



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERIA

CARRERA DE INGENIERIA INDUSTRIAL

“PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL FOSFATADO DE LÁMINAS DE ZINC, PARA LA REDUCCIÓN DE LOS METALES NÍQUEL Y ZINC EN LA PLANTA DE PREPATINADO, EN LA EMPRESA INDUSTRIAS ELECTROQUÍMICAS S.A.”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Industrial

Autores:

Bach. Charle Rodriguez Gomez

Bach. Yoselin Condo Caja

Asesor:

Mg. Ing. Ulises Piscoya Silva

Lima – Perú

2017

ÍNDICE DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DEL TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL.....	ii
DEDICATORIA	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	v
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Realidad problemática.....	1
1.2. Formulación del problema.....	2
1.2.1. <i>Problema general</i>	2
1.2.2. <i>Problemas específicos</i>	2
1.2.2.1. <i>Problemas específico 01</i>	2
1.2.2.2. <i>Problemas específico 02</i>	2
1.2.2.3. <i>Problemas específico 03</i>	3
1.2.2.4. <i>Problema específico 04</i>	3
1.3. Justificación de la investigación.....	3
1.3.1. <i>Justificación teórica</i>	3
1.3.2. <i>Justificación práctica</i>	3
1.4. Objetivos.....	4
1.4.1. <i>Objetivo General</i>	4
1.4.2. <i>Objetivos específicos</i>	4
1.4.2.1. <i>Objetivo específico 01</i>	4
1.4.2.2. <i>Objetivo específico 02</i>	4
1.4.2.3. <i>Objetivo específico 03</i>	4
1.4.2.4. <i>Objetivo específico 04</i>	4
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO	5
2.1. Antecedentes.....	5
2.1.1. <i>Antecedentes Nacionales</i>	5
2.1.2. <i>Antecedentes Internacionales</i>	7
2.2. Bases Teóricas	8
2.2.1. <i>Fosfatación</i>	8
2.2.2. <i>Láminas de zinc</i>	9
2.2.3. <i>Reutilización de aguas residuales</i>	10
2.2.4. <i>Aguas residuales industriales</i>	11
2.2.5. <i>Tratamiento de agua en la industria papelera</i>	12
2.2.6. <i>Tratamiento de agua en la industria petroquímica</i>	12

	<i>Tratamiento de agua en la industria alimentaria</i>	12
2.2.8.	<i>Tipos de aguas residuales</i>	13
2.2.9.	<i>Instituciones encargadas en la gestión de las aguas residuales</i>	13
2.2.9.1.	ANA	14
2.2.9.2.	EPS.....	14
2.2.9.3.	OEFA	14
2.2.10.	<i>Marco Legal</i>	14
2.2.11.	<i>Tratamiento de Aguas Residuales</i>	16
2.2.12.	<i>Tratamiento Preliminar</i>	16
2.2.13.	<i>Tratamiento Primario</i>	17
2.2.14.	<i>Tratamiento Físico Químico</i>	17
2.2.15.	<i>Tratamiento Secundario</i>	19
2.2.16.	<i>Ensayo Test Jarras</i>	19
2.2.17.	<i>Herramientas para la Calidad</i>	20
2.2.17.1.	<i>Diagrama Causa Efecto</i>	20
2.3.	<i>Definición de términos básicos</i>	21
CAPÍTULO 3. DESARROLLO		24
3.1.	<i>Organización (Industrias Electroquímicas S.A.)</i>	24
3.1.1.	<i>La Empresa</i>	24
3.1.2.	<i>Localización</i>	24
3.1.3.	<i>Misión y Visión</i>	24
3.1.4.	<i>Organigrama</i>	25
3.1.5.	<i>Mejora Continua</i>	26
3.1.6.	<i>Estructura del Sistema Integrado de Gestión</i>	27
3.1.7.	<i>Secuencia e interacción de procesos</i>	28
3.1.8.	<i>Comprensión de la organización y de su contexto</i>	29
3.2.	<i>Generación de aguas residuales en IEQSA</i>	29
3.2.1.	<i>Proceso de tratamiento de láminas de zinc</i>	30
3.2.1.1.	<i>Diagrama de Flujo de proceso de fosfatado</i>	34
3.3.	<i>Monitoreos</i>	35
3.4.	<i>Resultados de monitoreo por parte de la empresa IEQSA</i>	39
3.5.	<i>Costo de evacuación (EPS)</i>	39
3.6.	<i>Selección del método de tratamiento de los efluentes</i>	41
3.6.1.	<i>Tratamiento primario propuesto</i>	41
3.6.2.	<i>Tratamiento físico químico propuesto</i>	41
3.6.3.	<i>Diagrama de flujo</i>	46
3.7.	<i>Test de jarras</i>	47
3.8.	<i>Presupuesto de insumos para el tratamiento de efluentes</i>	54

3.9.	Descripción de los equipos.....	55
3.9.1.	<i>Equipos del sistema de tratamiento</i>	55
3.9.2.	<i>Descripción mecánica</i>	58
3.9.3.	<i>Sistema eléctrico</i>	58
3.10.	Diagrama de Gantt.....	59
3.11.	Costos.....	60
3.11.1.	<i>Costos de equipo y servicios</i>	60
3.11.2.	<i>Costo de montaje para el sistema de tratamiento de efluentes</i>	60
3.11.3.	<i>Costo de implementación</i>	61
3.11.4.	<i>Costos del sistema de tratamiento</i>	61
3.11.4.1.	<i>Costos fijos</i>	61
3.11.4.2.	<i>Costos variables</i>	62
3.11.5.	<i>Resumen de Costos</i>	64
3.11.6.	<i>Cálculo del periodo de retorno de la inversión (PRI)</i>	65
3.11.7.	<i>Cálculo del Valor Actual neto (VAN)</i>	65
3.11.8.	<i>Cálculo de la tasa interna de retorno (TIR)</i>	66
3.12.	DAP.....	67
3.13.	Procedimiento del tratamiento propuesto.....	69
3.13.1.	<i>Etapa I: Tratamiento del agua</i>	70
3.13.2.	<i>Etapa II: Neutralización del agua</i>	71
3.13.3.	<i>Mantenimiento de filtros de 05 micras</i>	73
3.14.	Monitoreo y control después del tratamiento.....	73
CAPÍTULO 4. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN.....		77
4.1.	Resultado del Objetivo Específico 1.....	77
4.2.	Resultado del Objetivo Específico 2.....	77
4.3.	Resultado del Objetivo Específico 3.....	77
4.4.	Resultado del Objetivo Específico 4.....	80
CONCLUSIONES.....		81
RECOMENDACIONES.....		82
REFERENCIAS.....		83
ANEXOS.....		85
Anexo n.º 1. Matriz de coherencia.....		86
Anexo n.º 2. Equipo de absorción atómica.....		87
Anexo n.º 3. Lámina de zinc después del fosfatado.....		88

Anexo n.º 4. Sistema mecánico de agitación	89
Anexo n.º 5. Tanque decantador.....	90
Anexo n.º 6. Tanque decantador (Cálculo de altura).....	91
Anexo n.º 7. Partida 1. Válvula esférica de bronce.....	93
Anexo n.º 8. Partida 2. Decantadores de acero inoxidable.....	94
Anexo n.º 9. Ficha de cotización de tanque aéreo vertical	95
Anexo n.º 10 Partida 3. Agitadores de acero inoxidable.....	96
Anexo n.º 11. Ficha de cotización de fabricación de agitadores	97
Anexo n.º 12. Partida 4. Productos para filtración.....	98
Anexo n.º 13. Cotización electrónica de Environmental	99
Anexo n.º 14. Partida 5. Bombas para succión de efluentes	100
Anexo n.º 15. Bomba de diafragma de evacuación.....	101
Anexo n.º 16. Bomba de diafragma de dosificación.....	102
Anexo n.º 17. Partida 6. Motor de 1 HP para agitador.....	103
Anexo n.º 18. Partida 7. Sistemas para tratamiento de lodos.....	104
Anexo n.º 19. Secador para tratamiento de lodo.....	105
Anexo n.º 20. Partida 8. Tablero de control	106
Anexo n.º 21. Partida 9. Manómetros de presión.....	107
Anexo n.º 22. Medidor multiparámetro portátil	108
Anexo n.º 23. Tubería acero inoxidable.....	109
Anexo n.º 24. Partida 11. Imprevistos 5%.....	110
Anexo n.º 25. Ficha técnica de la soda cáustica.....	111
Anexo n.º 26. Hoja de seguridad del ácido nítrico.....	112
Anexo n.º 27. Hoja de seguridad del hidróxido de sodio	113
Anexo n.º 28. Propiedades del hipoclorito de sodio	114
Anexo n.º 29. Ficha técnica del hipoclorito de sodio.....	115
Anexo n.º 30. Ficha técnica del óxido de calcio.....	117
Anexo n.º 31. Localización de PTAR propuesto.....	119
Anexo n.º 33. <i>Decreto Supremo n°021-2009-Vivienda</i>	120

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla n.º 2.1: Tipos de agua residual.....	13
Tabla n.º 2.2: D.S. N° 021-2009-Vivienda (parámetros físicos-biológicos)	15
Tabla n.º 2.3 D.S. N° 021-2009-Vivienda (elementos ycompuestos químicos).....	15
Tabla n.º 3.1: Cuadro de preparación de baños prepatinado conácido cítrico	30
Tabla n.º 3.2: Preparación de baños prepatinado con nitrato de níquel	31
Tabla n.º 3.3: Resultados químicos emitidos de losefluentes	35
Tabla n.º 3.4: Resultados biológicos y físic	35
Tabla n.º 3.5: Cuadro de generación de zinc y níquel.....	37
Tabla n.º 3.6: Costo total para evacuación por una EPS.....	40
Tabla n.º 3.7: Costo total para evacuación en un año por una EPS.....	40
Tabla n.º 3.8: Equipos de implementación de sistema.....	44
Tabla n.º 3.9: Determinando dosis óptima en la muestra pH 8.60	48
Tabla n.º 3.10: Determinando dosis óptima en la muestra pH 8.90.....	48
Tabla n.º 3.11: Determinando dosis óptima pH 10.76.....	49
Tabla n.º 3.12: Determinando dosis óptima pH 11.20	49
Tabla n.º 3.13: Determinando dosis óptima pH 11.25	50
Tabla n.º 3.14 Determinando dosis óptima pH 11.30.....	51
Tabla n.º 3.15: Determinando dosis óptima pH 11.36.....	51
Tabla n.º 3.16: Determinando dosis óptima pH 11.42.....	51
Tabla n.º 3.17: Resumen de las pruebas n.º 1 y n.º 2	53
Tabla n.º 3.18: Costo total de los productos químicos	54
Tabla n.º 3.19: Costo de insumos para tratamiento en un turno.....	54
Tabla n.º 3.20: Descripción de los materiales.....	58
Tabla n.º 3.21: Sistema eléctrico.....	58
Tabla n.º 3.22: Costo de implementación de tratamiento de efluentes	60
Tabla n.º 3.23: Costo de montaje para el sistema.....	60
Tabla n.º 3.24: Costo total de implementación del sistema... ..	61
Tabla n.º 3.25: Resumen de costos fijos y variables.....	64
Tabla n.º 3.26: Monitoreo de Ni y Zn después del tratamiento... ..	74
Tabla n.º 3.27: Comparación de Ni y Zn antes y después del tratamiento	80

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura n.º 2.1: Fabricación de láminas de zinc mediante colada continua	9
Figura n.º 2.2: Diagrama de flujo para un proceso de tratamiento de dos etapas	10
Figura n.º 2.3: Esquema de una rejilla en un tratamiento preliminar	17
Figura n.º 2.4: Imagen del Test de jarras para cribar el tipo de coagulante.....	19
Figura n.º 2.5: Esquema del test de jarras	20
Figura n.º 2.6: Esquema del diagrama de Ishikawa	21
Figura n.º 3.1: Organigrama de la Empresa Industrias Electroquímica S.A	25
Figura n.º 3.2: Sistema Integrado de Gestión	26
Figura n.º 3.3: Estructura del sistema Integrado de estación	27
Figura n.º 3.4: Diagrama de interacción de procesos.....	28
Figura n.º 3.5: Factores internos y externos	29
Figura n.º 3.6 Enjuage de lámina de zinc en etapa n.º 2.....	30
Figura n.º 3.7: Imagen de la Planta de Prepatinado.....	32
Figura n.º 3.8: Enjuage de lámina de zinc en etapa n.º 5.....	32
Figura n.º 3.9: Diagrama de Ishikawa.....	33
Figura n.º 3.10: Diagrama de flujo de proceso	34
Figura n.º 3.11: Gráfico de concentración de zinc en el efluente.....	38
Figura n.º 3.12: Gráfico de concentración de níquel en el efluente.....	38
Figura n.º 3.13: Gráfico de pH en el efluente el equipo pH metro... ..	39
Figura n.º 3.14: Grafico de tanque regulador e insumos	42
Figura n.º 3.15: Sistema de tratamiento de agua propuesto... ..	43
Figura n.º 3.16: Imagen del sistema propuesto en acero inoxidable... ..	45
Figura n.º 3.17: Diagrama de flujo del sistema de tratamiento... ..	46
Figura n.º 3.18: Test de jarras con coagulante NaOH y CaO en prueba n.º 1.....	48
Figura n.º 3.19: Test de jarras con coagulante NaOH y CaO en prueba n.º 2.....	50
Figura n.º 3.20: Lodo formado en el test de jarras.....	52
Figura n.º 3.21: Diagrama de Gantt de actividades.....	59
Figura n.º 3.22: Porcentaje de participación de costos.....	64
Figura n.º 3.23: Diagrama de análisis de proceso.....	68
Figura n.º 3.24: Gráfico de concentración de zinc.....	75
Figura n.º 3.25: Gráfico de concentración de níquel	75
Figura n.º 3.26: Gráfico de medición de pH después del tratamiento.....	76
Figura n.º 3.27: Gráfico de análisis de costo e inversión.....	78
Figura n.º 3.28: Gráfico de ahorro por mes respecto a una EPS.....	79

RESUMEN

El siguiente trabajo de investigación consiste en la implementación de un sistema de tratamiento de aguas residuales del fosfatado de láminas de zinc, para la reducción de metales níquel y zinc en la planta de prepatinado, en la empresa Industrias Electroquímicas S.A.

Como parte de la mejora continua en la organización, se implementará el sistema de tratamiento dentro de las instalaciones de la organización con el fin de reducir los metales níquel y zinc que actualmente exceden los valores máximos admisibles establecidos por la Ley N° 29338, Ley de Recursos Hídricos.

Para nuestro tratamiento utilizaremos insumos como: hidróxido de sodio, como coagulante; óxido de calcio, como floculante; ácido nítrico, para la neutralización de pH; y para evitar la proliferación de bacterias utilizaremos dosis de hipoclorito de sodio (lejía).

Actualmente la empresa industrial utiliza estos insumos en su proceso de refinación de plomo crudo, lo cual nos facilitará la adquisición de estos reactivos controlados.

Las pruebas para definir el proceso de tratamiento, de reducir la concentración de metales, se realizó en el laboratorio de la empresa Industrias Electroquímicas S.A. utilizando la herramienta de test de jarras, el cual nos ha permitido obtener la dosificación adecuada para el empleo de los insumos mencionados.

En primer lugar, determinaremos cuáles son las causas que originan las altas concentraciones de níquel y zinc en el efluente utilizando el diagrama de Ishikawa. Luego de poner en práctica el método seleccionado de precipitación, se realizará el monitoreo de los metales pesados en el efluente, obteniéndose concentraciones de níquel y zinc dentro de los valores máximos admisibles de acuerdo al D.S. 0021-2009-Vivienda (Ver anexo n°33).

Finalmente, observamos que debido a la implementación de este sistema propuesto en la organización; el impacto económico evaluado es positivo, ya que el periodo de recuperación de la inversión es de 8,3 meses y la empresa estaría percibiendo un ahorro de S/. 160 051,9 a partir del segundo año. Estos resultados se evaluaron respecto a los costos, que le están originando actualmente a la organización, de tercerizar sus efluentes a una empresa prestadora de servicios.

Palabras Clave: sistema de tratamiento, aguas residuales, prepatinado, valores máximos admisibles, níquel, zinc, reactivos, industrial, insumos.

ABSTRACT

The following research work consists of the implementation of a wastewater treatment system for zinc sheet phosphating, for the reduction of nickel and zinc metals in the prepatinated plant, in the company Electrochemical Industries S.A.

As part of the continuous improvement in the organization, the treatment system will be implemented within the facilities of the organization in order to reduce the nickel and zinc metals that currently exceed the maximum admissible values established by Peruvian Law N ° 29338, Water Resources Law.

For our treatment we will use supplies such as: sodium hydroxide, as coagulant; calcium oxide, as a flocculant; nitric acid, for the neutralization of pH; and to avoid the proliferation of bacteria we will use doses of sodium hypochlorite (bleach).

Currently, the industrial company uses these inputs in its crude lead refining process, which will facilitate the acquisition of these controlled reagents.

The tests to define the treatment process, to reduce the concentration of metals, was carried out in the laboratory of the company Industrias Electroquímicas S.A. using the jars test tool, which has allowed us to obtain the appropriate dosage for the use of the aforementioned inputs.

First, we will determine what causes the high concentrations of nickel and zinc in the effluent using the Ishikawa diagram. After putting the selected method of precipitation into practice, the heavy metals will be monitored in the effluent, obtaining nickel and zinc concentrations within the maximum admissible values according to the D.S. 0021-2009-Vivienda (See annex 32).

Finally, we observe that due to the implementation of this proposed system in the organization; the economic impact evaluated is positive, since the period of recovery of the investment is 8.3 months and the company would be receiving savings of S/.160 739.4 from the Second year. These results were evaluated with respect to the costs, which are currently originating in the organization, of outsourcing its effluents to a service provider company.

Keywords: treatment system, wastewater, prepatinated, maximum admissible values, nickel, zinc, reagents, industrial, inputs.

NOTA DE ACCESO

No se puede acceder al texto completo pues contiene datos confidenciales

REFERENCIAS

Aguado, J. (2012). *“Coordinador de la real madrileña de tratamiento de aguas residuales con contaminantes biodegradables”*. España Madrid: Editorial Dykinson, S.L. Meléndez Valdés-Madrid.

Andrade, S. (2015). *“Costos y presupuestos”*. (4ª ed.). Lima: Editorial y librería Andrade S.A.C
Angenault, J. (1995). *“Diccionario enciclopédico de química”*. (2ª ed.). México: Compañía editorial continental, S.A.

Bermeo, D. & Salazar, F. (2013) Optimización de la Planta de tratamiento de aguas residuales industriales de una empresa textil (tesis de titulación). Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil, Ecuador.

Bonilla, E., Berta, D., Kleeberg, F. y Noriega, M. (2010). *Mejora continua de los procesos: Herramientas y técnicas*. (1ª ed.). Lima: Fondo Editorial.

Christen, H. (1977). *“Fundamentos de la química general e inorgánica”*. Barcelona España: Editorial Reverté.

D’Alessandri, M. (2012). Caracterización y tratamiento de agua residual proveniente de las plantas de producción (Informe de pasantía requisito parcial para optar al título de Ingeniero Químico). Universidad Simón Bolívar. Sartenejas. Venezuela.

García, A. (2002). *“Calidad y tratamiento de aguas”* España: Editorial Edigrafos S.A.

Maskew, F., Gordon, Geyer, Charles, J., Okun y Alexander, D. (2008). *“Purificación de aguas residuales y tratamiento y remoción de aguas residuales”*. México: Editorial Limusa.

Mihelcic, J., Zimmerman, J. (2012). *“Ingeniería ambiental: fundamentos, sustentabilidad, diseño”*. (1ª ed.). México: Alfa Omega Grupo Editor.

Minag. *Autoridad Nacional del Agua*. Recuperado el 13 de Noviembre de 2017, de <http://www.ana.gob.pe/>

Minam. *Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental*. Recuperado el 13 de Noviembre de 2017, de <http://www.oefa.gob.pe/>

Normas Legales. Decreto Supremo N° 021-2009 Vivienda. Recuperado el 13 de Noviembre de 2017, de <http://www3.vivienda.gob.pe/>

Negrón, M., (2009). *“Generalidades de microbiología”*. Argentina: Editorial médica panamericana.

Otass. Entidad Prestadora de Servicio. Recuperado el 13 de Noviembre de 2017, de <http://www.otass.gob.pe/>

Pavón, T., Campos, E. & Olgúin, M (2000). Remoción de níquel, cadmio y zinc del agua, utilizando clinoptilolita heulandita. En Revista Ciencia Ergo Sum, 7 (3) 2000-redalyc.org. Recuperado de <http://www.redalyc.org/html/104/10401906/>

Rigola, L. (1990). *"tratamiento de aguas industriales: Aguas de proceso y residuales"*. Barcelona: Editorial Marcombo.

Sánchez, P (2009) *"Evaluación técnica y económica de una planta piloto de efluentes industriales"*. (Tesis de ingeniería). UNI, Lima, Perú.

Salas, G. (2003). *"Tratamiento físico – químico de aguas residuales de la industria textil"*. Revista peruana de química (2003). Vol. 5 n.º 2

Sperling, M. (2012). *"Introducción a la calidad del agua y tratamiento de aguas residuales"*. (1ª ed.). Colombia: Editorial universitaria, universidad de Nariño.

Saldaña, J. (2016). *"Implementación de un sistema de tratamiento de aguas del lavado ácido del carbón activado, para la reducción del gas cianhídrico en la planta de proceso quinua"* Minera Yanacocha S.R.L. (Tesis de Ingeniería). UPN, Cajamarca, Perú.

Tarí, J. "Publicaciones Universidad de alicante." Edición electrónica Espagrafic. Fotocomposición e impresión: Compobell, S.L.-Murcia.

Vásquez, T., Aguinaza, E., Zegarra, A., y Timaná, T., (28 de noviembre del 2013). *Informe final. "Propuesta de mejora de tratamiento de aguas residuales de una empresa pesquera"*. Piura, Perú. Disponible en:

https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1712/PYT__Informe_Final___PMTAR.pdf?sequence=1 [Consultado el 27-10-2017]

Valencia, E. (2014). *"Diseño de un sistema de tratamiento para las aguas residuales de la cabecera parroquial de San Luis-Provincia de Chimborazo"*, (Tesis de Ingeniería). Ecuador.