

# **UNIVERSIDAD ANTONIO RUIZ DE MONTOYA**

Facultad de Ingeniería y Gestión



## **PROPUESTA DE UN MODELO DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO PARA UNA PLANTA CONCENTRADORA DEL RUBRO DE MINERÍA.**

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial

Presenta los bachilleres

**RICARDO KUNIO MIYAGUI MIYAGUI  
CHRISTIAN DAVID CASTRO SOCOLICH**

**Presidente: Víctor Martín Barinotto León**

**Asesor: Fernando Villanueva Nehmad**

**Lector: Carlos Eduardo Binasco Pérez**

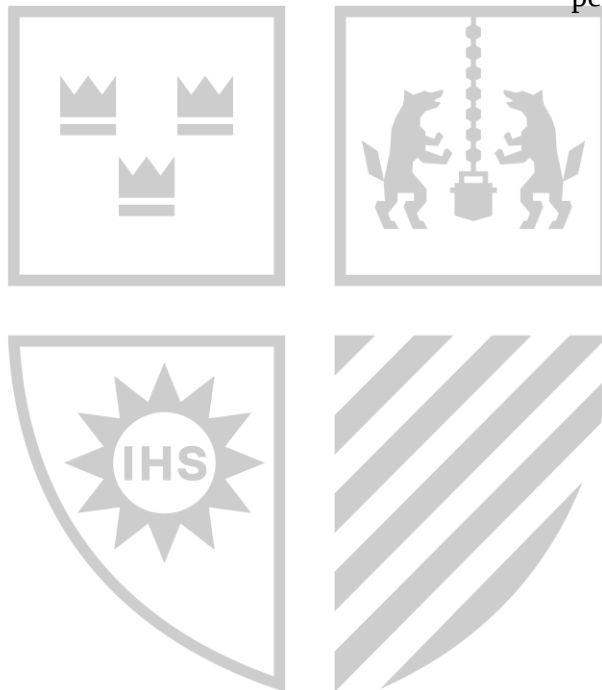
**Lima – Perú**

**Noviembre de 2022**

## EPÍGRAFE

El éxito de una empresa es simplemente el reflejo de la actitud, grado de motivación y compromiso de las personas que la forman.

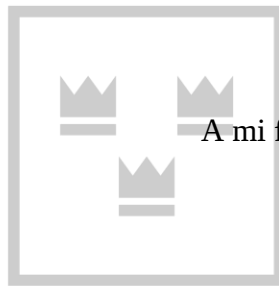
Camilo Cruz



## DEDICATORIA

A mi madre Emilia F. Miyagui

**Miyagui Miyagui Ricardo Kunio**



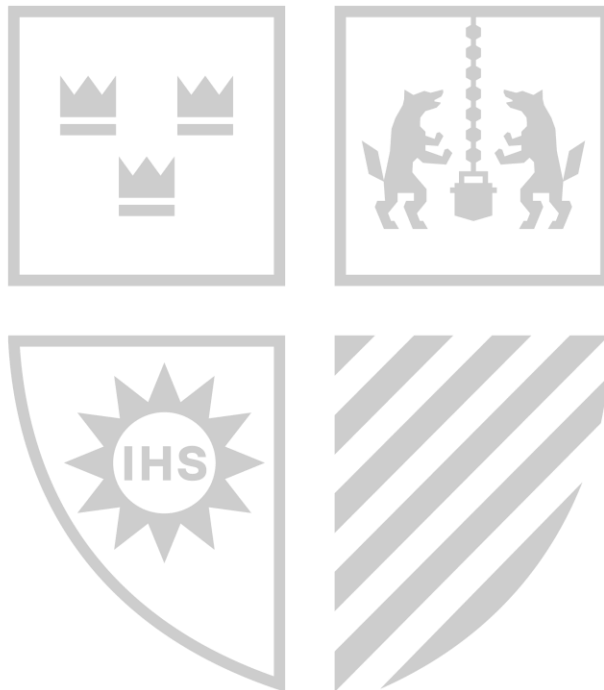
A mi familia que sumó esfuerzos para contribuir con  
mi éxito profesional

**Castro Socolich Christian David**



## **AGRADECIMIENTO**

A todos nuestros maestros por forjar el camino al  
éxito profesional con valores.



## RESUMEN

El presente estudio que lleva por nombre “Propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento predictivo para una Planta Concentradora del rubro de Minería”, tiene como objetivo principal proporcionar un catálogo con técnicas de mantenimiento predictivo que se puedan aplicar a cada componente de las máquinas de la planta buscando mejorar su disponibilidad y confiabilidad, evitando así paradas de planta innecesarias que generen sobrecostos de mantenimiento y producción.

Se realiza el análisis situacional de las máquinas de la planta considerando 7 familias de máquinas siendo la chancadora primaria, chancadora secundaria, chancadora terciaria, fajas transportadoras, zarandas, molinos de bolas y bombas de ciclones las más importantes, a las cuales se les aplica técnicas de mantenimiento predictivo, en el periodo 2020 la planta cuenta con una disponibilidad promedio de 91.04%.

Se elabora un catálogo de mantenimiento predictivo para las 7 familias de máquinas de la planta concentradora con técnicas como por ejemplo Ultrasonido convencional (UT), Ultrasonido phase array (UTPA), Ensayos no destructivos (NDT), Ultrasonido pasivo (SDT), Vibraciones (VIB), Termografía (IR), Análisis de aceites (OIL), Tapones magnéticos (TAP), Pruebas de motor (MOT TST) y Pruebas eléctricas (ELE TST) como las principales, por último, se finaliza con las conclusiones y recomendaciones.

**Palabras claves:** Mantenimiento, Mantenimiento predictivo, Disponibilidad, Confiabilidad, Planta concentradora

## ABSTRACT

The present study, which is called "Proposal of a predictive maintenance management model for a Concentrator Plant in the Mining sector", has as its main objective to provide a catalog with predictive maintenance techniques that can be applied to each component of the mining machines. the plant seeking to improve its availability and reliability, thus avoiding unnecessary plant shutdowns that generate maintenance cost overruns.

The situational analysis of the silver machines is carried out considering 7 families of machines being the primary crusher, secondary crusher, tertiary crusher, conveyor belts, screens, ball mills and cyclone pumps the most important, to which techniques are applied predictive maintenance, currently the plant has an average availability of 91.04%.

.  
A predictive maintenance catalog is prepared for the 7 families of machines in the concentrator plant with techniques such as conventional ultrasound (UT), phased array ultrasound testing (UTPA), non-destructive tests (NDT), passive ultrasound (SDT), vibrations (VIB), Thermography (IR), Oil analysis (OIL), Magnetic plugs (TAP), Engine tests (MOT TST) and Electrical tests (ELE TST) as the main ones, finally, it ends with the conclusions and recommendations

**Keywords:** Maintenance, Predictive maintenance, Availability, Reliability, Concentrator plant

## TABLA DE CONTENIDOS

|                                                                      |    |
|----------------------------------------------------------------------|----|
| INTRODUCCIÓN .....                                                   | 17 |
| CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....                         | 18 |
| 1.1. Planteamiento del problema .....                                | 18 |
| 1.1.1. Determinación del problema .....                              | 18 |
| 1.1.2. Formulación del problema .....                                | 20 |
| 1.2. Pregunta general y preguntas específicas de investigación ..... | 20 |
| 1.3. Hipótesis .....                                                 | 21 |
| 1.4. Justificación .....                                             | 21 |
| 1.4.1. Justificación práctica .....                                  | 21 |
| 1.4.2. Justificación social .....                                    | 22 |
| 1.4.3. Justificación académica .....                                 | 22 |
| 1.4.4. Justificación organizacional y económica .....                | 22 |
| 1.5. Objetivos .....                                                 | 23 |
| 1.5.1. Objetivo general .....                                        | 23 |
| 1.5.2. Objetivos específicos .....                                   | 23 |
| CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO .....                                     | 24 |
| 2.1. Antecedentes de la investigación .....                          | 24 |
| 2.2. Gestión de mantenimiento .....                                  | 26 |
| 2.2.1. Modelos de gestión de mantenimiento .....                     | 26 |
| 2.3. Mantenimiento .....                                             | 27 |
| 2.3.1. Evolución del mantenimiento .....                             | 27 |
| 2.3.2. Mantenimiento productivo total .....                          | 30 |
| 2.3.3. Tipos de mantenimiento .....                                  | 30 |
| 2.3.4. Mantenimiento predictivo .....                                | 33 |

|                                                                       |            |
|-----------------------------------------------------------------------|------------|
| 2.3.5. Objetivo del mantenimiento predictivo .....                    | 34         |
| 2.3.6. Técnicas predictivas .....                                     | 37         |
| 2.4. Mejora continua.....                                             | 45         |
| 2.5. Diagrama Causa-Efecto de Kaoru Ishikawa .....                    | 46         |
| 2.6. Estado del arte .....                                            | 46         |
| 2.7. Diseño metodológico.....                                         | 49         |
| <b>CAPITULO III: DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA .....</b>                  | <b>50</b>  |
| 3.1. Análisis de la organización.....                                 | 50         |
| 3.1.1. La empresa .....                                               | 50         |
| 3.1.2. Reseña histórica.....                                          | 51         |
| 3.1.3. Cultura organizacional .....                                   | 53         |
| 3.1.4. Estructura organizacional de mantenimiento mina .....          | 56         |
| 3.1.5. Funciones de los colaboradores de mantenimiento mina .....     | 60         |
| 3.2. Proceso productivo .....                                         | 61         |
| 3.3. Productos y servicios.....                                       | 63         |
| 3.4. Instalaciones de la Empresa Minera.....                          | 66         |
| 3.5. Maquinaria de la planta concentradora .....                      | 68         |
| <b>CAPITULO IV: ANÁLISIS SITUACIONAL .....</b>                        | <b>70</b>  |
| 4.1. Situación actual de la planta concentradora .....                | 70         |
| 4.1.1. Chancado primario .....                                        | 70         |
| 4.1.2. Chancado secundario.....                                       | 75         |
| 4.1.3. Chancado terciario.....                                        | 79         |
| 4.1.4. Fajas transportadoras.....                                     | 82         |
| 4.1.5. Zarandas .....                                                 | 87         |
| 4.1.6. Molinos de bolas .....                                         | 90         |
| 4.1.7. Bombas de ciclones .....                                       | 93         |
| 4.2. Análisis de la producción en relación con el mantenimiento ..... | 96         |
| 4.3. Análisis de las 6M`s .....                                       | 99         |
| 4.4. Análisis de Ishikawa de la gestión de mantenimiento.....         | 103        |
| 4.5. Análisis FODA .....                                              | 105        |
| <b>CAPITULO V: PROPUESTA DE MEJORA .....</b>                          | <b>109</b> |
| 5.1. Introducción.....                                                | 109        |
| 5.2. Objetivos de la aplicación del mantenimiento predictivo .....    | 109        |

|                                                                                                            |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 5.3. Cultura organizacional del área de mantenimiento .....                                                | 110 |
| 5.3.1.Misión.....                                                                                          | 110 |
| 5.3.2.Políticas de mantenimiento .....                                                                     | 111 |
| 5.4. Planificación del mantenimiento predictivo.....                                                       | 112 |
| 5.5. Diseño del catálogo para las técnicas de mantenimiento predictivo en la planta<br>concentradora ..... | 115 |
| 5.5.1. Técnicas para el catálogo de mantenimiento predictivo .....                                         | 117 |
| 5.5.2. Análisis de las familias de máquinas.....                                                           | 123 |
| 5.5.3. Selección de los componentes .....                                                                  | 123 |
| 5.5.4. Análisis de los modos de falla .....                                                                | 127 |
| 5.5.5. Recolección de datos .....                                                                          | 138 |
| 5.5.6. Análisis de datos históricos .....                                                                  | 153 |
| 5.5.7. Catálogo de mantenimiento predictivo para la planta concentradora .....                             | 169 |
| 5.5.8. Análisis del impacto de las técnicas de mantenimiento predictivo en los clientes<br>internos .....  | 203 |
| CAPITULO VI: EVALUACIÓN TÉCNICA - ECONÓMICA .....                                                          | 205 |
| 6.1. Evaluación Costo – Beneficio .....                                                                    | 205 |
| 6.1.1. Costo directo.....                                                                                  | 205 |
| 6.1.2. Costos indirectos .....                                                                             | 208 |
| 6.1.3. Costos administrativos .....                                                                        | 211 |
| 6.1.4. Costos totales.....                                                                                 | 212 |
| 6.1.5. Proyección de ingresos.....                                                                         | 212 |
| 6.2. Inversión .....                                                                                       | 215 |
| 6.2.1. Activo tangible .....                                                                               | 215 |
| 6.2.2. Activo intangible .....                                                                             | 217 |
| 6.2.3. Capital de trabajo.....                                                                             | 218 |
| 6.2.4. Inversión total de la propuesta.....                                                                | 218 |
| 6.3. Indicadores Económicos.....                                                                           | 219 |
| 6.3.1. Estado de ganancias y pérdidas .....                                                                | 219 |
| 6.3.2. Flujo de caja .....                                                                                 | 220 |
| 6.3.3. Indicadores económicos de la propuesta .....                                                        | 222 |
| 6.4. Evaluación técnica.....                                                                               | 222 |
| 6.4.1. Resultados obtenidos .....                                                                          | 236 |
| Conclusiones.....                                                                                          | 238 |

|                       |     |
|-----------------------|-----|
| Recomendaciones ..... | 240 |
| Bibliografía .....    | 242 |
| Anexos .....          | 244 |

