



# **FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA  
INDUSTRIAL**

**“OXIDACIÓN DE EFLUENTES CIANURADOS DE LOS BAÑOS  
GALVÁNICOS EN LA EMPRESA YOBEL SCM, LOS OLIVOS 2014”**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO INDUSTRIAL**

**AUTOR:**

**CASTILLO VALERIANO, YSABEL MÓNICA**

**ASESOR:**

**Mag. AÑAZCO ESCOBAR, DIXON GROKY**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

**GESTIÓN EMPRESARIAL Y PRODUCTIVIDAD**

**LIMA - PERÚ**

**2014**

**PÁGINA DEL JURADO**

---

***Mg. AÑAZCO ESCOBAR, DIXON GROKY***  
***PRESIDENTE***

---

***Mg. DAVEY TALLEDO, LESLIE***  
***SECRETARIO***

---

***Mg. GUZMAN RODRIGUEZ, AMANCIO***  
***VOCAL***

### **DEDICATORIA:**

A Dios, por mostrarme día a día con humildad, paciencia y sabiduría que todo es posible.

A mis padres por su amor, apoyo, comprensión incondicional en todo momento, por los valores que me han inculcado y acompañado durante todo mi trayecto estudiantil y de vida; a mis hermanos quienes forman parte importante de mi vida, gracias por la confianza y amistad que siempre nos hemos tenido.

#### AGRADECIMIENTO:

Agradezco a Dios, por haberme acompañado y guiado a lo largo de todo este tiempo de mi carrera, por ser mi fuerza y valor para culminar esta etapa de mi vida.

Le doy gracias a mis padres por la confianza y el apoyo brindado por parte de mi mamá Isabel y mi papá Alejandro, así mismo a mis hermanos; Percy y Verónica, *que sin duda alguna en el trayecto de mi vida me han demostrado su afecto, amistad sincera, corrigiendo mis faltas y celebrando mis triunfos.*

Agradecer de manera especial a mi asesor de tesis Mg. Ing. Dixon Añazco Escobar, quien con sus conocimientos, tiempo, dedicación y apoyo supo guiar el desarrollo de la presente tesis desde el inicio hasta su culminación.

## **DECLARACION DE AUTENTICIDAD**

Yo **Castillo Valeriano, Ysabel Mónica** con DNI N° **43093013**, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Industrial, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Lima, Noviembre del 2014.

**Ysabel Mónica Castillo Valeriano**

---

**Nombres y Apellidos del Tesista**

## PRESENTACIÓN

Señores miembros del Jurado:

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo presento ante ustedes la Tesis titulada “Oxidación de efluentes cianurados de los baños galvánicos en la empresa Yobel SCM, Los Olivos 2014”, la misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con *los requisitos de aprobación para obtener el título Profesional de Ingeniero Industrial.*

**El Autor**

## ÍNDICE GENERAL

	Pág.
CARATULA .....	i
PÁGINA DE JURADO .....	ii
DEDICATORIA .....	iii
AGRADECIMIENTO .....	iv
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD .....	v
PRESENTACIÓN .....	vi
ÍNDICE GENERAL .....	vii
ÍNDICE DE TABLAS .....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS .....	xiii
RESUMEN .....	xv
ABSTRACT .....	xvi
I. INTRODUCCIÓN .....	2
1.1. Antecedentes .....	4
1.1.1 Antecedentes internacionales.....	4
1.1.2 Antecedentes nacionales.....	8
1.2. Realidad Problemática .....	11
1.3. Formulación del Problema .....	12
1.3.1. Problema General .....	12
1.3.2. Problema Específico .....	12
1.4. Objetivos.....	13
1.4.1. Objetivo Principal .....	13
1.4.2. Objetivo Específicos .....	13

1.5. Hipótesis .....	13
1.5.1. Hipótesis General .....	13
1.5.2. Hipótesis Específicos .....	13
1.6. Justificación .....	14
1.6.1. Justificación Ambiental .....	14
1.6.2. Justificación Económica .....	14
1.6.3. Justificación Organizacional .....	15
1.7. Marco Teórico .....	15
1.7.1. El Agua .....	16
1.7.2. Contaminación del Agua por Actividad Industrial .....	17
1.7.3. Industria de Galvanoplastia .....	17
1.7.3.1. Desengrase / Enjuague .....	18
1.7.3.2. Decapado Ácido / Enjuague .....	18
1.7.3.3. Baño de Recubrimiento Metálico. ....	19
1.7.3.4. Enjuague Estanco.....	19
1.7.3.5. Enjuague.....	19
1.7.3.6. Secado. ....	19
1.7.4. El Cianuro .....	22
1.7.4.1. Aspectos Generales sobre la Química del Cianuro .....	23
1.7.4.2. Los Diferentes Compuestos de Cianuro .....	23
1.7.4.3. Estructura y Características Físico – Químicas .....	23
1.7.4.4. Tecnología para el Tratamiento del Cianuro.....	26
1.7.5. Peróxido de Hidrógeno .....	27
1.7.5.1. Características Físicas y Químicas .....	28
1.7.5.2. Visión General de Tratamiento de Aguas .....	29



1.7.5.3. Peróxido de Hidrógeno como Tratamiento .....	30
1.7.5.4. Beneficios Medioambientales.....	30
1.7.5.5. Marco Legal .....	31
1.8. Marco Conceptual .....	33
<b>II. MARCO METODOLÓGICO .....</b>	<b>37</b>
2.1. Identificación de Variables.....	37
2.2. Operacionalización de variables .....	38
2.3. Metodología de Investigación .....	39
2.4. Tipo de Estudio .....	40
2.5. Diseño de Investigación .....	40
2.6. Desarrollo de la Metodología .....	41
2.7. Población Muestra y Muestreo .....	53
2.7.1. Técnicas .....	56
2.7.2. Instrumentos .....	57
2.8. Validación y Confiabilidad del Instrumento .....	58
2.9. Métodos de Análisis de Datos .....	56
2.9.1. Definición de variables.....	58
2.9.2. Pruebas de Hipótesis .....	59
2.9.3. Nivel de Significancia .....	60
2.10. Aspectos Éticos .....	62
<b>III. RESULTADOS .....</b>	<b>63</b>
3.1. Resultados Descriptivos PRE-PRUEBA y POS-PRUEBA .....	64
3.2. Prueba de Normalidad .....	67
3.3. Prueba de Hipótesis .....	69
<b>IV. DISCUSIÓN .....</b>	<b>75</b>

V. CONCLUSIONES .....	76
VI. RECOMENDACIONES .....	77
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	78
ANEXOS .....	79

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla N°1: Propiedades físicas del agua .....	16
Tabla N°2: Características de los baños electrolíticos .....	22
Tabla N°3: Compuestos y formula de cianuro .....	25
Tabla N°4: Características de cianuro de sodio y potasio .....	26
Tabla N°5: Comparación de métodos de oxidación de cianuro .....	26
Tabla N°6: Características del Peróxido .....	28
Tabla N°7: Concentración de Peróxido de Hidrogeno .....	28
Tabla N°8: Valores Máximos Admisibles .....	31
Tabla N°9: Operalización de Variables .....	38
Tabla N°10: Condiciones de muestreo de efluente .....	41
Tabla N°11: Parámetros de medición Laboratorio LABICERT .....	42
Tabla N°12: Concentraciones iniciales del Sistema de tratamiento .....	43
Tabla N°13: Determinación de Dosificación de Coagulante .....	46
Tabla N°14: Tabla de Población .....	54
Tabla N°15: Registro de datos con concentraciones iniciales de cianuro en el efluente.....	64
Tabla N°16: Análisis Descriptivos después de tratamiento .....	65
Tabla N°17: Estadísticos de muestras relacionadas para hipótesis estadística 1 .....	66
Tabla N°18: Concentración de cianuro en los efluentes – Pre-Test .....	68
Tabla N°19: Concentración de cianuro en los efluentes – Post-Test.....	68
Tabla N°20: Estadísticos de grupos .....	69
Tabla N°21: Prueba de muestras independientes .....	69
Tabla N°22: Estadísticos de grupo .....	71
Tabla N°23: Estadísticos de grupos .....	72

Tabla N°24: Estadísticos de grupo .....	73
Tabla N°25: Estadísticos descriptivos .....	74

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura N°1: SIPOC de procesos Baños Galvánicos .....	15
Figura N°2: Baño alcalino de la Empresa Yobel SCM S.A .....	16
Figura N°3: Diagrama de flujo de proceso de recubrimiento metálico.....	20
Figura N°4: Lay Out -Área Galvánica.....	21
Figura N°5: Concentraciones en equilibrio a 20°C de CN- y de HCN en función del PH .....	24
Figura N°6: Flujo de metodología de investigación .....	39
Figura N°7: Equipo de Medición de pH .....	42
Figura N°8: Bidón de Peróxido de Hidrógeno .....	45
Figura N°9: Grafica de Dosificación Óptima de Coagulante .....	46
Figura N°10: Muestra de diferentes dosificaciones de coagulante .....	47
Figura N°11: Turbidímetro Portátil 2100QIS   HACH .....	47
Figura N°12: Efluente acido pH inicial .....	48
Figura N°13: Subir pH a (11), antes de la oxidación con KOH .....	48
Figura N°14: Oxidación con Peróxido de Hidrogeno .....	48
Figura N°15: Agitación a 200 rpm (5 min) y controlar tiempo de retención con Peróxido de Hidrogeno .....	49
Figura N°16: Control de PH .....	50
Figura N°17: Coagulación: Adicionar Poli cloruro de Aluminio agitar lento por 10 segundos .....	50
Figura N°18: Precipitación .....	50
Figura N°19: Sedimentación .....	51
Figura N°20: Pesado de Lodo .....	51

Figura N°21: Diagrama de Precipitación (Remoción de Metales).....	52
Figura N°22: Muestras para análisis de laboratorio externo .....	53
Figura N°23: Foto de Tanque Almacenado .....	54
Figura N°24: Análisis Volumétrico .....	57
Figura N°25: Distribución T-Student .....	61
Figura N°26: Histograma con concentraciones iniciales de cianuro .....	67
Figura N°27: comparaciones de concentración de cianuro con diagrama de cajas.....	70
Figura N°28: Análisis comparativo de análisis de cianuro Pre y Post-test. ....	70
Figura N°29: Reducción de cianuro concentración en 2 tiempos (Horas) .....	72

## ANEXOS

Anexo N° 1: Esquema de la Toma de Muestra para el Análisis Físico / Químico .....	80
Anexo N° 2: Diagrama de flujo de la planta de tratamiento .....	81
Anexo N° 3: Planta de Tratamiento de Agua Residual Industria .....	82
Anexo N° 4: Matriz de Consistencia .....	83
Anexo N° 5: Ubicación de la Empresa YOBEL SCM S.A.....	84
Anexo N° 6: Análisis de Cianuro Pre-Test y Post-Test Laboratorio Externo.....	85
Anexo N° 7: Juicio de expertos.....	103
Anexo N° 8: Análisis de Cianuro Laboratorio Yobel SCM S.A. ....	104
Anexo N° 9: Ficha Técnica de Reactivo Químicos .....	105
Anexo N° 10: Ficha Técnica de Reactivo Químicos .....	106
Anexo N° 11: MSDS (Hojas de Seguridad) .....	107

## RESUMEN

La presente investigación titula oxidación de efluentes cianuradas de los baños galvánicos de la empresa Yobel SCM S.A., Los Olivos – Período 2014. Dicha empresa se desenvuelve en el rubro Servicio de fabricación de Joyería en Fantasía Fina y Plata Sterling, para mercado nacional e internacional.

El objetivo principal de la investigación es reducir de manera eficiente y económica el porcentaje de concentración de cianuro de los efluentes generados en los baños galvánicos de la empresa Yobel SCM S.A. con la finalidad de tratar sus aguas residuales no domésticas, para ello es necesario reducir los efectos nocivos de los residuos y obtener como resultado un efluente, reusable, o que pueda ser descargado de manera segura en el medio ambiente.

El tipo de investigación es aplicada - experimental, con un diseño de estudio pre - experimental, para realizar una comparación con un grupo de estudio el cual se consideró una muestra de 137 L de los efluentes sin la oxidación con peróxido de hidrógeno (Pre-test) y la otra muestra con la aplicación de peróxido de hidrógeno (Post-test). Procediendo así a la caracterización respectiva de los contaminantes metálicos, producto de los ensayos se obtuvo que en los efluentes había presencia de  $CN = > 25 \text{ mg/L}$ , por ello con el fin de cumplir las normativas referente a los vertidos se procedió a realizar un sistema de tratamiento de oxidación en el que mediante la adición de un reactivo ácido débil ( $H_2O_2$ ) al 50%, se consiguió la remoción del cianuro y metales pesados; este consistió en dosificar peróxido de hidrógeno controlando el pH y evitar así la generación del ácido cianhídrico en primera etapa, en la segunda etapa se procedió con la coagulación con Poli-cloruro de aluminio ( $Al_2(OH)_mCl_{3-m}$ )n alcanzando un pH 8 como parte del proceso intermedio y en una segunda etapa se vertió el floculante poliacrilamida de carga aniónica, obteniendo notable aumento de la velocidad de sedimentación. Este sistema de tratamiento por precipitación permitió alcanzar un alto porcentaje de eficiencia en las remociones de los contaminantes de los efluentes, componiéndose de un 99.15% de CN, sin embargo este último alcanzó conseguir una remoción completa, de acuerdo a los Valores Máximos Admisibles que indica el Decreto Supremo N°21 – 2009.

El proceso de tratamiento de efluentes con contenido de cianuro y otros metales pudo ser optimizado gracias a los materiales y reactivos químicos existentes para controlar los diferentes parámetros como tiempo, temperatura, pH, concentraciones.

**Palabras claves:** Cianuro, Peróxido de hidrógeno, Oxidación, recubrimientos electrolíticos.

## ABSTRACT

This research titled oxidation of cyanide effluents from electroplating baths Yobel SCM Company SA, Los Olivos - Period 2014. This company operates in the field of manufacturing service in Fancy Fine Jewelry and Silver Sterling, for domestic and international markets.

The main objective of the research is to reduce efficiently and economically percentage concentration of cyanide effluents generated in the plating baths Yobel SCM Company SA in order to treat their domestic waste waters, it is necessary to reduce the harmful effects of waste and get results in an effluent, reusable, or can be discharged safely to the environment.

*The research is applied - experimental design with a pre - experimental study, for comparison with a study group in which a sample of 137 L of effluent without oxidation with hydrogen peroxide (considered Pre-test ) and the other sample by applying hydrogen peroxide (Post-test). And proceeding to the respective characterization of metal contaminants, product trials was obtained in the effluent was present CN => 25 mg / L, therefore in order to comply with regulations concerning the discharge was carried out a oxidation treatment system in which by adding a weak acid reagent (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) at 50% removal of cyanide and heavy metals was achieved; This was to dispense hydrogen peroxide monitoring the pH and thus avoid the generation of hydrogen cyanide in the first stage, the second stage proceeded with clotting poly-aluminum chloride (Al<sub>2</sub> (OH) mCl<sub>3</sub>-m) n reaching a pH 8 as part of the intermediate and in a second process stage the anionic polyacrylamide flocculant was poured load, obtaining remarkable increase in sedimentation velocity. This treatment system by precipitation allowed to reach a high percentage of efficiency in the removal of contaminants from wastewater, being composed of a 99.15% CN, however the latter reached achieve complete removal, according to the Maximum Allowable Values indicating Supreme Decree No. 21-2009.*

The treatment process effluent containing cyanide and other metals could be optimized by existing materials and chemical reagents to control different parameters such as time, temperature, pH, concentrations.

**Keywords:** Cyanide, Hydrogen Peroxide, oxidation, electroplating.