

TABLA DE CONTENIDO

Resumen	2
1 Introducción.....	15
2 Entorno relevante asociado al proyecto.....	16
2.1 Contexto de la Industria	16
2.1.1 Mercado de metales en el mundo	16
2.1.2 Industria Minera en Chile.....	19
2.2 Contexto de la organización.....	22
2.2.1 Komatsu Cummins Chile Ltda.	22
2.2.2 Distribuidora Cummins Chile S.A.	24
3 Planteamiento del proyecto.....	30
3.1 Introducción.....	30
3.2 El Problema.....	30
3.3 Objetivos	32
3.3.1 Objetivo general	32
3.3.2 Objetivos específicos.....	32
3.4 Producto	32
3.5 Alcances.....	33
3.6 Decisiones de negocio	34
4 Marco teórico conceptual	37
4.1 Revisión de la literatura.....	37
4.1.1 Predicción en motores diésel	37
4.1.2 Proceso KDD, <i>data mining</i> y sus implicaciones	41
4.2 Metodología del proyecto.....	43

4.3	Mantenimiento.....	48
4.3.1	Definición de mantenimiento	48
4.3.2	Propósito del mantenimiento	48
4.3.3	Objetivo del mantenimiento	49
4.3.4	¿Qué ocurre cuando se interrumpe un proceso?.....	50
4.3.5	Gestión del mantenimiento	51
4.3.6	Tipos de mantenimiento	56
4.3.7	Ventajas y desventajas.....	60
4.4	<i>Knowledge Discovery in Databases (KDD)</i>	60
4.5	Regresión Logística	63
4.5.1	Objetivos Regresión logística	63
4.5.2	Modelo Logit	63
4.6	Árbol de decisión.....	65
4.6.1	Prueba de Chi-cuadrado (χ^2) (Monge & Pérez, 2002)	67
4.6.2	CHAID (Chi-squared Automatic Interaction Detection)	70
4.7	<i>Support Vector Machine</i>	73
4.8	Comparación de modelos	78
4.8.1	Métricas de evaluación.....	78
4.8.2	Función de costos	80
5	Planteamiento estratégico.....	83
5.1	Visión	83
5.2	Misión	83
5.3	Modelo delta.....	84
5.3.1	Efectividad operacional	85

5.4	Mapa estratégico <i>Mining Group</i>	86
5.5	Modelo de negocio	89
6	Arquitectura de macroprocesos	92
6.1	Modelamiento del Rediseño.....	92
6.2	Macro 1: Cadena de valor	93
6.2.1	Gestión de servicios de mantención y entrega equipos reparados	95
6.3	Lógica solución propuesta	99
6.3.1	Modelos de motores	99
6.3.2	Faenas mineras	100
6.3.3	Frecuencia de fallas	100
6.3.4	Metodología	101
6.3.5	Fuentes de datos	102
6.4	Situación Actual	103
6.5	Lógica implementación	106
6.5.1	Descripción lógicas requeridas.....	106
7	Arquitectura de Sistemas	115
7.1	Diagrama de paquetes	115
7.2	Casos de uso	116
7.3	Diagramas de sistemas y de clases.....	119
7.3.1	Diagrama de secuencia de sistema	119
7.3.2	Diagrama de secuencia de sistema extendido	128
7.4	Diagrama de clases	132
7.4.1	Base de datos.....	133
7.4.2	Diagrama de despliegue.....	133

8	Gestión del cambio	136
8.1	Contexto de la empresa	136
8.2	Creación de sentido y narrativas.....	137
8.3	Factores críticos de éxito	140
8.4	Aspectos a conservar.....	141
8.5	Gestión de poder.....	142
9	Prueba de concepto	144
9.1	Consideraciones particulares de la evaluación	144
9.1.1	Faenas objetivos	144
9.1.2	Faena a estudiar.....	144
9.1.3	Sistema a estudiar.....	146
9.1.4	Muestra y variables a analizar.....	147
9.1.5	Evaluación de resultados	148
9.2	Datos.....	149
9.2.1	Definición descarga de información	149
9.2.2	Definición Target	151
9.2.3	Creación Base de datos	151
9.2.4	Análisis exploratorio de la base de datos	153
9.2.5	Calidad de información agrupada:.....	154
9.3	Árbol de decisión (CHAID Exhaustivo)	154
9.4	Regresión Logística	156
9.5	<i>Support Vector Machines</i>	157
9.5.1	<i>Kernel</i> Lineal.....	157
9.5.2	<i>Kernel</i> Radial	157

9.5.3	<i>Kernel</i> Sigmoidal	158
9.6	Comparación de modelos	158
9.6.1	Análisis de resultados.....	158
9.7	Validación de modelo predictivo	161
9.7.1	Faena y sistema analizado.....	161
9.7.2	Evaluación de resultados y modelo matemático	163
10	Evaluación Económica	166
10.1	Inversiones.....	166
10.2	Beneficios	167
10.3	Costos.....	169
10.4	Gastos.....	169
10.5	Depreciación	171
10.6	Otras consideraciones	172
10.6.1	Horizonte de evaluación.....	172
10.6.2	Impuestos.....	172
10.6.3	Tasa de descuento.....	173
10.7	Construcción Flujo de Caja.....	173
10.8	Análisis de sensibilidad.....	181
11	Generalización de la experiencia	183
11.1	Introducción	183
11.2	Aplicación del <i>framework</i>	183
11.3	Construcción del <i>framework</i>	184
11.4	Aplicación generalización en otros dominios	186
12	Conclusiones	190

12.1	Planteamiento estratégico	190
12.2	Arquitectura de macroprocesos	191
12.3	Prueba de concepto.....	192
12.4	Evaluación económica	194
12.5	Conclusión general	195
13	Bibliografía.....	198
14	Anexos.....	205
14.1	BPMN Determinar motores para mantenimiento	206
14.2	BPMN Determinación de equipos Mantenimiento Predictivo	207
14.3	BPMN Controlar Mantenimiento	208
14.4	BPMN Determinar motores para mantenimiento (actual).....	211
14.5	Selección campos a considerar en base de datos	212
14.6	Análisis gráfico información (Frecuencia valores)	214
14.7	SPSS Statistics input: Árbol de decisión CHAID Exhaustivo	220
14.8	SPSS Statistics output: Árbol de decisión CHAID Exhaustivo.....	224
14.9	SPSS Statistics input: Regresión Logística	227
14.10	SPSS Statistics output: Regresión Logística	229
14.11	The R Project for Statistical Computing SVM Kernel Lineal	235
14.12	The R Project for Statistical Computing SVM Kernel Radial.....	237
14.13	The R Project for Statistical Computing SVM Kernel Sigmoide.....	239
14.14	Narrativa casos de uso: Interacción sistema e Ingeniero Planificación ...	241
14.15	Narrativa casos de uso: Sistema de control	243

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 2.1: Consumo mundial cobre 2012-2013.....	16
Gráfico 2.2: Crecimiento Anual Producción Mundial Cobre 2.000-2.013.....	17
Gráfico 2.3: Incremento Producción Mundial Cobre.	18
Gráfico 2.4: Contexto Mundial Minería Chilena.....	20
Gráfico 2.5: Ventas históricas participantes de mercado minería	27
Gráfico 2.6: Participación de mercado, periodo 2013.	28
Gráfico 2.7: Participación de mercado histórico principales actores.....	29
Gráfico 3.1: Frecuencia fallas motores.....	31
Gráfico 6.1: Frecuencia fallas motores QSK60 – QSK45	101
Gráfico 9.1: Tiempo vs Frecuencia de falla por faena.....	145
Gráfico 9.2: Tiempo vs Frecuencia de falla por sistema	146

INDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Empresas Holding Komatsu Cummins Chile Ltda	23
Figura 4.1: Metodología Ingeniería Negocios	47
Figura 4.2: Evolución técnicas de mantenimiento.....	49
Figura 4.3: Aspectos a considerar en interrupción de un proceso	50
Figura 4.4: Relación Tipos de mantenimiento con RCM.....	54
Figura 4.5: Proceso KDD.	62
Figura 4.6: Gráfico de datos clasificados en 2 segmentos.....	74
Figura 4.7: Transformación no lineal.....	74
Figura 4.8: Hiperplanos candidatos para datos graficados	75
Figura 4.9: Hiperplano de máximo margen	76
Figura 4.10: Margen blando	76
Figura 5.1: Modelo Delta aplicado a Unidades de negocio.....	85

Figura 5.2: Mapa estratégico área minería	87
Figura 5.3: Modelo de negocios <i>Mining Group</i>	89
Figura 6.1: Arquitectura de macroprocesos <i>Mining Group</i>	92
Figura 6.2: Primer nivel macro 1..	94
Figura 6.3: Apertura Gestión de servicios mantención y entrega equipos.....	95
Figura 6.4: Planificación y control de mantenimiento a equipos mineros	96
Figura 6.5: Planificar Mantenimiento	97
Figura 6.6: Despliegue interfaz de usuario.....	108
Figura 7.1: Diagrama de paquetes	115
Figura 7.2: Interacción sistema e Ingeniero Planificación	116
Figura 7.3: Sistema de Control.....	118
Figura 7.4: Actualización y revisión de información	119
Figura 7.5: Selección tipo de análisis	120
Figura 7.6: Revisión y descarga de resultados.	120
Figura 7.7: Dirección web.....	121
Figura 7.8: Inicio Specto 2.0.....	122
Figura 7.9: Actualización base de datos	122
Figura 7.10: Actualización base de datos (resumen).	123
Figura 7.11: Selección algoritmo data Mining.	124
Figura 7.12: Resumen Resultados	125
Figura 7.13: Procesar más información	125
Figura 7.14: Estimación demanda equipos	126
Figura 7.15: Revisión y determinación de equipos críticos	126
Figura 7.16: Generación de alarmas.....	127
Figura 7.17: Actualización y revisión de información	128
Figura 7.18: Selección tipo de análisis.....	128
Figura 7.19: Revisión y descarga de resultados.	129
Figura 7.20: Estimación demanda equipos	129
Figura 7.21: Revisión y determinación equipos críticos	130

Figura 7.22: Generación de alarmas	130
Figura 7.23: Diagrama de clases	132
Figura 7.24: Relación Entity del sistema	133
Figura 7.25: Diagrama de despliegue	134
Figura 8.1: Actores relevantes implementación proyecto	137
Figura 9.1: Ejemplo planilla descarga información.....	147
Figura 9.2: Variables sistema Specto.....	148
Figura 11.1: Diagrama de clases de control.....	184
Figura 11.2: Diagrama Entity.....	185
Figura 14.1: Proceso Determinar motores para mantenimiento	206
Figura 14.2: Proceso determinación de equipos Mantenimiento Predictivo	207
Figura 14.3: Proceso Controlar mantenimiento.....	208
Figura 14.4: Proceso determinar motores para mantenimiento (actual)	211

INDICE DE TABLAS

Tabla 2.1: Ranking Top 20 Precios del Cobre	19
Tabla 4.1: Elementos de una matriz de confusión	78
Tabla 9.1: Planilla maestra información falla de equipos	150
Tabla 9.2: Balance muestra base entrenamiento 1.....	152
Tabla 9.3: Balance base de datos entrenamiento 2.....	154
Tabla 9.4: Tabla Variables independientes	155
Tabla 9.5: Matriz de confusión Árbol de decisión CHAID Exhaustivo.....	155
Tabla 9.6: Modelo Regresión Logística.....	156
Tabla 9.7: Matriz de confusión Regresión Logística	157
Tabla 9.8: Matriz de confusión Kernel Lineal	157
Tabla 9.9: Matriz de Confusión Kernel Radial.....	158
Tabla 9.10: Matriz de Confusión Kernel Sigmoidal	158
Tabla 9.11: Comparación Modelos de Predicción – Métricas	158
Tabla 9.12: Resultados función de costo	161

Tabla 10.1: Impuesto utilidades para empresas con fines de lucro	173
Tabla 10.2: Flujo de caja para proyecto MBE	180
Tabla 14.1: Selección de variables a considerar para análisis	213

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 6.1: Seudocódigo Filtro_data	109
Ilustración 6.2: Seudocódigo función Recepción y almacenaje data	109
Ilustración 6.3: Seudocódigo Envío estado de actualización información.....	110
Ilustración 6.4: Seudocódigo Entrega información software estadístico	111
Ilustración 6.5: Seudocódigo Despliegue de resultados	112