

## **FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Industrial

Trabajo de Suficiencia Profesional

### **Proceso de recepción, almacenamiento, espesado y filtración de concentrado de cobre**

Freddy Alfredo Herrera Lopez

Para optar el Título Profesional de  
Ingeniero Industrial

Lima, 2025

**INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE  
INVESTIGACIÓN**

**A** : Decano de la Facultad de Ingeniería  
**DE** : Jorge Luis Olivas Vía  
Asesor de trabajo de investigación  
**ASUNTO** : Remito resultado de evaluación de originalidad de trabajo de investigación  
**FECHA** : 22 de Marzo de 2025

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para informar que, en mi condición de asesor del trabajo de investigación:

**Título:**

Proceso de Recepción, almacenamiento, espesado y filtración de concentrado de cobre.

**Autor:**

Freddy Alfredo Herrera Lopez – EAP. Ingeniería Industrial

Se procedió con la carga del documento a la plataforma "Turnitin" y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 12 % de similitud sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

- Filtro de exclusión de bibliografía SI  NO
- Filtro de exclusión de grupos de palabras menores  
Nº de palabras excluidas (**en caso de elegir "SI"**): SI  NO
- Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante SI  NO

En consecuencia, se determina que el trabajo de investigación constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad Continental.

Recae toda responsabilidad del contenido del trabajo de investigación sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos conducentes a Grados y Títulos – RENATI y en la normativa de la Universidad Continental.

Atentamente,

\_\_\_\_\_  
Asesor de trabajo de investigación

## ÍNDICE

RESUMEN .....	xi
ABSTRACT .....	xii
INTRODUCCIÓN .....	13
CAPÍTULO I: ASPECTOS GENERALES DE LA EMPRESA .....	15
1.1 Datos Generales .....	15
1.2 Organigrama .....	15
1.3 Bases Legales y Documentos Administrativos .....	15
1.4 Descripción del Cargo y Responsabilidades .....	16
CAPÍTULO II: ASPECTOS GENERALES DE LAS ACTIVIDADES PROFESIONALES .....	19
2.1 Diagnóstico Situacional .....	19
2.2 Justificación de la Actividad Profesional .....	20
CAPÍTULO III: MARCO TEÓRICO .....	22
3.1 Bases Teóricas de las Metodologías Realizadas .....	22
3.2 Almacenamiento de Concentrado .....	22
3.3 Espesamiento de Concentrado de Cobre .....	23
3.4 Equipos y Componentes más Importantes del Espesador de Pasta .....	24
3.5 Instrumentos de Control en la Operación del Espesador .....	27
3.6 Etapas de Operación de Filtros Larox .....	35
3.7 Compresores de Aire .....	44
CAPÍTULO IV: DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES PROFESIONALES .....	46
4.1 Eficiencia de la Planta de Filtración de Cobre .....	46
4.2 Metodología .....	46
4.3 Prueba de Sedimentación con Floculante en Concentrado de Cobre .....	47
CAPÍTULO V: RESULTADOS .....	48
CONCLUSIONES .....	65
RECOMENDACIONES .....	67
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	68

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características del Filtro Larox PF 144 .....	33
Tabla 2. Partes de Filtros Larox PF144 .....	33
Tabla 3. Tipos de Rodillo de los Filtros Larox .....	34
Tabla 4. Características del Concentrado de Cobre para la Prueba .....	47
Tabla 5. Parámetros de Operación Propuestos .....	53

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Organigrama de la Empresa .....	15
Figura 2. Ratio de Filtración .....	19
Figura 3. Variaciones en Ratio de Filtración .....	19
Figura 4. Porcentaje de Sólidos en la Descarga de Espesor .....	20
Figura 5. Incremento de Tiempo de Alimentación al Filtro .....	20
Figura 6. Recepción de Concentrado .....	22
Figura 7. Feedwell .....	25
Figura 8. Autodil .....	25
Figura 9. Turbodil .....	26
Figura 10. Barrel o Shear Thinning .....	26
Figura 11. Transductor de Presión de Cama (Bed Mass) .....	27
Figura 12. Nivel Medidor de Nivel de Cama del Espesador .....	28
Figura 13. Malla para Determinar K80 .....	29
Figura 14. Dosificación y Mezcla entre Pulpa y Floculante Alimentado al Espesor .....	30
Figura 15. Dosificación de Floculante .....	30
Figura 16. Ciclo de Preparación de Floculante .....	31
Figura 17. Tipos de Filtración .....	32
Figura 18. Filtro Larox PF144 y sus Componentes .....	32
Figura 19. Dimensiones del Filtro Larox PF144 .....	33
Figura 20. Tipos de Rodillo de Filtro Larox .....	34
Figura 21. Presentación de una Cámara de Filtrado y sus Partes .....	34
Figura 22. Presiones de Operación de Filtro Larox PF144 .....	35
Figura 23. Presión de Sellado .....	36
Figura 24. Descarga de Tortas .....	37
Figura 25. Presión y Alimentación .....	38
Figura 26. Presión y Tiempo de Alimentación .....	38
Figura 27. Lavado de Mangueras .....	39
Figura 28. Prensado .....	39
Figura 29. Tiempo de Prensado .....	40
Figura 30. Drenaje de Tuberías .....	40
Figura 31. Presión de Secado .....	41
Figura 32. Flujo de Ingreso de Aire de Secado .....	41

Figura 33. Comparación de Tiempo de Secado y Humedad de Concentrado .....	42
Figura 34. Tiempo de Secado .....	42
Figura 35. Tendencia de un Ciclo de Filtración de Inicio a Fin .....	43
Figura 36. Equipo de Análisis de Humedad .....	43
Figura 37. Trabajo de los Compresores .....	45
Figura 38. Metodología de 4M para Bajo Ratio de Filtración .....	46
Figura 39. Prueba .....	47
Figura 40. Prueba en Función al Porcentaje de Sólidos .....	48
Figura 41. Prueba de Sedimentación en g/Ton .....	48
Figura 42. Prueba con Floculante Magnafloc 919 con Sólidos de 15%, 20% y 30% .....	49
Figura 43. Comparación de Dos Marcas de Floculante .....	49
Figura 44. Tendencias de Parámetros de Control Operacional del Espesador .....	50
Figura 45. Rango de Presión de Capa de Lodos .....	51
Figura 46. Control de Torque del Espesador .....	51
Figura 47. Tendencia Operacional del Espesador General .....	52
Figura 48. Parámetros de Operación del Espesador en Inicio de Carga .....	53
Figura 49. Parámetros de Operación del Espesador en Plena Carga .....	54
Figura 50. Sólidos de Descarga del Espesador .....	54
Figura 51. Resultado del Control Operación el Porcentaje de Sólidos en la Descarga del Espesador .....	55
Figura 52. Influencia K-80 en el Proceso de Espesamiento (julio) .....	56
Figura 53. Influencia K-80 en el Proceso de Espesamiento (agosto) .....	57
Figura 54. Influencia K-80 en el Proceso de Espesamiento (setiembre) .....	58
Figura 55. Análisis de Influencia de % de Sólidos en la Alimentación a los Filtros Larox en el Ratio de Filtración (julio) .....	60
Figura 56. Análisis de influencia de % de Sólidos en la Alimentación a los Filtros Larox en el Ratio de Filtración (agosto) .....	61
Figura 57. Análisis de influencia de % de Sólidos en la Alimentación a los Filtros Larox en el Ratio de Filtración (setiembre) .....	62
Figura 58. Ciclo completo de operación del filtro Larox con sólidos en un rango de 64% a 69% en la alimentación .....	63
Figura 59. Prueba para Evaluar el Impacto en el Ratio de Filtración al Alimentar los Filtros con Sólidos en un Rango de 64% a 69% .....	63

Figura 60. Resultados de las Pruebas de Operación de los Filtros Larox con un Porcentaje de Sólidos de 70% a 73% en la Alimentación .....	64
Figura 61. Resultados de la Prueba de Filtración con un Porcentaje de Sólidos en la Alimentación de 71% a 73% .....	64

## RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo explicar el proceso de filtración del concentrado de cobre mediante el uso de equipos de vanguardia que optimizan la eficiencia en la producción y, al mismo tiempo, minimizan los riesgos asociados a la interacción hombre-máquina. En la actualidad, este enfoque es esencial para las empresas que buscan maximizar la seguridad de sus colaboradores, preservar el medio ambiente y garantizar la calidad del concentrado conforme a los requerimientos del cliente.

Uno de los aspectos fundamentales en el proceso de filtración del concentrado de cobre es el margen de humedad del concentrado filtrado, conocido como LMT (Límite Máximo Transportable). Este parámetro es clave en el comercio marítimo, ya que determina la viabilidad del transporte del material hacia las distintas fundiciones de cobre distribuidas en diversos países.

En este trabajo se presentan, de manera clara y concisa, los parámetros operacionales y los rangos óptimos de porcentaje de sólidos en la alimentación a los filtros, con el fin de garantizar una operación eficiente de la planta y alcanzar un rendimiento de filtración superior a 0.70. Asimismo, se detalla la secuencia de pasos involucrados en el proceso de filtración del concentrado de cobre y se describen los equipos utilizados, con especial énfasis en aquellos que representan los mayores costos energéticos dentro de una planta de filtración. Además, se explican las características, el funcionamiento y los parámetros operativos de dichos equipos, asegurando así el cumplimiento de los objetivos establecidos para la operación.

El trabajo también incluye diagramas relacionados con las presiones de trabajo y los patrones de comando, abordando aspectos como el monitoreo, el control y los ajustes de los parámetros operativos a lo largo del tiempo. Estos elementos permiten a los supervisores predecir, mediante tendencias y gráficos, los cambios necesarios en los parámetros operativos para alcanzar los indicadores clave de desempeño (KPI) de producción. Entre estos KPI destacan el ratio de filtración y el porcentaje de humedad del concentrado, garantizando así su idoneidad para el embarque marítimo.

**Palabras clave:** *Proceso de filtración de cobre*

## ABSTRACT

The objective of this paper is to explain the copper concentrate filtration process using state-of-the-art equipment that optimizes production efficiency while minimizing the risks associated with human-machine interaction. Today, this approach is essential for companies seeking to maximize worker safety, preserve the environment, and ensure the quality of the concentrate in compliance with customer requirements.

One of the fundamental aspects of the copper concentrate filtration process is the moisture margin of the filtered concentrate, known as LMT (Transportable Moisture Limit). This parameter is crucial in maritime trade, as it determines the feasibility of transporting the material to the various copper smelters distributed across different countries.

This paper clearly and concisely presents the operational parameters and the optimal ranges of solids percentage in the feed to the filters, to ensure efficient plant operation and achieve a filtration performance greater than 0.70. Additionally, the sequence of steps involved in the copper concentrate filtration process is detailed, along with a description of the equipment used, with special emphasis on those that represent the highest energy costs within a filtration plant. Furthermore, the characteristics, operation, and operating parameters of these pieces of equipment are explained, ensuring compliance with the objectives for the operation.

The study also includes diagrams related to working pressures and command patterns, addressing aspects such as monitoring, control, and adjustments of operational parameters over time. These elements enable supervisors to predict, through trends and graphs, the necessary changes in operational parameters to achieve key performance indicators (KPI) in production. Among these KPIs, the filtration ratio and the moisture percentage of the concentrate stand out, ensuring its suitability for maritime shipment.

**Keywords:** *Copper Concentrate Filtration Process*