



**FACULTAD DE INGENIERIA**

**CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS**

---

“INFLUENCIA DE NUEVOS PROCESOS DE TRATAMIENTO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS CONTAMINADAS DEL TAJO CERRO CORONA PARA SU APROVECHAMIENTO EN EL CAMPAMENTO MINERO Y COMUNIDAD DE HUALGAYOC, CAJAMARCA 2018”

Tesis para optar el título profesional de:

**Ingeniero de Minas.**

**Autores:**

Bach. Amner Joel Tarrillo Pajares

Bach. Segundo Ismael Pajares Villanueva

**Asesor:**

Ing. José Siveroni Morales

Cajamarca – Perú

2018

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>APROBACIÓN DE LA TESIS</b>	<b>ii</b>
<b>DEDICATORIA</b>	<b>iii</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b>	<b>v</b>
<b>INDICE DE CONTENIDOS</b>	<b>vii</b>
<b>INDICE DE TABLAS</b>	<b>xi</b>
<b>INDICE DE FIGURAS</b>	<b>xii</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>xiii</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>xv</b>
<b>CAPITULO 1. INTRODUCCION.....</b>	<b>17</b>
1.1 Realidad problemática.....	17
1.2 Formulación del problema.....	19
1.3 Justificación .....	19
1.4 Limitaciones.....	20
1.5 Objetivos.....	20
1.5.1. Objetivo general.....	20
1.5.2. Objetivos específicos.....	20
<b>CAPITULO 2. MARCO TEORICO.....</b>	<b>21</b>
2.1 Antecedentes.....	21
2.2 Bases Teóricas.....	23
2.2.1 La Ultrafiltración y su aplicación en el tratamiento del agua.....	23
2.2.2 Tecnología de membranas aplicada a la potabilización de aguas.....	24
2.2.3 Clasificación de las Membranas.....	26
2.2.3.1 Clasificación por el mecanismo de separación.....	27
2.2.3.2 Clasificación en cuanto a la morfología.....	27
2.2.3.3 Clasificación en cuanto a su geometría.....	28
2.2.3.4 Clasificación en cuanto a su naturaleza química.....	29
2.2.4 Osmosis inversa.....	31
2.2.5 Osmosis inversa para la potabilización del agua por medio de membranas .....	31
2.2.6 Principio de operación de la osmosis inversa.....	31
2.2.7 Componentes de la osmosis inversa.....	32
2.2.8 Características de las membranas semipermeables en la osmosis Inversa .....	32
2.2.9 Características de la osmosis Inversa en la potabilización del agua.....	32
2.2.10 Aplicaciones de la osmosis inversa.....	32

2.2.11	El agua subterránea.....	33
2.2.12	Características físicas y químicas del agua subterránea.....	33
2.2.12.1	Características físicas.....	33
2.2.12.2	Características químicas.....	34
2.2.13	Muestreo de agua subterráneas.....	35
2.2.13.1	Análisis bacteriológico.....	36
2.2.14	Calidad del agua subterránea.....	37
2.2.14.1	Agua subterránea destinada al abastecimiento humano....	37
2.2.14.2	Agua subterránea destina al riego.....	37
2.2.14.3	Agua subterránea destina al abrevadero de ganado.....	37
2.2.14.4	Agua subterránea destinada a la Industria.....	38
2.2.15	Contaminación del agua subterránea.....	38
2.2.16	Microorganismos en el agua subterránea.....	39
2.2.16.1	Contaminación por nitratos.....	39
2.2.16.2	Contaminación por materia orgánica (coliformes fecales).....	39
2.2.17	Protección del Agua Subterránea Frente a la Contaminación.....	40
2.2.18	Aspectos y situaciones a considerar en explotaciones mineras a cielo abierto .....	40
2.2.18.1	Aguas superficiales.....	40
2.2.18.2	Aguas subterráneas.....	41
2.3	Definición de términos básicos.....	42
2.3.1	Aguas subterráneas.....	42
2.3.2	Análisis de aguas subterráneas.....	42
2.3.3	Sistema de drenaje.....	42
2.3.4	Ultrafiltración.....	42
2.3.5	Ósmosis inversa.....	43
2.3.6	Membranas de ultrafiltración.....	43
2.3.7	Membranas de ósmosis inversa.....	43
2.3.8	Backwash.....	44
2.3.9	Membrana.....	44
2.3.10	Ph.....	44
2.3.11	Pretratamiento.....	44
2.3.12	Redox.....	44
2.3.13	Dosificación.....	44
2.3.14	Permeado.....	44
<b>CAPITULO 3. HIPOTESIS.....</b>		<b>45</b>
3.1	Formulación de la hipótesis.....	45
3.2	Operacionalización de variables.....	45
<b>CAPÍTULO 4. MATERIAL Y MÉTODOS.....</b>		<b>46</b>
4.1.	Tipo de diseño de investigación.....	46

4.2.	Material.....	46
4.2.1	Unidad de estudio .....	46
4.2.2	Población.....	46
4.2.3	Muestra.....	46
4.3.	Métodos.....	46
4.3.1	Técnicas de recolección de datos y análisis de datos.....	46
4.3.2	Procedimientos.....	47
<b>CAPÍTULO 5. DESARROLLO.....</b>		<b>48</b>
5.1	Ubicación del titular minero.....	48
5.1.1	Ubicación geográfica.....	48
5.2	Vías de acceso a la zona de estudio.....	50
5.3	Monitoreo de aguas subterráneas.....	52
5.4	Toma de muestras de agua.....	53
5.5	Captación de aguas subterráneas vía pozos de contención.....	56
5.6	Bombeo de aguas subterráneas mediante bombas e hidrobombas.....	57
5.7	Drenaje de aguas subterráneas.....	58
5.8	Calidad de aguas subterráneas.....	61
5.9	Recolección de muestras de aguas subterráneas provenientes del Tajo.....	64
5.10	Análisis del agua subterránea.....	66
5.11	Determinar el caudal de aguas subterráneas.....	70
5.12	Tratamiento de aguas subterráneas.....	71
5.13	Etapas de tratamientos de aguas subterráneas.....	75
5.13.1	Sistema de ultrafiltración.....	75
5.13.2	Sistemas de osmosis inversa.....	77
5.13.3	Adición de químico anti incrustante.....	80
5.13.4	Adición de agente oxidante.....	80
5.14	Descripción del tratamiento de potabilización.....	81
5.14.1	Tratamiento de potabilización paso a paso.....	81
5.14.2	Sensores de ultrafiltración y osmosis inversa.....	82
5.14.3	Distribución del sistema.....	83
5.14.4	Procedimiento de encendido.....	84
5.14.5	Estabilización del caudal y presión.....	85
5.14.6	Programa de tiempos.....	85
5.14.7	Modo de operación del proceso de ultrafiltración y osmosis inversa....	86
5.14.8	Calidad de agua a obtener.....	87
5.15	Interpretación de datos.....	88
<b>CAPÍTULO 6. DISCUSIÓN Y RESULTADOS.....</b>		<b>90</b>
6.1	Gestión de tratamiento de aguas subterráneas contaminadas por medio membranas de ultrafiltración .....	90

6.2	Gestión de tratamiento de aguas subterráneas contaminadas por medio de membranas de osmosis inversa .....	90
6.3	Gestión de tratamiento de aguas subterráneas contaminadas y remoción de sales disueltas y metales pesado .....	91
6.4	Tratamiento de aguas subterráneas contaminadas .....	91
<b>CONCLUSIONES.....</b>		<b>92</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>		<b>93</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>		<b>94</b>
<b>ANEXOS .....</b>		<b>95</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla. 2.1	Naturaleza química de los materiales para la fabricación de membranas sus características y aplicaciones .....	30
Tabla. 5.1	Vías de acceso a la zona de estudio.....	52
Tabla. 5.2	Parámetros del tipo de agua captada en el pozo PP-18.....	53
Tabla. 5.3	Parámetros del tipo de agua captada en el pozo PP-19.....	53
Tabla. 5.4	Principales elementos contaminantes.....	54
Tabla. 5.5	Parámetros de monitoreo del sistema de ultrafiltración (UF).....	76
Tabla. 5.6	Componentes del sistema de osmosis inversa.....	78
Tabla. 5.7	Parámetros de monitoreo del sistema de osmosis inversa (RO).....	80
Tabla. 5.8	Adición de químicos en la etapa de tratamiento de aguas subterráneas.....	80
Tabla. 5.9	Sensores de ultrafiltración y osmosis inversa.....	83
Tabla. 5.10	Programación de tiempos.....	85
Tabla. 5.11	Modo de operación del sistema .....	87
Tabla. 5.12	Calidad de agua a obtener.....	88

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1.	Ilustración esquemática de varios materiales y estructuras de membranas técnicamente relevantes.....	26
Figura 2.2.	Figura de una membrana asimétrica.....	28
Figura 2.3.	Figura de una membrana mixta.....	28
Figura 2.4.	Reducción de la estabilidad de los taludes de excavación.....	41
Figura 5.1.	Geología regional cerro corona.....	49
Figura 5.2.	Geología regional cerro corona.....	49
Figura 5.3.	Toma de muestras de agua.....	55
Figura 5.4.	Toma de muestras de agua.....	55
Figura 5.5.	Pozos de contención.....	56
Figura 5.6.	Pozos de contención.....	57
Figura 5.7.	Bombeo de agua subterránea.....	58
Figura 5.8.	Drenaje de aguas subterráneas.....	59
Figura 5.9.	Drenaje de aguas subterráneas.....	60
Figura 5.10.	Drenaje de aguas subterráneas.....	60
Figura 5.11.	Poza de tratamiento de agua.....	62
Figura 5.12.	Descarga de las tuberías de conducción de las aguas de mina en la poza de acopio y sedimentación.....	63
Figura 5.13.	Tratamiento de aguas acidas con neutralización y precipitación con sulfuros.....	63
Figura 5.14.	Planta de tratamiento de aguas ácidas por Osmosis Inversa.....	64
Figura 5.15.	Caja enfriadora para muestreo de aguas.....	65
Figura 5.16.	Toma de muestras de aguas.....	66
Figura 5.17.	Conducción de aguas por tubería.....	67
Figura 5.18.	Conducción de aguas por tubería.....	67
Figura 5.19.	Conducción de aguas por tubería.....	68
Figura 5.20.	Conducción de aguas por tubería.....	68
Figura 5.21.	Conducción de aguas por tubería.....	69
Figura 5.22.	Conducción de aguas por tubería.....	69
Figura 5.23.	Conducción de aguas por tubería.....	70
Figura 5.24.	Planta de tratamiento de agua.....	72
Figura 5.25.	Planta de tratamiento de agua.....	72
Figura 5.26.	Diagrama de pasos del tratamiento de aguas subterráneas.....	74
Figura 5.27.	Captura de pantalla del sistema UF.....	76
Figura 5.28.	Captura de pantalla del sistema UF.....	77
Figura 5.29.	Sistema de RO.....	79
Figura 5.30.	Captura de pantalla del Sistema de RO.....	79
Figura 5.31.	Planta de tratamiento coymolache.....	89

## RESUMEN

El presente proyecto se lleva a Cabo en la Unidad Minera Cerro Corona - Gold Fields la Cima, ubicada en la región Cajamarca, provincia de Hualgayoc, distrito de Hualgayoc, en la comunidad campesina El Tingo, anexo predio La Jalca, caseríos Coymolache y Pilancones. entre los 3 600 y 4 000 metros de altitud, donde se encuentran las cuencas de los ríos Tingo / La Quebrada o Tingo / Maygasbamba, y Hualgayoc / Arascorgue.

El Objetivo principal del proyecto se basa en el tratamiento y aprovechamiento de las aguas subterráneas provenientes de los trabajos de perforación que se realizan en el tajo de la unidad minera Cerro Corona, y almacenada en los pozos de contención, con la finalidad de abastecer de recurso hídrico al campamento de la empresa minera Gold Fields y comunidad de Hualgayoc para uso doméstico.

Beneficiando así a los trabajadores del campamento de la empresa minera y los pobladores de la Comunidad.

El proyecto tiene el propósito de mejorar la calidad del agua que ingresará a la Planta de Tratamiento Coymolache de capacidad de 10 LPS, considerando que el agua a tratar será proveniente de los pozos PP-19 y PP-18 y obtener agua potable según ECA Cat 1: A1 DIGESA DS N° 031-2010-SA, donde la mayoría de los parámetros químicos están dentro de los ECA Cat 1: A1 DIGESA.

En el proyecto se ha planteado la sustitución del sistema tradicional de pre-tratamiento de agua por un sistema de ultrafiltración, donde el agua tratada por este método serviría de alimentación a las membranas de osmosis inversa. En primer lugar, gracias a esta sustitución se reduce el número de etapas y por tanto el volumen de la planta, pudiendo alcanzar niveles de producción incluso más elevados que los que existen actualmente con una reducción drástica del espacio destinado al pre-tratamiento.

Y en segundo lugar, y el principal objetivo del proyecto, sería una reducción en los costes de producción derivados de la disminución e incluso en algunos casos la eliminación de la dosificación química necesaria. Un ahorro energético debido a los nuevos requerimientos de presión y, como se dijo anteriormente, un aumento en la vida en las membranas de ósmosis como consecuencia de un menor tamaño de los sólidos en la corriente de entrada, lo que reduce el número de lavados. La nueva configuración, respetará las ideas de sostenibilidad y respeto con el medioambiente, pues al estar integrada en una planta de tratamiento de aguas, y siendo una modificación de la misma, lo que se pretende es reducir el uso de productos químicos por lo que se generarán cantidades menores de residuos

contaminantes y se operará con condiciones de presión y temperatura en algunos casos sensiblemente inferiores.

## ABSTRACT

This project is carried out in the Cerro Corona Mining Unit - Gold Fields la Cima, located in the Cajamarca region, Hualgayoc province, Hualgayoc district, in the El Tingo peasant community, La Jalca farm annex, Coymolache and Pilancones farmhouses. between the 3,600 and 4,000 meters of altitude, where the basins of the Tingo / La Quebrada or Tingo / Maygasbamba rivers, and Hualgayoc / Arascorgue are located.

The main objective of the project is based on the treatment and utilization of groundwater from the drilling work carried out in the pit of the Cerro Corona mining unit, and stored in the containment wells, in order to supply the resource water to the camp of the mining company Gold Fields and community of Hualgayoc for domestic use.

Thus benefiting the workers of the camp of the mining company and the inhabitants of the Community.

The project aims to improve the quality of the water that will enter the Coymolache Treatment Plant with a capacity of 10 LPS, considering that the water to be treated will come from wells PP-19 and PP-18 and obtain drinking water according to ECA Cat 1: A1 DIGESA DS N° 031-2010-SA, where most of the chemical parameters are within the ECA Cat 1: A1 DIGESA.

The project has proposed replacing the traditional water pre-treatment system with an ultrafiltration system, where the water treated by this method would feed the reverse osmosis membranes. In the first place, thanks to this substitution, the number of stages and therefore the volume of the plant is reduced, being able to reach production levels even higher than those that currently exist with a drastic reduction of the space intended for pre-treatment.

And second, and the main objective of the project, would be a reduction in costs of production derived from the decrease and even in some cases the elimination of the necessary chemical dosage. Energy savings due to the new pressure requirements and, as mentioned above, an increase in the life of the osmosis membranes as a consequence of a smaller size of the solids in the inlet stream, which reduces the number of washes. The new configuration, will respect the ideas of sustainability and respect for the environment, since being integrated into a water treatment plant, and being a modification of it, what is intended is to reduce the use of chemical products so that they will generate smaller

amounts of polluting waste and will operate under conditions of pressure and temperature in some significantly lower cases.

## **NOTA DE ACCESO**

**No se puede acceder al texto completo pues contiene datos confidenciales**

## REFERENCIAS.

- Brock. Biología de los Microorganismos. Michael T. Madigan, John M. Martinko, Jack Parker. 10ª edición. 2004. Pearson - Prentice Hall.
- Metcalf & Eddy. Ingeniería de Aguas Residuales. Tratamiento, Vertido y Reutilización. 3ª edición. 1998. McGraw - Hill.
- Metcalf & Eddy. Tratamiento y Depuración de las Aguas Residuales. 2ª edición. 1981. Editorial Labor S.A.
- W. Wesley Eckenfelder, Jr. Principles of Water Quality Management. 1980. CBI Publishing Company, Inc.
- Fariñas Iglesias, Manuel. Ósmosis Inversa. Fundamentos, tecnología y aplicaciones. McGraw Hill. España 1999.
- <http://www.aguaparaproducir.uy/images/pdf/10-manual-de-agua-subterranea-bajo.pdf>
- Aguas subterráneas: captación y aprovechamiento, j. Martínez; p. ruano
- Belino, Norberto o. aguas subterráneas. Conocimiento y explotación. Instituto de ingeniería sanitaria. Facultad de ingeniería. Universidad de buenos aires.
- Espinoza, C. (2004). Apuntes de hidráulica de aguas subterráneas y su aprovechamiento. Universidad de Chile. 18 pp.
- A. Ko and DB. Guy, Brackish and Seawater, Reverse Osmosis Technology.
- Aljama P, Amate JM Conde JL Criterios de Clasificación de las Membranas Estudio y Analisis de Membranas 1996
- Harris C. Daniel. 2001 Analisis químico cuantitativo. Ed. Reverte, S.