

μ = viscosidad del fluido (Pa s [kg/m s]).

p^+ = presión con contribución gravitatoria del fluido (Pa [kg/m s²]).

ε_s =La fracción volumétrica que ocupan los sólidos.

En un proceso de filtración, donde un fluido atraviesa una torta incompresible y estacionaria, la Ley de Darcy se aplica considerando que la velocidad de las partículas sólidas es cero. Esto significa que la relación entre la velocidad del fluido y la presión se puede expresar de acuerdo con los principios de la ley de Darcy, se puede escribir así:

$$u^+ = (u)(1 - \varepsilon_s) = -\frac{k}{\mu} \left[\frac{dp^+}{dx} \right]$$

Ecuación general de Ergun para calcular la caída de presión:

$$\frac{\Delta P}{L} = 150 \frac{(1-e)^2}{e^3} \frac{\mu}{D^2 gc} u_s$$

Esa ecuación relaciona la pérdida de presión a través del lecho poroso.

L: su espesor

U_s : velocidad del fluido referida al área de la sección normal del

lecho ρ : densidad μ : viscosidad del fluido e : fracción hueca del lecho

D: diámetro equivalente de las partículas que forman el lecho D.

Teniendo en cuenta que el diámetro equivalente D de la partícula es:

$$D = \frac{6}{S_o}$$

En donde S_o es la superficie específica de la partícula la ecuación anterior puede ponerse como: En donde S_o es la superficie específica de la partícula la ecuación anterior puede ponerse como:



$$\frac{\Delta P}{L} = 4.17 \frac{So^2 (1-e)^2}{e^3} \frac{\mu}{gc} u_s$$

Como la fracción de huecos y la superficie específica del lecho puede variar dentro del mismo, se puede dar una mayor generalización a la ecuación anterior escribiéndola como:

$$\frac{\Delta P}{L} = k \frac{So^2 (1-e)^2}{e^3} \frac{\mu}{gc} u_s$$

Despejando u_s se tiene que:

$$u_s = \frac{\Delta P}{L} \frac{gc e^3}{k So^2 \mu (1-e)^2}$$

Pero como, la velocidad u_s está definida como:

$$u_s = \frac{\text{caudal}}{\text{sección}} = \frac{1}{A} \frac{dV}{d\theta}$$

Para poder aplicar las ecuaciones anteriores a la filtración es necesario modificarlas.

$$u_s = \frac{\text{caudal}}{\text{sección}} = \frac{1}{A} \frac{dV}{d\theta} = \frac{\Delta P_{total} gc}{r_{torta} + r_{medio}}$$

Por lo tanto:

$$R_T = \frac{\alpha w V}{A}$$

Entonces:

$$\frac{1}{A} \frac{dV}{d\theta} = \frac{\Delta P_{total} gc}{\mu \left(\frac{\alpha w V}{A} + R_m \right)}$$



La resistencia del medio filtrante R_m se puede poner en función de la resistencia ofrecida por una capa hipotética de torta que corresponde al volumen V_e de filtrado necesario para formar esa torta hipotética; es decir:

$$R_m = \frac{\alpha w V_e}{A}$$

Sustituyendo queda:

$$\frac{1}{A} \frac{dV}{d\theta} = \frac{\Delta P_{total} g_c}{\frac{\mu \alpha w}{A} (V + V_e)}$$

ΔP : diferencia de presión entre ambos lados del medio filtrante.

V : volumen de filtrado

A : superficie del medio filtrante

w : la masa de sólido retenido en el filtro por unidad de volumen filtrado

α : la resistencia específica de la torta, parámetro representativo de la dificultad para la circulación del fluido a través de ella, cuyas dimensiones son longitud/ masa.



Método experimental:

En base al estudio teórico acerca de los filtros de gravedad y que lo compone hemos realizado una idea de cómo probar experimentalmente este filtro de gravedad y su tiempo de filtración.

Los filtros de gravedad poseen distintas capas de materiales los cuales eliminan impurezas, microorganismos, olores y sabores. Entonces, como equipo hemos ideado utilizar tecnologías para medir el tiempo de filtración del agua que pasa por el filtro, esto aparte de limpiar el agua que entra nos ayudará a que cantidad de caudal de agua deberá pasar para que sea lo mas eficiente posible.

Lo primero que se hará es elaborar nuestro filtro con las siguientes partes para filtrar el agua:

- 1.- Primero pondremos una rejilla en la cual se quedarán los sedimentos, piedras o cualquier material mayor a este tamaño de la rejilla.
- 2.- Un filtro de zeolita para los metales pesados y algunos químicos
- 3.-Capa de arena seguida de una capa de grava para filtrar partículas adicionales y mejorar la claridad del agua.

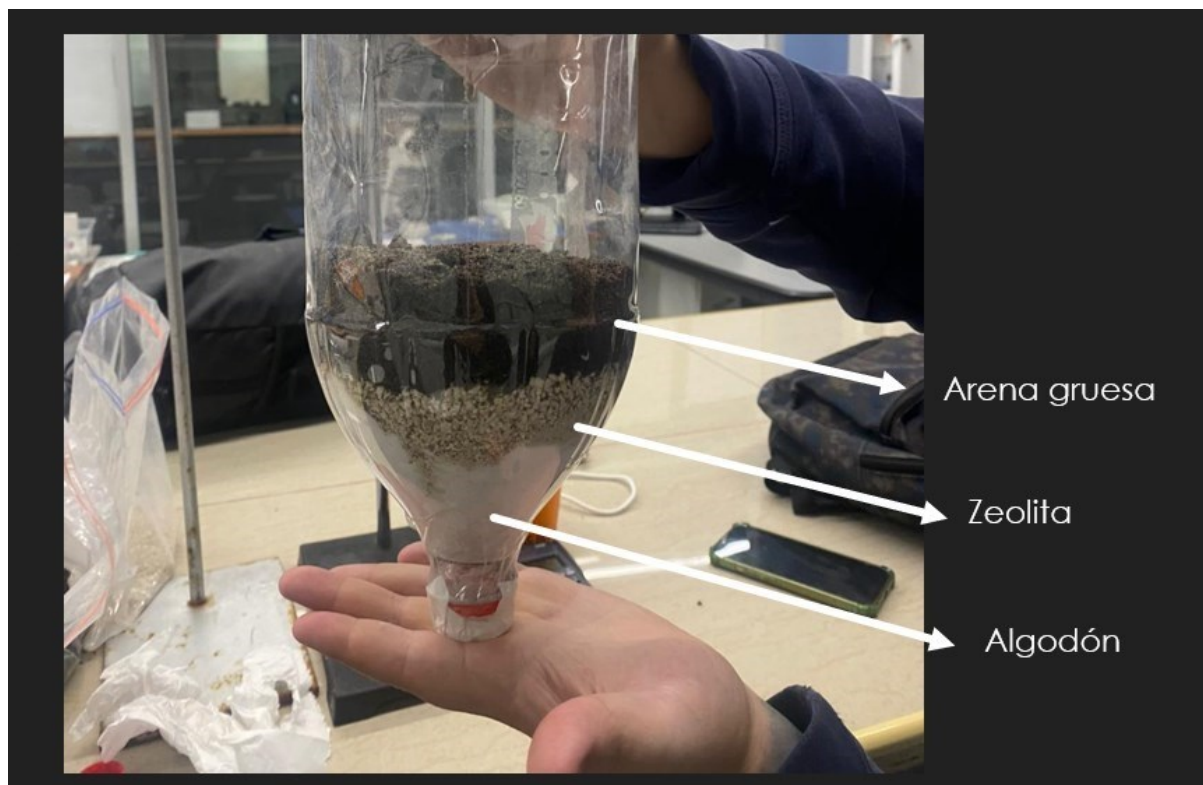
Luego de elaborar nuestro filtro, en “make it” con ayuda de los profesores a cargo, trataremos de elaborar de la mejor forma un mecanismo el cual nos aporta el tiempo que se demora el agua en filtrar, esto quiere decir, en el momento en que el agua entre al filtro y el momento en el que salga, ese será nuestro tiempo de filtración. Todo este proceso de tiempo de filtración se elaborará con la ayuda de Arduino.

En general la idea de nuestro experimento es la siguiente, desde un embudo con el agua que nos facilite la empresa empezará el experimento, en la parte superior del filtro se encontrara una tapa, la cual idealmente estará conectado a Arduino al igual que un sensor, que este reportará el momento en el que el agua salga, de esta forma tendremos el tiempo de filtración que es lo que estamos buscando en este experimento.

Se buscará también una extensión a través de una manguera hacia un recipiente, pero antes de que se guarde en el recipiente habrá un filtro de carbón activado granular el cual hará que el agua termine mejor el sabor y no tenga olor, de tal forma ya estará lista para distribuirse hacia las estaciones que se solicitan, a continuación, se mostrará un boceto hecho por nosotros de nuestra idea del filtro y el experimento:



UNIVERSIDAD
SAN SEBASTIAN
VOCACIÓN POR LA EXCELENCIA





Primeros experimentos y resultados obtenidos:

El viernes 31 de mayo aproximadamente a las 13:00 hrs comenzamos con el experimento. Primero elaboramos nuestros filtros con botellas de 3 L, a la cual le cortamos la parte inferior de esta, a continuación, se presentará una imagen de nuestro filtro sin medios filtrantes.

Para poder determinar el tiempo colocamos un papel filtro en la tapa de nuestra botella la que al momento de humedecerse nos diría cuanto es su tiempo de residencia, esto lo hicimos con los 3 medios filtrantes que seleccionamos, el tiempo sería calculado a través de un cronometro, desde que el agua ingresa al filtro hasta que humedezca o moje el papel filtrante.

El agua utilizada fue de la llave debido que aún no queremos calcular la resistencia de la torta y además no poseemos agua contaminada similar a la que podemos encontrar en la empresa.

A continuación, presentaremos nuestros resultados al calcular el tiempo de resiliencia de cada uno de nuestros medios filtrantes seleccionados:

1.- Zeolita

La zeolita es nuestro primer medio primer medio filtrante seleccionado por las razones anteriormente mencionadas tales como absorber metales pesados y algunos productos químicos, para este medio ocupamos una altura L1 de 6,5 cm aproximadamente, según lo experimentado el tiempo que nos dio para que el agua pasara por el medio fue de 3,14 segundos cronometrados. A continuación, se mostrará imágenes del medio filtrante y de este en el filtro.

Tiempo de residencia: 3,14 s

2.- Arena gruesa

Este medio filtrante posee características como filtrar partículas adicionales y mejorar la claridad del agua, para este medio utilizamos una altura L2 de 9 cm aproximadamente, según lo experimentado el tiempo que nos dio para que el agua se filtrara fue de 10,16 segundos cronometrados, a continuación, se mostraran imágenes del medio filtrante y de este en el filtro:

Tiempo de residencia: 10,16 s

Segundo experimentos y resultados obtenidos:

El lunes 17 de junio aproximadamente a las 13 hrs comenzamos con la segunda etapa de experimentos. Esto consistía en medir el tiempo de diferentes alturas de los medios filtrantes



para así calcular la diferencia de presión, estos medios filtrantes calculados fueron la zeolita y la arena gruesa.



Estos experimentos los realizamos mediante dos botellas de 3 litros a diferentes alturas, de las cuales una se utilizaba como un estanque, este cuenta con una manguera y llave de paso para regular el flujo de agua de esta. La segunda botella es en la que se realizaba las mediciones.

Para poder determinar los tiempos tuvimos que medir para ambos medios filtrantes el tiempo de filtrado del agua, pasando por diferentes alturas, estas mediciones se mostraran a continuación, tanto para arena gruesa como para zeolita.



Arena gruesa

La arena gruesa es un medio filtrante ampliamente utilizado debido a sus características únicas que lo hacen efectivo en la remoción de partículas sólidas grandes del agua. Consiste en granos de arena con tamaños que generalmente oscilan entre 0.5 y 2 milímetros de diámetro. Su estructura porosa permite que el agua pase a través de ella mientras atrapa partículas sólidas más grandes, como sedimentos, hojas y otros desechos. Este proceso se conoce como filtración mecánica, donde las partículas son capturadas en los espacios entre los granos de arena, mejorando así la calidad del agua al remover impurezas visibles a simple vista.

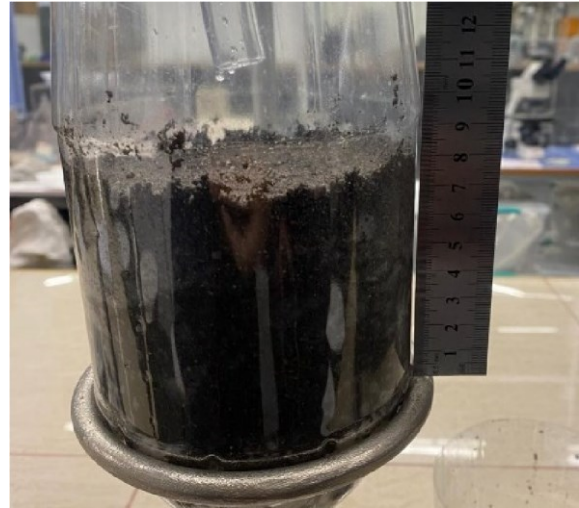
- **Economía:** La arena gruesa es una opción económica para sistemas de filtración, siendo más accesible en comparación con otros medios más especializados.
- **Disponibilidad:** Es ampliamente disponible y fácil de adquirir en grandes volúmenes, lo que facilita su uso en diversas aplicaciones de filtración.
- **Durabilidad:** Debido a su resistencia a la compresión y al desgaste, la arena gruesa es duradera y puede mantener su eficacia a largo plazo en sistemas de filtración continuos.
- **Eficiencia en la Retención:** Es efectiva para la remoción de partículas grandes y sedimentables del agua, mejorando la claridad y pureza del agua tratada.
- **Aplicaciones Versátiles:** Se utiliza en una variedad de aplicaciones, desde sistemas de filtración de piscinas y spas hasta en plantas de tratamiento de agua y sistemas de riego agrícola, demostrando su versatilidad y utilidad en diferentes contextos.



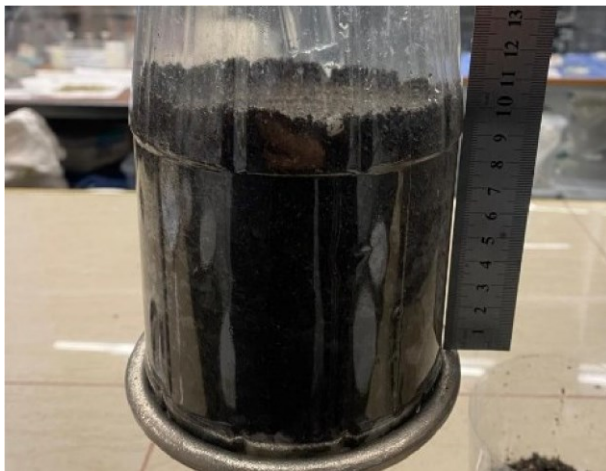
UNIVERSIDAD
SAN SEBASTIAN
VOCACIÓN POR LA EXCELENCIA



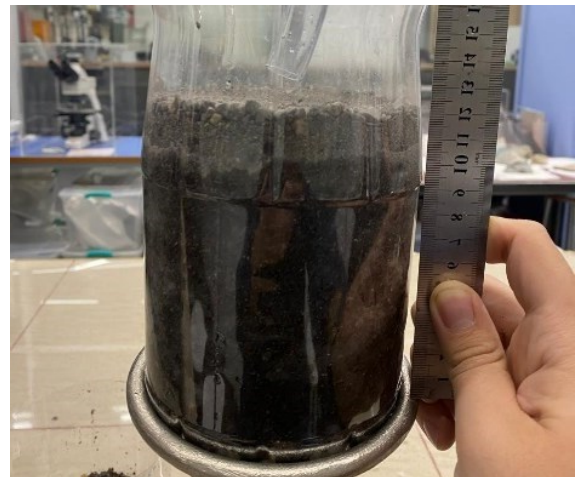
3.7



8.5



10.5

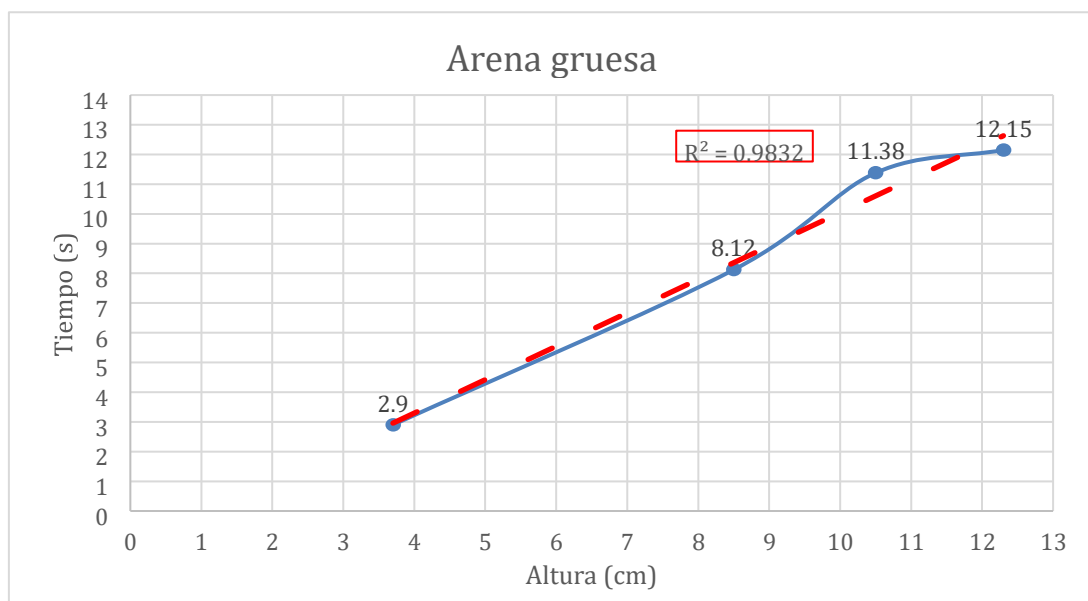


12.3



Mediciones arena gruesa

Arena Gruesa	
Alturas (cm)	Tiempo (s)
3.7	2.9
8.5	8.12
10.5	11.38
12.3	12.15



En este grafico el medio filtrante es la arena gruesa, toda la arena no varia su tamaño y este grafico si tiene sentido que aumente el tiempo a medida que aumenta la altura. En cambio, la zeolita varia demasiado.



Para obtener las pérdidas de presión utilizamos la ecuación de Bernoulli, ya que es fundamental en la dinámica de fluidos y se utiliza para relacionar la presión, la velocidad y la altura de un fluido en movimiento. Utilizamos la ecuación de Bernoulli para calcular la pérdida de presión por varias razones:

La ecuación de Bernoulli se deriva del principio de conservación de la energía y se expresa como:

$$P + \frac{1}{2}\rho v^2 + \rho gh = \text{constante}$$

- P= presión fluida.
- ρ = densidad fluida.
- v= velocidad fluida.
- g= aceleración debido a la gravedad.
- h= altura relativa en el campo gravitatorio.

Para calcular la pérdida de presión entre dos puntos en un sistema de flujo, utilizamos la ecuación de Bernoulli porque permite relacionar las variaciones en la presión, la velocidad y la altura del fluido entre esos dos puntos.

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho gh_1 = P_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho gh_2$$

Y para acomodar la ecuación para encontrar la diferencia de presión ($\Delta P = P_1 - P_2$)

$$\Delta P = P_1 - P_2 = \frac{1}{2}\rho(v_2^2 - v_1^2) + \rho g(h_2 - h_1)$$

En nuestro caso, queríamos calcular la pérdida de presión entre diferentes alturas de un fluido en movimiento, en este caso el agua. Aplicamos la ecuación de Bernoulli con las alturas y velocidades correspondientes y encontramos la diferencia de presión entre esos puntos. Esto nos permitió calcular la pérdida de presión de manera precisa y eficiente.



Esto dando como resultado de los siguientes puntos:

Densidad del fluido: $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$.

Aceleración debido a la gravedad: $9,81 \text{ m/s}^2$

Alturas (h) en metros:

	Alturas (cm)	Alturas (m)
h1	3.7	0.037
h2	8.5	0.085
h3	10.5	0.105
h4	12.3	0.123

Velocidad usando la fórmula de Torricelli (m/s).

	$v = \sqrt{2gh}$
v1	0.852
v2	1.291
v3	1.435
v4	1.553

Reemplazando esto en la formula tenemos que los puntos:

1. $\Delta P_{1-2} = 940.97 \text{ Pa}$
2. $\Delta P_{1-3} = 1334.16 \text{ Pa}$
3. $\Delta P_{1-4} = 1687.32 \text{ Pa}$
4. $\Delta P_{2-3} = 392.40 \text{ Pa}$
5. $\Delta P_{2-4} = 745.56 \text{ Pa}$
6. $\Delta P_{3-4} = 353.16 \text{ Pa}$



Zeolita

La zeolita está hecho a base de un mineral con propiedades únicas. Su estabilidad y microporocidad la hacen el medio de filtración perfecto para prácticamente cualquier aplicación en la industria de la purificación de agua y tratamiento de aguas residuales.

Está demostrado que la zeolita brinda una mejor calidad de agua, permite un mayor flujo y brinda una menor caída de presión.

Por ello es capaz de ofrecer un mejor desempeño como, medio filtrante en comparación con la arena y la antracita o la combinación entre ellas.

Los beneficios de esta son:

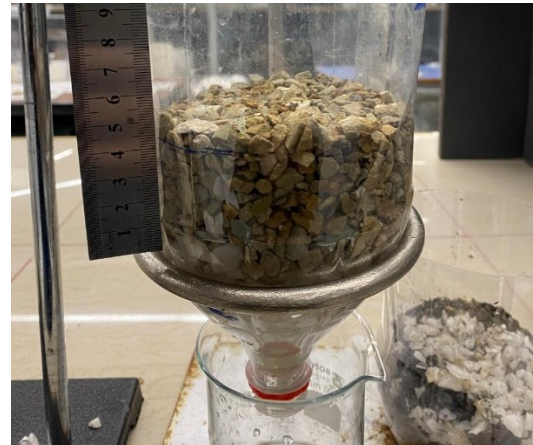
- **Estructura Microporosa:** La zeolita tiene una estructura cristalina que contiene poros de tamaño uniforme, lo que le permite adsorber selectivamente moléculas de ciertos tamaños y formas. Esto la hace muy efectiva en la filtración de contaminantes específicos.
- **Alta Capacidad de Intercambio Iónico:** Las zeolitas pueden intercambiar cationes en su estructura sin alterar su forma cristalina. Esto las hace útiles en la remoción de iones como amonio, plomo, y otros metales pesados del agua.
- **Estabilidad Química:** Las zeolitas son químicamente estables y resistentes a la descomposición en condiciones extremas de pH y temperatura. Esto las hace duraderas y efectivas en una amplia gama de aplicaciones de filtración.
- **Capacidad de Adsorción:** La capacidad de adsorción de las zeolitas es alta debido a su gran área superficial y porosidad. Pueden adsorber gases, vapores y líquidos, incluyendo contaminantes orgánicos e inorgánicos.
- **Regenerabilidad:** Las zeolitas pueden ser regeneradas mediante el uso de tratamientos térmicos o químicos, lo que les permite ser reutilizadas varias veces antes de que necesiten ser reemplazadas.



UNIVERSIDAD
SAN SEBASTIAN
VOCACIÓN POR LA EXCELENCIA



2.5



5.5



7



9



11.5

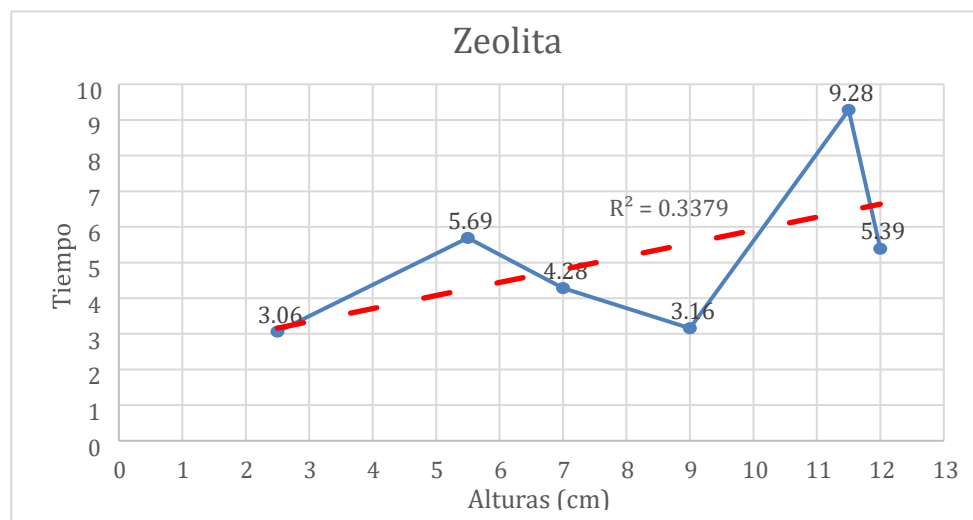


12



Mediciones zeolita

Zeolita	
Alturas (cm)	Tiempo (s)
2.5	3.06
5.5	5.69
7	4.28
9	3.16
11.5	9.28
12	5.39



Cabe recalcar que el motivo por el cual este es un grafico tan irregular se debe a que la zeolita no tenía la misma granulometría, pero haciendo varias mediciones se puede llegar a obtener una línea de tendencia.

Esto dando como resultado de los siguientes puntos:

Densidad del fluido: $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$.

Aceleración debido a la gravedad: 9.81 m/s^2



Alturas (h) en metros:

	Alturas (cm)	Alturas (m)
h1	2.5	0.025
h2	5.5	0.055
h3	7	0.07
h4	9	0.09
h5	11.5	0.115
h6	12	0.12

Velocidad usando la fórmula de Torricelli (m/s).

	$v = \sqrt{2gh}$
v1	0.700
v2	1.039
v3	1.172
v4	1.329
v5	1.502
v6	1.534

Reemplazando esto en la formula tenemos que los puntos:

1. Entre h_1 y h_2 : $\Delta P_{h_1-h_2} = 589.06 \text{ Pa}$
2. Entre h_1 y h_3 : $\Delta P_{h_1-h_3} = 883.24 \text{ Pa}$
3. Entre h_1 y h_4 : $\Delta P_{h_1-h_4} = 1275.04 \text{ Pa}$
4. Entre h_1 y h_5 : $\Delta P_{h_1-h_5} = 1765.90 \text{ Pa}$
5. Entre h_1 y h_6 : $\Delta P_{h_1-h_6} = 1863.53 \text{ Pa}$
6. Entre h_2 y h_3 : $\Delta P_{h_2-h_3} = 294.18 \text{ Pa}$
7. Entre h_2 y h_4 : $\Delta P_{h_2-h_4} = 685.98 \text{ Pa}$
8. Entre h_2 y h_5 : $\Delta P_{h_2-h_5} = 1176.84 \text{ Pa}$
9. Entre h_2 y h_6 : $\Delta P_{h_2-h_6} = 1274.47 \text{ Pa}$
10. Entre h_3 y h_4 : $\Delta P_{h_3-h_4} = 391.80 \text{ Pa}$
11. Entre h_3 y h_5 : $\Delta P_{h_3-h_5} = 882.66 \text{ Pa}$
12. Entre h_3 y h_6 : $\Delta P_{h_3-h_6} = 980.29 \text{ Pa}$
13. Entre h_4 y h_5 : $\Delta P_{h_4-h_5} = 490.86 \text{ Pa}$
14. Entre h_4 y h_6 : $\Delta P_{h_4-h_6} = 588.49 \text{ Pa}$
15. Entre h_5 y h_6 : $\Delta P_{h_5-h_6} = 97.63 \text{ Pa}$



Conclusión

La implementación de filtros de gravedad y la aplicación de modelos matemáticos adecuados son pasos fundamentales para mejorar la gestión del agua en las operaciones mineras de Auryn Mining. Al optimizar el proceso de filtración y potabilización del agua, la empresa puede maximizar la eficiencia en el uso de este recurso crucial, reducir los costos operativos y contribuir a la protección del medio ambiente.

El enfoque integrado presentado en este informe ofrece posibles soluciones y sostenibles para los desafíos de gestión del agua que enfrenta la empresa. La combinación de métodos teóricos y experimentales proporciona un marco completo para el diseño, la implementación y la evaluación de sistemas de filtración de agua eficientes y confiables. En última instancia, este enfoque tiene el potencial de mejorar significativamente la calidad del agua utilizada en las operaciones mineras de Auryn Mining, asegurando un futuro más sostenible para la empresa.

Basado en los resultados obtenidos para la arena gruesa y zeolita en cuanto a las pérdidas de presión, se observa que ambos materiales presentan diferencias significativas en sus características de flujo. La arena gruesa muestra pérdidas de presión más elevadas en comparación con la zeolita en la mayoría de los casos analizados. Esto sugiere que la arena gruesa podría ser menos eficiente en términos de resistencia al flujo, lo cual es crucial para aplicaciones donde se busca minimizar las pérdidas de energía, como en sistemas de distribución de agua o control de fluidos en procesos industriales.

Por otro lado, la zeolita exhibe pérdidas de presión menores en la mayoría de las combinaciones de alturas estudiadas, indicando una mejor capacidad para mantener un flujo más eficiente. Esto podría hacerla más adecuada en situaciones donde se requiere un flujo estable y controlado, como en filtros de agua o en procesos de adsorción química. En conclusión, la elección entre arena gruesa y zeolita dependerá de las necesidades específicas del sistema, considerando tanto la eficiencia en el flujo como las propiedades físicas y químicas requeridas para la aplicación particular.



Bibliografía

1. Manos de Tierra. (2020, 31 marzo). *Como Hacer Un Filtro De Agua Casero/purificador de agua/manos de tierra*. [Vídeo]. YouTube.
<https://www.youtube.com/watch?v=5z9BKE2zyro>
2. Elena Katherine Vigil Martinez. (2021, 9 agosto). *FILTROS DE GRAVEDAD* [Vídeo]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=MmX-UXf2dZM>
3. Kopernico. (2021, 12 diciembre). *Proceso de Filtración (clase 2 ope4)* [Vídeo]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=Tt4CeZ2P UM>
4. Salcedo Diaz, R. (2011). FLUJO EXTERNO. En *OPERACIONES DE FLUJO DE FLUIDOS*.
https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/20297/1/tema_6.pdf
5. *Caudal de un fluido viscoso - ecuación de Hagen-Poiseuille*. (s. f.).
<https://www.uv.es/uvweb/fisica/es/demonstraciones-experimentales-fisicaaula/catalogo-demos/fluidos/caudal-fluido-viscoso-ecuacion-hagenpoiseuille-1286111772406/DemoExp.html?id=1286111054116>
6. colaboradores de Wikipedia. (2021, 30 marzo). *Ecuación de Kozeny-Carman*. Wikipedia, la Enciclopedia Libre.
https://es.wikipedia.org/wiki/Ecuaci%C3%B3n_de_Kozeny-Carman
7. *Vista de Diseño y construcción de filtro multicámaras horizontal por gravedad para tratamiento de efluentes industriales*. (s. f.).
<https://revistas.utp.ac.pa/index.php/ric/article/view/1254/1417>
8. *Filtros de agua*. (s. f.).
<http://www.salonhogar.com/ciencias/naturaleza/elagua/filtrosdeagua.htm>



9. Espinosa, S. (2023, June 18). Cómo filtrar el agua en casa con un filtro por gravedad. *Ecovidiasolar*. <https://www.ecovidiasolar.es/blog/filtro-de-aguasin-electricidad-filtro-por-gravedad/>
10. *FILTRACIÓN EN GRAVA y ARENA*. (n.d.).
<https://www.oocities.org/edrochac/sanitaria/filtracion.htm>
11. *Filtros de agua*. (n.d.). <https://ekonexo.com/producto/filtros-de-agua>
12. *Zeolita para filtro de agua NextSand | Filtración en 5 micras*. (2024, April 5). Carbotecnia. <https://www.carbotecnia.info/producto/medio-zeolita-naturalfiltrante/>
13. Delia, P. F. V. (2022, October 1). *Estudio del efecto de calidad de agua en el proceso de flotación de planta concentradora El Soldado*.
<https://repositorio.usm.cl/entities/publication/65356471-3084-49aa-82cb-848e41409681>
14. Filtartec. (2023, 10 julio). *Filtración y Beneficios en la Industria Minera - Filtartec*. Filtartec. <https://filtartec.mx/blog/2023/07/10/filtracion-ybeneficios-en-la-industriaminera/#:~:text=La%20tecnolog%C3%ADa%20de%20filtraci%C3%B3n%20adecuada,regulaciones%20cada%20vez%20m%C3%A1s%20estrictas%20>
15. 1. Medina, M. F. R. (2017, June 14). *Filtración constante* [Slide show]. SlideShare.
<https://es.slideshare.net/MaraFernandaRosalesMedina/filtracionfundamentos>



UNIVERSIDAD
SAN SEBASTIAN
VOCACIÓN POR LA EXCELENCIA

16. 1. Studocu. (n.d.). *Filtracion IQ422 2020 - Capítulo XX Filtración.*

Introducción. En los procesos industriales nos - Studocu.

<https://www.studocu.com/latam/document/universidad-nacional-autonomade-honduras/operaciones-unitarias-iii/filtracion-iq422-2020/89362959>

17. González, D. (2024, 7 mayo). *Boceto filtro de gravedad.*