

Tabla de Contenido

Introducción	1
0.1. Industria Minera del Cobre en Chile	1
0.2. Antecedentes Previos	1
0.3. Caracterización de la Industria	1
0.4. Principales Actores	1
0.5. Marco Legal y Regulatorio	2
0.6. BHP	2
0.7. Antecedentes Generales	2
0.8. Historia	3
0.9. Misión y Objetivos	3
0.10. Estructura Legal y Directiva	3
0.11. Estructura Organizacional	4
0.11.1. Organigrama General BHP Minerals América	4
0.12. Principales Productos	4
0.13. Producción, ventas y tamaño de la empresa	4
0.14. Justificación del Problema	6
0.14.1. Reducción en la disponibilidad de equipos	6
0.14.2. Surplus de Inventario	6
0.14.3. Precios de negociación de compras y contratos	6
0.14.4. Confianza y transparencia entre áreas	7
0.15. Área de Supply	8
0.15.1. Principales funciones	8
0.15.2. Organigrama	8
0.15.3. Clientes	9
0.15.4. Relación con el proyecto de memoria	9
0.16. Glosario	10
0.17. Work Orders (WO) de mantenimiento	11
0.18. Fallas en Work Orders	12
0.19. Impacto económico de fallas en WO	12
0.19.1. Disponibilidad de materiales	12
0.19.2.	12
0.20. Objetivos	13
0.20.1. Objetivo General	13
0.20.2. Objetivos Específicos	13
0.21. Resultados esperados y Alcances	13
0.21.1. Resultados esperados	13

0.21.2. Alcances	13
0.21.2.1. Proyecto enfocado solo a la operación minera Spence	13
0.21.2.2. Modelo enfocado en ordenes de trabajo tipo PM01	14
0.21.2.3. Modelo Predictivo, sin capacidad prescriptiva	14
0.21.2.4. Diseño e implementación del modelo	14
1. Capítulo 1: Marco Teórico y Metodología	15
1.1. Data Mining	15
1.1.1. Data Warehousing	15
1.1.1.0.1. Modelo Estrella	16
1.1.1.1. ETL	16
1.1.2. Modelos Predictivos	17
1.1.3. Árboles de decisión	17
1.1.3.1. Algoritmo ID3	18
1.1.3.2. Algoritmo C4.5	19
1.1.4. Algoritmos de ensamble	19
1.1.4.1. Bagging	19
1.1.4.1.1. Random Forest	20
1.1.4.2. Boosting	20
1.2. CRISP-DM	22
1.2.1. Entendimiento del negocio	23
1.2.2. Entendimiento de los datos	23
1.2.3. Preparación de los datos	23
1.2.4. Modelamiento	23
1.2.5. Evaluación	23
1.2.6. Despliegue	23
1.3. Metodología y plan de trabajo	24
1.3.1. Entendimiento del Negocio	24
1.3.2. Entendimiento de los datos	24
1.3.3. Preparación de los datos	25
1.3.4. Modelamiento	25
1.3.5. Evaluación	25
1.3.6. Despliegue	25
1.4. Levantamiento de procesos	26
1.5. Modelamiento y aplicación de algoritmos	26
2. Capítulo 2: Desarrollo del proyecto de memoria	27
2.1. Levantamiento del proceso de Supply	27
2.2. El proceso de Supply para mantenimiento	27
2.2.1. Metodología de levantamiento de procesos	27
2.2.2. Macro Proceso de supply	27
2.2.3. Proceso de generación de Work Orders	29
2.2.4. Proceso de Compras	30
2.2.5. Métricas de Supply	31
2.2.5.1. WOPIFOT	31
2.2.5.2. MIFOT	32
2.2.5.3. DIFOT	32

2.2.6.	Impacto del proyecto para Supply	32
2.2.7.	Impacto de posibles fallas	32
2.2.7.1.	Falsos Positivos	32
2.2.7.2.	Falsos Negativos	33
2.3.	Consolidación de la base de datos	33
2.4.	Caracterización de los datos históricos de WOPIFOT y MIFOT en PM01 . .	35
2.4.1.	VARIABLES	35
2.4.1.1.	VARIABLES CUALITATIVAS	36
2.4.1.2.	VARIABLES TEMPORALES	37
2.4.1.3.	TRANSFORMACIÓN DE VARIABLES	37
2.4.1.4.	VARIABLES CUANTITATIVAS	38
2.4.2.	ESTADÍSTICAS DESCRIPTIVAS	38
2.4.2.1.	WOPIFOT	38
2.4.2.2.	MIFOT	40
2.4.3.	DESBALANCE DE LAS CLASES EN LOS DATOS	41
2.5.	Modelo predictivo como solución al problema planteado	42
2.6.	Modelo predictivo multi-etapa	42
2.6.1.	Selección del algoritmo a utilizar: Challenge de modelos machine learning	43
2.7.	Construcción del modelo final	47
2.7.1.	Etapa 1: Predicción de Hit o Miss	47
2.7.2.	Resultados teóricos	47
2.7.3.	Etapa 2: Predicción de posible causa de falla	53
2.7.4.	Implementación del modelo predictivo	54
2.8.	Diseño del dashboard para la herramienta WPT	56
2.8.1.	Diseño de experimento	58
2.8.1.1.	Experimento	58
2.8.1.2.	Resultados Esperados	58
2.9.	Visión estratégica	59
	Conclusión	60
2.10.	Cumplimiento de los objetivos propuestos	61
2.11.	Resultados Observados	61
2.12.	Trabajo Futuro	62
	Anexos	64
2.13.	Causas raíces de fallas del indicador MIFOT separadas por rol responsable .	66
2.14.	Código WOPIFOT Predictive Tool en R	67
2.14.1.	Extracción, Transformación y Carga de data	67
2.14.2.	Estadística descriptiva	74
2.14.3.	Entrenar Gradient Boosting Trees	76
2.14.4.	Análisis y predicción de resultado de nuevas OT	81
2.14.5.	Incorporación y cruce de data de inventario	85