



**UNIVERSIDAD DE CHILE**  
**FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS**  
**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**REDISEÑO DEL PROCESO DE CREACIÓN DE PROPUESTAS DE NEGOCIOS  
MEDIANTE GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO Y LA APLICACIÓN DE UN  
MODELO DE CLASIFICACIÓN DE MINERÍA DE DATOS**

*PROYECTO DE GRADO PARA OPTAR AL GRADO DE MAGÍSTER EN  
INGENIERÍA DE NEGOCIOS CON TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN*

**RENATO JORGE EMILIO LLANOS SOTO**

PROFESOR GUÍA:  
EZEQUIEL MUÑOZ KRSULOVIC

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:  
EDUARDO CONTRERAS VILLABLANCA  
LUCIANO VILLARROEL PARRA  
ARTURO CASTRO VIDAL

SANTIAGO DE CHILE

2017

## RESUMEN EJECUTIVO

El conocimiento es un recurso que se encuentra en las personas, en los objetos que ellas utilizan, en el medio en que ellas se mueven y en los procesos de las organizaciones a las cuales pertenecen, permitiendo actuar e interpretar sobre lo que sucede en el entorno.

El mercado minero actualmente vive un complejo panorama económico, dado principalmente, por una importante disminución de la inversión a nivel mundial en proyectos que repercute directamente a las empresas que suministran servicios a la minería en Chile. Debido a esto se ha generado una disminución en la demanda de servicios en el mercado, dando como resultado una disminución en la oferta de propuestas de proyectos y una mayor competencia por ganarlas.

“Empresa de Ingeniería Minera”<sup>1</sup> se dedica a la extracción y refinación de petróleo-gas, energía y minería en la mayor parte del planeta. La organización busca seguir siendo competitiva y mantenerse vigente en este mercado cambiante y saturado. Sus ingresos están dados principalmente por la cantidad de nuevos proyectos que se realicen de forma exitosa, por lo que generar un posible aumento la fuente de ingresos de la organización es un tema clave, y es precisamente este punto el que se busca apoyar con el estudio. Bajo este contexto se buscará generar una mayor posibilidad para la organización de obtener nuevos negocios en base a un análisis de la situación actual de la organización y la aplicación de un rediseño de procesos apoyado por un modelo de clasificación de minería de datos que permita mejorar la gestión del departamento con los recursos disponibles, aprovechar la información y el conocimiento existente para aumentar la posibilidad de ganar más proyectos y por ende aumentar las utilidades de la organización en relación al año anterior.

---

<sup>1</sup> “Empresa de Ingeniería Minera”: nombre de fantasía para efectos prácticos del estudio.

Dedicado a mi amor Daniela, por el constante ánimo, apoyo, comprensión y amistad que me brindas diariamente. Te adoro Bebé.

A mis hijos Vicente y Raimundo que son nuestro mayor orgullo y recompensa.

A mis padres Reinaldo y Patricia por su cariño, esfuerzo, perseverancia e influencia en mi desarrollo valórico y profesional.

A mi hermano Sebastián por su empuje, cariño y amistad.

Este importante logro define un capítulo más de esta obra maestra que estamos escribiendo llamada nuestra hermosa vida...

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a mi mujer Daniela por su fundamental apoyo, opinión y esfuerzo durante este desafiante proceso que demanda tanto tiempo, enfoque y energía, pero que sin dudas trae grandes recompensas.

A mis hijos Vicente y Raimundo por ser el pilar que me impulsa a mejorar a diario.

A mi papá Reinaldo por ser siempre mi modelo a seguir desde que tengo memoria.

A mi mamá Patricia por el inmenso amor que siente por mí y mi hermano.

A mi hermano Sebastián por su valiosa opinión, apoyo y cariño.

A todos mis profesores que aportaron en mi formación integral con cada curso que dictaron.

A a mis compañeros del magister por recorrer este largo proceso compartiendo conocimientos, energía, vivencias y compañerismo.

A mi profesor guía y tutor Ezequiel Muñoz, por su apoyo, disposición, paciencia y confianza, tópicos fundamentales para lograr mis objetivos.

A la organización por confiar en mi proyecto y facilitarme toda la información y tiempo necesario para el estudio.

A mis colegas que aportaron con sus conocimientos y opiniones expertas en temas específicos.

A Dios por todo lo anterior y todo lo que viene.

## TABLA DE CONTENIDO

<b>CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN Y CONTEXTO .....</b>	<b>16</b>
1.1 ANTECEDENTES DE LA INDUSTRIA .....	16
1.2 DESCRIPCIÓN DE LA ORGANIZACIÓN .....	21
1.3 PROBLEMA U OPORTUNIDAD IDENTIFICADA.....	22
1.4 OBJETIVOS Y RESULTADOS ESPERADOS DEL PROYECTO.....	23
1.4.1 <i>Objetivos Generales</i> .....	23
1.4.2 <i>Objetivos Específicos</i> .....	23
1.4.3 <i>Resultados Esperados</i> .....	24
1.5 ALCANCE .....	25
1.6 RIESGOS POTENCIALES .....	26
<b>CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>28</b>
2.1 METODOLOGÍA DE INGENIERÍA DE NEGOCIOS.....	28
2.2 LÓGICA DE NEGOCIOS.....	31
2.2.1 <i>Gestión del conocimiento</i> .....	31
2.2.2 <i>Minería de datos</i> .....	33
<b>CAPÍTULO 3: PLANTEAMIENTO ESTRATÉGICO Y MODELO DE NEGOCIOS .....</b>	<b>46</b>
3.1 POSICIONAMIENTO ESTRATÉGICO .....	46
3.2 BALANCED SCORECARD .....	50
3.3 MODELO DE NEGOCIOS.....	51
<b>CAPÍTULO 4: ANÁLISIS SITUACIÓN ACTUAL .....</b>	<b>57</b>
4.1 ARQUITECTURA DE PROCESOS .....	57
4.2 MODELAMIENTO DETALLADO DE PROCESOS.....	58
4.2.1 <i>Modelamiento IDEF0</i> .....	59

4.3	DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....	67
4.4	CUANTIFICACIÓN DEL PROBLEMA U OPORTUNIDAD .....	73
<b>CAPÍTULO 5: PROPUESTA DE DISEÑO DE PROCESOS .....</b>		<b>77</b>
5.1	DIRECCIONES DE CAMBIO Y ALCANCE.....	79
5.1.1	<i>Variables de cambio.....</i>	<i>79</i>
5.1.2	<i>Matriz de cambio.....</i>	<i>81</i>
5.2	NUEVA ARQUITECTURA DE PROCESOS.....	84
5.3	NUEVO DISEÑO DETALLADO DE PROCESOS.....	86
5.3.1	<i>Diseño en IDEF0.....</i>	<i>87</i>
5.3.2	<i>Diseño en BPMN.....</i>	<i>100</i>
5.4	DISEÑO DE LA LÓGICA DE NEGOCIOS.....	102
<b>CAPÍTULO 6: PROPUESTA DE APOYO TECNOLÓGICO.....</b>		<b>105</b>
6.1	ESPECIFICACIÓN DE REQUERIMIENTOS .....	105
6.1.1	<i>Requerimientos Funcionales.....</i>	<i>105</i>
6.1.2	<i>Requerimientos No Funcionales.....</i>	<i>107</i>
6.2	ARQUITECTURA TECNOLÓGICA .....	108
6.3	DISEÑO DE LA APLICACIÓN .....	111
6.3.1	<i>Casos de Uso.....</i>	<i>111</i>
6.3.2	<i>Diagramas de Secuencia.....</i>	<i>115</i>
6.3.3	<i>Diagramas de Clases.....</i>	<i>121</i>
6.4	PROTOTIPO FUNCIONAL DESARROLLADO.....	122
6.4.1	<i>Análisis del estándar de entregables por fase de ingeniería.....</i>	<i>122</i>
6.4.2	<i>Categorización de la variable objetivo.....</i>	<i>129</i>
6.4.3	<i>Modelos de clasificación.....</i>	<i>132</i>

6.4.4	<i>Validación de los modelos</i> .....	151
6.4.5	<i>Análisis general del desempeño de los modelos</i> .....	155
6.4.6	<i>El Prototipo Final</i> .....	157
6.4.7	<i>Pasos siguientes en la organización</i> .....	159
<b>CAPÍTULO 7: EVALUACIÓN DEL PROYECTO</b> .....		<b>162</b>
7.1	DEFINICIÓN DE BENEFICIOS Y COSTOS .....	164
7.2	FLUJO DE CAJA.....	167
7.3	ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD.....	170
<b>CAPÍTULO 8: CONCLUSIONES</b> .....		<b>177</b>
8.1	EL PROTOTIPO Y MEJORAS EN LA ORGANIZACIÓN .....	178
8.2	EVALUACIÓN DE PROYECTO. ....	179
8.3	EFFECTOS DEL PROYECTO EN LA ORGANIZACIÓN .....	180
8.4	LECCIONES APRENDIDAS .....	183
8.5	TRABAJOS FUTUROS .....	184
<b>CAPÍTULO 9: BIBLIOGRAFÍA</b> .....		<b>186</b>
<b>CAPÍTULO 10: ANEXOS</b> .....		<b>189</b>

## ÍNDICE FIGURAS

Figura 1. Descripción de las oportunidades del mercado. ....	19
<b>Figura 2.</b> Principales competidores de Empresa de Ingeniería Minera en Chile. ....	20
<b>Figura 3.</b> Flujo de conocimiento entre procesos. ....	25
<b>Figura 4.</b> Metodología de Ingeniería de Negocios. ....	29
<b>Figura 5.</b> Arquitectura de macroprocesos. ....	31
<b>Figura 6.</b> Ciclo del conocimiento. ....	32
<b>Figura 7.</b> Descomposición de los modelos de minería de datos. ....	34
<b>Figura 8.</b> Una red neural artificial es un grupo interconectado de nodos similar a la vasta red de neuronas en un cerebro biológico. Cada nodo circular representa una neurona artificial y cada flecha representa una conexión desde la salida de una neurona a la entrada de otra. ....	38
<b>Figura 9.</b> Matriz de confusión. ....	41
<b>Figura 10.</b> Ejemplo para entender el funcionamiento de la matriz de confusión. ....	42
<b>Figura 11.</b> Estructuras de ejemplo de la descomposición implementada por el método CRISP-DM. ....	43
<b>Figura 12.</b> Metodología CRISP-DM. ....	44
<b>Figura 13.</b> Mapa estratégico global, siendo Minería en donde se desarrollará el proyecto. ....	46
<b>Figura 14.</b> Actual posicionamiento estratégico, modelo delta de Hax, y su relación con el balanced scorecard. ....	47
<b>Figura 15.</b> Nuevo posicionamiento estratégico, modelo delta de Hax. ....	48
<b>Figura 16.</b> Alineamiento del rediseño con el análisis FODA. ....	49
<b>Figura 17.</b> Alineamiento estandarización-estandarización de procesos. ....	50
<b>Figura 18.</b> Balanced Scorecard de la organización en Chile. ....	51
<b>Figura 19.</b> Modelo de negocios CANVAS. ....	52
<b>Figura 20.</b> Propuesta de Valor. ....	54



<b>Figura 21.</b> Gestión estratégica de proyectos de Minería y Metales.....	58
<b>Figura 22.</b> Cadena de valor.....	59
<b>Figura 23.</b> Administración relación con el cliente minero.....	60
<b>Figura 24.</b> Marketing y análisis de posibles negocios del mercado minero.....	61
<b>Figura 25.</b> Propuesta análisis técnico económico.....	62
<b>Figura 26.</b> Procesamiento de propuestas y nuevos negocios.....	64
<b>Figura 27.</b> Gestión del proyecto minero.....	66
<b>Figura 28.</b> Resultados del 2015 del departamento de negocios.....	68
<b>Figura 29.</b> Gráfico y análisis de los resultados 2015 del departamento de negocios.....	69
<b>Figura 30.</b> Gráfico de los resultados en relación al universo total de propuestas para el año 2015. .....	70
<b>Figura 31.</b> Gráfico de los resultados 2015 en relación a la cantidad total de oportunidades de generar posibles negocios.....	71
<b>Figura 32.</b> Gráfico del detalle de las 56 propuestas presentadas en año 2015.....	72
<b>Figura 33.</b> Gráfico del tamaño del mercado aprovechado en el 2015.....	73
<b>Figura 34.</b> Preguntas a responder con la solución propuesta.....	73
<b>Figura 35.</b> Modificaciones en el modelo de negocios.....	77
<b>Figura 36.</b> Direcciones de cambio y alcance que incorpora el rediseño de procesos.....	79
<b>Figura 37.</b> Matriz de cambio del proyecto de rediseño de procesos de negocios.....	83
<b>Figura 38.</b> Arquitectura de procesos.....	85
<b>Figura 39.</b> Estructura de procesos de la cadena de valor, procesos que se rediseñarán.....	87
<b>Figura 40.</b> Administración relación con el cliente.....	88
<b>Figura 41.</b> Marketing y análisis de posibles negocios.....	89
<b>Figura 42.</b> Atención al cliente y desarrollo del plan de procesamiento.....	90
<b>Figura 43.</b> Preparación y ejecución del modelo de clasificación.....	93

<b>Figura 44.</b> Satisfacción del cliente y desarrollo de la propuesta.....	95
<b>Figura 45.</b> Gestión del desarrollo del proyecto. ....	96
<b>Figura 46.</b> Desarrollo y entrega del proyecto. ....	97
<b>Figura 47.</b> Atención al cliente y desarrollo del plan de procesamiento.....	98
<b>Figura 48.</b> Preparación y ejecución del modelo de clasificación. ....	99
<b>Figura 49.</b> Etapa de preparación de los datos para la ejecución del modelo. ....	100
<b>Figura 50.</b> Etapa de ejecución de la plataforma de apoyo tecnológico. ....	101
<b>Figura 51.</b> Etapa de aplicación del modelo de clasificación. ....	101
<b>Figura 52.</b> Principal apoyo tecnológico en procesos de generación de propuestas. ....	103
<b>Figura 53.</b> Diseño de la lógica de negocios de la solución tecnológica.....	104
<b>Figura 54.</b> Arquitectura tecnológica. ....	108
<b>Figura 55.</b> Principales tópicos de la solución tecnológica. ....	109
<b>Figura 56.</b> Comportamiento general de la solución tecnológica.....	111
<b>Figura 57.</b> Diagrama de casos de uso. ....	113
<b>Figura 58.</b> Diagrama de secuencia “aplicación del modelo de minería de datos y generación de información estratégica”.....	115
<b>Figura 59.</b> Diagrama de secuencia “Recopilación de data para el modelo de minería de datos”. .....	116
<b>Figura 60.</b> Diagrama de secuencia “Aplicación del modelo de minería de datos”. ....	117
<b>Figura 61.</b> Diagrama de secuencia “Análisis de los resultados del modelo de minería de datos”. .....	118
<b>Figura 62.</b> Diagrama de secuencia “Aplicación del modelo de minería de datos y generación de información estratégica”.....	119
<b>Figura 63.</b> Diagrama de secuencia “Recopilación de data para el modelo de minería de datos”. .....	119
<b>Figura 64.</b> Diagrama de secuencia “Aplicación del modelo de minería de datos”. ....	120

<b>Figura 65.</b> Diagrama de secuencia “Análisis de los resultados del modelo de minería de datos”.	120
<b>Figura 66.</b> Diagrama de clases.	121
<b>Figura 67.</b> Diagrama de paquetes del sistema.	122
<b>Figura 68.</b> Extracto de entregables para la fase de Scoupe.	123
<b>Figura 69.</b> Resumen de HH para cada entregables para la fase de Scoupe.	124
<b>Figura 70.</b> Extracto de entregables para la fase de Pre Factibilidad	124
<b>Figura 71.</b> Resumen de HH para cada entregables para la fase de Pre Factibilidad	125
<b>Figura 72.</b> Extracto de entregables para la fase de Factibilidad.	125
<b>Figura 73.</b> Resumen de HH para cada entregables para la fase de Factibilidad.	126
<b>Figura 74.</b> Extracto de entregables para la fase de Ingeniería Básica.	126
<b>Figura 75.</b> Resumen de HH para cada entregables para la fase de Ingeniería Básica	127
<b>Figura 76.</b> Resumen de HH para cada entregables para la fase de Ingeniería de Detalle	127
<b>Figura 77.</b> Resumen de HH para cada entregables para la fase de Ingeniería Detalle	128
<b>Figura 78.</b> Fases de Ingeniería y su complejidad en relación a la cantidad de HH necesario para su desarrollo.	128
<b>Figura 79.</b> Fases de Ingeniería y su complejidad en relación a la cantidad de HH.	131
<b>Figura 80.</b> Ingeniería de detalle- disciplinas y categorías en relación a la cantidad de HH.	132
<b>Figura 81.</b> Proceso de limpieza y preparación de datos.	133
<b>Figura 82.</b> Módulo importación de datos.	134
<b>Figura 83.</b> Parámetros del módulo remove duplicates.	135
<b>Figura 84.</b> Configuración módulo replace missing values.	135
<b>Figura 85.</b> Gráfica de los datos no balanceados por categoría de cantidad de HH unitaria.	136
<b>Figura 86.</b> Balanceo de datos undersampling.	136
<b>Figura 87.</b> Set de datos balanceados.	137

<b>Figura 88.</b> Esquema de división de los datos en entrenamiento y test.....	138
<b>Figura 89.</b> Ejemplo gráfico de las combinaciones entre certeza y precisión. ....	139
<b>Figura 90.</b> Modelo de clasificación Redes Neuronales. ....	140
<b>Figura 91.</b> Módulo de validación aplicando Redes Neuronales.....	140
<b>Figura 92.</b> División de la muestra de datos en 50% testeo y 50% validación.....	140
<b>Figura 93.</b> Parámetros de la Neural Net. ....	142
<b>Figura 94.</b> Matriz de confusión modelo de clasificación de Redes Neuronales.....	143
<b>Figura 95.</b> Proceso completo del modelo de clasificación Random Forest .....	144
<b>Figura 96.</b> Módulo validación aplicando Random Forest .....	145
<b>Figura 97.</b> Parámetros del módulo de Random Forest .....	146
<b>Figura 98.</b> Matriz de confusión Random Forest .....	147
<b>Figura 99.</b> Set de datos desbalanceados .....	148
<b>Figura 100.</b> Muestra de los datos categorizados que se utilizaron en el algoritmo.....	149
<b>Figura 101.</b> Matriz de confusión modelo de clasificación de Redes Neuronales utilizando datos desbalanceados.....	149
<b>Figura 102.</b> Matriz de confusión Random Forest utilizando datos desbalanceados.....	150
<b>Figura 103.</b> Datos reales del proyecto M40217 .....	151
<b>Figura 104.</b> Matriz de confusión del modelo de Redes Neuronales del proyecto M40217 .....	151
<b>Figura 105.</b> Datos reales del proyecto M40286 .....	152
<b>Figura 106.</b> Matriz de confusión del modelo de Redes Neuronales del proyecto M40286 .....	152
<b>Figura 107.</b> Datos reales del proyecto M40217 .....	153
<b>Figura 108.</b> Matriz de confusión del modelo de Random Forest del proyecto M40217 .....	154
<b>Figura 109.</b> Datos reales del proyecto M40286 .....	154
<b>Figura 110.</b> Matriz de confusión del modelo de Random Forest del proyecto M40286 .....	155
<b>Figura 111.</b> Diagrama de flujo del proceso de apoyo a la toma de decisiones.....	160

<b>Figura 112.</b> Flujo de caja del delta entre alternativa con proyecto y sin proyecto para los primeros seis meses.....	168
<b>Figura 113.</b> Flujo de caja del delta entre alternativa con proyecto y sin proyecto del mes siete al diez y seis.....	168
<b>Figura 114.</b> Análisis de sensibilidad del flujo de caja privado.....	171
<b>Figura 115.</b> Análisis de sensibilidad: VAN.....	172
<b>Figura 116.</b> Resultados de análisis de sensibilidad.....	172
<b>Figura 117.</b> Escenario pesimista Mes 0-6.....	173
<b>Figura 118.</b> Escenario pesimista Mes 7-16.....	173
<b>Figura 119.</b> Escenario optimista Mes 0-6.....	174
<b>Figura 120.</b> Escenario optimista Mes 7-16.....	174

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Matriz de riesgo probabilidad – influencia.....	26
<b>Tabla 2:</b> Tabla de riesgo, medida, probabilidad, impacto y mitigación. ....	26
<b>Tabla 3:</b> Aspectos del negocio y objetivos específicos.....	48
<b>Tabla 4:</b> Tabla de las líneas del cambio.....	78
<b>Tabla 5:</b> Tabla de las variables de cambio.....	79
<b>Tabla 6:</b> Tabla de relación con los sistemas, canales y núcleos de servicios con alguno los objetivos del rediseño. ....	81
<b>Tabla 7:</b> Tabla de objetivos a lograr.....	82
<b>Tabla 8:</b> Analista de propuestas. ....	112
<b>Tabla 9:</b> Analista de minería de datos.....	112
<b>Tabla 10:</b> Casos de uso.....	113
<b>Tabla 11:</b> Categorías por cantidad de Horas Hombre.....	130
<b>Tabla 12:</b> Fases de Ingeniería y su categorización. ....	130
<b>Tabla 13:</b> Módulos del proceso de limpieza y preparación de datos. ....	134
<b>Tabla 14:</b> Módulos del proceso de clasificación aplicando Redes Neuronales.....	141
<b>Tabla 15:</b> Parámetros del módulo Neural Net. ....	142
<b>Tabla 16:</b> Módulos y funciones del proceso de clasificación aplicando Random Forest.....	145
<b>Tabla 17:</b> Parámetros del módulo Random Forest.....	146
<b>Tabla 18:</b> Resultados Modelo Redes Neuronales en proyecto M40217.....	152
<b>Tabla 19:</b> Resultados Modelo Redes Neuronales en proyecto M40286.....	153
<b>Tabla 20:</b> Resultados Modelo Random Forest en proyecto M40217.....	154
<b>Tabla 21:</b> Resultados Modelo Random Forest en proyecto M40286.....	155
<b>Tabla 22:</b> Cumplimiento de los objetivos. ....	157
<b>Tabla 23:</b> Personal - HH. ....	166

<b>Tabla 24:</b> Cantidad horas estimada para apoyo. ....	167
<b>Tabla 25:</b> Cumplimiento de los objetivos. ....	182

# **CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN Y CONTEXTO**

---

## **Contexto de la Empresa**

La “Empresa Minera” ofrece servicios de consultoría, ingeniería, gerencia de proyectos, operaciones y construcción, entrega de proyectos y servicios de equipos eléctricos especializados a sus clientes con más de 150 años de historia, trabajando en aproximadamente 50 países. Actualmente la integran alrededor de 36.000 personas de talento excepcional en todas sus operaciones mundiales para los mercados de petróleo y gas, energía limpia, minería, medioambiente e infraestructura.

### **1.1 Antecedentes de la Industria**

Gran parte del mundo se encuentra afectado por una crisis de inversión y desarrollo en el sector minero desde inicios del 2013. Uno de los resultados de la crisis es la disminución de la inversión. Hasta ahora la crisis por la baja del precio del metal ha dejado sin trabajo a unas 1.600 personas y obligado a cerrar a 203 pequeños proveedores [2]. El panorama global en Chile para el sector minero no es alentador, según el Consejo Minero, “la brusca caída en los precios de los minerales empujó un mayor ajuste en la industria durante 2015. La situación más sensible se evidenció en la pequeña y mediana minería, con el cierre de varias operaciones. En la gran minería, por su parte, se agudizó la necesidad de optimización que ya venía observándose en años anteriores. Los casos más notorios fueron quizás los de El Abra y Collahuasi, que incluso se vieron en la necesidad de bajar su producción. A nivel agregado de la industria minera en Chile, la manifestación más visible de este ajuste se dio en el empleo, que cayó de 242 mil personas en 2014 a menos de 219 mil en 2015. Así también, las exportaciones mineras cayeron un 17% en el año, pasando de casi US\$ 42 mil millones a menos de US\$ 35 mil millones” [17].

Los efectos de la crisis se ven reflejados de forma más visible en la poca empleabilidad de profesionales por parte de las organizaciones mineras o ligadas a la minería. Actualmente existe muy poca demanda de trabajos y mucha oferta de recursos humanos



en el mercado, esto se refleja en la tasa de desempleo mensual nacional INE de un 6,3% en febrero del 2016. Las remuneraciones están a la baja y las organizaciones ya no retienen con tanta fuerza a sus empleados, actitud que difiere a su anterior política, en donde se priorizaba tener un staffing de personal competente siempre disponible para nuevos proyectos. Una razón de la antigua estrategia de retención se definía porque se cuidaba al recurso humano especialista, debido al alto grado de rotación que existía en el mercado.

Dentro del sector minero encontramos a muchas organizaciones de ingeniería que prestan servicios como contratistas a las mineras, siendo “Empresa de Ingeniería Minera” una de las con mayor presencia a nivel global. La organización generó 9 mil millones de dólares el año 2014 por ingresos de explotación a nivel global, de los cuales 17 millones de dólares corresponden a negocios de Minería y Metales en nuestro país, que equivalen al 0,18% del total de los ingresos globales.

En Chile existe un mercado para las organizaciones de ingeniería dedicadas al desarrollo de proyectos mineros. Los proyectos principalmente se desarrollan de dos formas: Greenfield, (desarrollado desde cero), o Brownfield, (se utilizan instalaciones existentes y se modifican). Los proyectos se clasifican en fases, están son principalmente: Pre factibilidad, factibilidad, ingeniería básica, ingeniería de detalle y proyectos de construcción (EPCM)<sup>2</sup>

Con la información pública disponible al primer trimestre de este año, la CBC<sup>3</sup> estimó que “los proyectos con cronograma definido en minería suman 102 (72 de ellos en las regiones de Atacama y Antofagasta), de los cuales solo 46 están en etapa de construcción y de ellos 39 son proyectos privados [16].

---

<sup>2</sup> EPCM: Ingeniería, Construcción y Administración de la construcción.

<sup>3</sup> Corporación de Bienes de Capital

Con este volumen y considerando la estimación para el trienio entre 2015 y 2016, la inversión por materializarse en proyectos mineros se ajustó a la baja en US\$ 3 mil millones, en comparación con la proyección anterior de la CBC, realizada en el último trimestre de 2013, cuando las inversiones previstas para los próximos tres años sumaban US\$ 29.477 millones. Es decir, en tres meses se postergó o se canceló el 10,2% de las inversiones mineras que se habían anunciado en el informe previo que se materializarían entre 2015 y 2016. Así, con la nueva estimación, las inversiones a ejecutar en ese lapso suman US\$ 26.461 millones, concentradas en 2015 y 2016".[27]

En términos generales, los factores que más inciden en la reducción de la estimación son la paralización y el aplazamiento de cronogramas de megaproyectos, tras los problemas energéticos, medioambientales y judiciales asociados. La mayor parte de la cartera de proyectos mineros greenfield se ha postergado para fines de la década, lo que ha reducido significativamente las estimaciones de inversión hasta 2018 de este sector.

El 2015 es el año más afectado, se perdió inversiones por US\$ 1.548 millones, dos tercios de los cuales vienen de proyectos de origen privado. En Chile, la incertidumbre generada por China y el fuerte impacto que esto ha tenido en precios de commodities afectan el atractivo de Latinoamérica como un todo. En particular, la fuerte caída del cobre reduce el atractivo de Chile como destino de inversión. No obstante, dentro del contexto latinoamericano, Chile se ve menos afectado que otros países en el escenario actual" [2].

Eso también explicaría que, a marzo de 2014, los proyectos sin programa definido, que son aquellos anunciados pero que aún no tienen plazos para su desarrollo, sumen más que los proyectos que sí tienen plazos para materializarse, y hoy contabilicen 119 iniciativas, por un total de US\$ 59.385 millones en inversiones.

Es en las crisis en donde aparecen muchas oportunidades para las organizaciones, principalmente ellas pueden optar por reinventarse completamente, cambiar su target o generar productos sustitutos. La "Empresa de Ingeniería Minera" tiene como principal patrimonio el conocimiento de las personas que la componen y es por eso que debe

seleccionar estrategias adecuadas para el beneficio de la organización y así beneficiarse de las oportunidades del mercado. Dado lo anterior podemos visualizar las siguientes oportunidades:

Oportunidades del Mercado			
Enfocarse en los procesos internos de la compañía y las posibilidades de reinventarse o mejorar.	Utilizar el conocimiento y la información obtenida por la experiencia para abordar la crisis.	Fortalecer las relaciones con actuales clientes.	Generar nuevas estrategias de adquisición de negocios acorde con el actual panorama.

**Figura 1.** Descripción de las oportunidades del mercado.

En Chile la minería es uno de los principales sectores productivos del país, es por esto que Chile es considerado un país minero y por ende existe todo un mercado que genera empleo y proyectos para las organizaciones ligadas a la minería. El principal cliente de "Empresa de Ingeniería Minera" es CODELCO aportando con aproximadamente un 65% de los ingresos de la organización en Chile.

Países eminentemente mineros: aquellos en los cuales el porte de la minería como valor de producción total al PIB<sup>4</sup> supera el 6% en relación a su dependencia, siendo nuestro país cuarto a nivel mundial con un 14,7%. [18]

El enfoque de "las cinco fuerzas" de Porter se ha situado como el principal instrumento de análisis estratégico de una industria.<sup>5</sup> y permite determinar el atractivo de una industria para una empresa. [25]

- La rivalidad entre Competidores
- La amenaza de nuevos Participantes

---

<sup>4</sup> Producto interno bruto.

<sup>5</sup> Estrategia Competitiva" en 1980 y "Ventaja Competitiva" en 1985, Michel Porter

- La amenaza de Sustitución
- El poder de Negociación de los Proveedores
- El poder de Negociación de los Clientes

Si analizamos el mercado minero en base a las cinco fuerzas de Porter podemos destacar dos fuerzas en particular:

### **La rivalidad entre Competidores**

Se destaca una fuerte rivalidad entre competidores dada por la gran cantidad de organizaciones nacionales y multinacionales que aportan con servicios de ingeniería al sector minero, que compiten por el mismo tipo de cliente, ofreciendo un servicio equivalente, de las cuales las principales competidoras en el mercado son:



**Figura 2.** Principales competidores de Empresa de Ingeniería Minera en Chile.

### **El poder de Negociación de los Clientes**

Los clientes son los dueños de los proyectos mineros a los cuales la “Empresa de Ingeniería Minera”, les prestará sus servicios. Los clientes adquieren un mayor poder de negociación dada la disminución del número de proyectos y el estancamiento de la inversión como tópico a nivel global. Las empresas competidoras del mercado, al igual que “Empresa de Ingeniería Minera”, ofrecen diversos tipos de servicios a la minería, pero principalmente son proyectos de ingeniería para fases de pre factibilidad, factibilidad, ingeniería básica, ingeniería de detalle. También servicios de elaboración de CAPEX, consultoría minera, estudios ambientales, etc. Esta realización de servicios depende directamente de la adjudicación de estos proyectos y al existir poca oferta y

mucha demanda, los clientes fortalecen su nivel de negociación frente a la situación actual.

## **1.2 Descripción de la Organización**

La “Empresa de Ingeniería Minera” a nivel mundial es una de las organizaciones con mayor participación en el mercado del Petróleo-Gas y Minería-Metales. A nivel mundial ha desarrollado algunos de los proyectos más desafiantes en el mundo, siendo actualmente conocida por su excelencia en la gestión y entrega de proyectos exitosos.

En Chile se fundó en el año de 1999 y desde entonces es responsable de entregar de forma exitosa numerosos proyectos en Chile y Latinoamérica. Se caracteriza por la calidad de sus empleados en todo el mundo, reconocida por sus pares del rubro y un sinnúmero de clientes. Dentro de la nómina de empleados existen muchos especialistas y expertos en las distintas ramas de las ciencias ingenieriles, que permiten ofrecer servicios de ingeniería de un gran nivel en relación a otras organizaciones del mercado.

La organización es propietaria de importantes intangibles que forman parte de su cultura organizacional, siendo el conocimiento un bien en extremo valioso para el éxito de la organización, y este conocimiento se encuentra principalmente en personas que la componen. Su nicho a nivel global es la construcción de sistemas complejos para la extracción y refinación de petróleo y gas, la energía y la minería.

Aspectos sobre “Empresa de Ingeniería Minera”:

- Más de 36.000 personas talentosas en todas sus operaciones mundiales.
- Más de 150 años de historia trabajando en aproximadamente 50 países.
- Presentes en mercados de petróleo y gas, energía limpia, minería, medioambiente e infraestructura.
- Ofrece servicios de consultoría, ingeniería, gerencia de proyectos, operaciones y construcción, entrega de proyectos a clientes en todo el mundo.
- Clientes, tanto del sector público como privado, entre los más grandes y mejores en sus campos a nivel mundial.

### 1.3 Problema u Oportunidad Identificada

El problema del estudio se clasifica dentro de la fuente principal de ingresos de la organización que es la generación de negocios dado por la preparación de propuestas, su adjudicación y la realización de proyecto de forma exitosa.

Las fuentes de ingreso de la organización son por utilidades por realización de proyectos exitosos, servicios por consultorías y servicios por estimaciones. A continuación, se describen los problemas encontrados asociados al proceso de adjudicación de propuestas:

- El know how es poco aprovechado (lecciones aprendidas), alrededor del 70% del conocimiento se pierde.
- Poca retención del conocimiento y experiencia en la organización (durante los últimos dos años se ha disminuido la cantidad en un 36% a nivel nacional, 11% a nivel mundial).
- El multiplicador de venta por propuesta es muy alto (P). (dado que el 93% de la tarifa corresponde a costo).
- Se puede mejorar la estimación de HH por cada propuesta (Q). (el 75% de las propuestas se pierde anualmente, y de ellas un 20% aprox. se atribuye a una mala estimación de la variable cantidad de HH).
- Los recursos en la generación de propuestas se pueden administrar de mejor forma. (El presupuesto del departamento de propuestas esta un 15% sobre el presupuesto anual).

La organización busca incrementar su competitividad en el mercado mediante un incremento en la precisión de sus propuestas de negocios.

El principal problema es la falta de competitividad de la organización en su oferta final (combinación precio (P) \* cantidad HH (Q)), en donde el porcentaje de propuestas ganadas es inferior al fijado por el juicio experto de la gerencia a nivel mundial, ya que la adjudicación de propuestas está por un 10% por debajo del objetivo estratégico vigente.

El 25% de las propuestas presentadas son ganadas anualmente, porcentaje que es inferior al 35% que se estima como meta definida a nivel corporativo.

#### **1.4 Objetivos y Resultados Esperados del Proyecto**

Una característica de los objetivos de la organización es que son SMART, esto quiere decir, poseen las siguientes características:

- Específicos, medibles, alcanzables, realistas, oportunos.

##### **1.4.1 Objetivos Generales**

Aumentar la participación en el mercado mediante la adjudicación de un número mayor de proyectos que el año anterior, potenciando el desempeño del departamento de propuestas de negocios con apoyo de la tecnología y la utilización del conocimiento existente en la organización.

##### **1.4.2 Objetivos Específicos**

Los siguientes objetivos son específicos al proyecto, en su conjunto, aportan al cumplimiento de los objetivos generales:

- Generar un aumento % sobre la cantidad de propuestas ganadas a diciembre del 2016 en relación al año anterior.
- Adjudicar un 20% más de proyectos sobre 5 M \$USD dentro del año 2016 con respecto al año 2015 en proyectos de minería y metales Chile.
- Generar ingresos totales en al menos un 10% superior a los obtenidos el año 2016 en proyectos de minería y metales Chile.
- Generar un aumento asociado al proyecto de rediseño de al menos un 3% sobre las actuales probabilidades de la compañía en la estimación forecast para el 2016-2020.
- Ganar al menos 800.000 HH en proyectos dentro del año 2016 para proyectos de minería y metales Chile.

- Diseñar los procesos necesarios para ayudar al aumento esperado de la retención del know how de la compañía en al menos un 20% a diciembre del 2016.
- Evaluar el proyecto de rediseño de procesos de negocios con un VAN >0 generando el flujo de caja privado, análisis de sensibilidad, análisis de escenarios y una evaluación financiera para un horizonte de diez y seis meses desde el 2016 y una tasa de descuento dada por CAPM.
- Desarrollar e implementar las pruebas funcionales que prueben que el modelo de minería de datos basado en clasificación, utilizando los datos disponibles de la organización al 2016, aumenta en al menos un 10% las posibilidades de mejorar las utilidades al mejorar las posibilidades de ganar propuestas.
- Disminuir el multiplicador de costo de la compañía en un 10% a diciembre del 2016 mediante una mejor administración y gestión de los recursos del área de desarrollo de negocios.

### **1.4.3 Resultados Esperados**

- Posiblemente aumentar en un 5% las probabilidades de la compañía en ganar más propuestas a diciembre del 2016.
  - Como consecuencia del rediseño, posiblemente aumentar el target objetivo del mercado en un 3%, mejorando las oportunidades de generar negocios a diciembre del 2016.
  - Aumentar al menos de un 25% actual a un 30% el número de propuestas ganadas si el mercado lo permite a diciembre del 2016. (Oferta final más competitiva, P\*Q).
- Mejorar la gestión de los recursos del departamento en un 20% a diciembre del 2016.
  - Reducir en un 20% el plazo de la preparación de propuestas a diciembre del 2016.
  - Optimizar el uso de nuestros recursos en al menos un 15%, cumpliendo con el presupuesto del 2016.

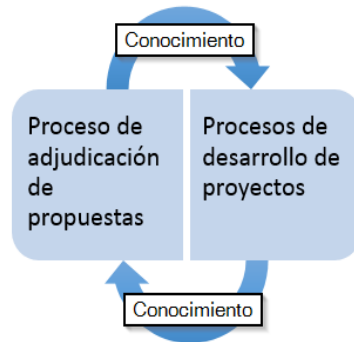


## 1.5 Alcance

El conocimiento en la organización puede tomar muchas formas. Esto incluye las competencias y capacidades de los empleados, el conocimiento de la organización sobre sus clientes y proveedores, el know-how para entregar procesos específicos [11].

El rediseño se centrará en el departamento de desarrollo de propuestas de la organización, para proyectos de minería y metales, logrando que el conocimiento fluya dentro del departamento, capturando gran parte de la experiencia, buenas prácticas y lecciones aprendidas de proyectos realizados por la organización.

- Se incluirá el estudio del rediseño de los procesos del negocio y la evaluación de implementar el proyecto en la organización.
- El desarrollo del prototipo funcional del modelo de minería de datos.
- Mejora en los estándares de la organización asociados a los procesos propios del departamento de nuevos negocios.



**Figura 3.** Flujo de conocimiento entre procesos.

La generación de un repositorio de información y la limpieza de los datos es fundamental para el éxito del rediseño propuesto. Al igual que muchas nuevas tecnologías de la información, utilizar el Big Data puede traer reducciones drásticas de costos, sustanciales mejoras en el tiempo requerido para realizar una tarea informática, o nuevas ofertas de productos y servicios [1].

## 1.6 Riesgos Potenciales

Los riesgos que comprometer la implementación exitosa del proyecto son los siguientes:

- Rechazo del personal a la implementación de la solución.
- Débil patrocinio dentro de la organización.
- Acceso a la información sensible.
- No obtener datos de calidad y poca disponibilidad de estos.
- Dificultad de generar cambios en la cultura organizacional.
- Negativa a la implementación del proyecto a nivel organizacional.

**Tabla 1:** Matriz de riesgo probabilidad – influencia.

Probabilidad de ocurrencia				
Alta	Alerta	Tratamiento	Tratamiento	
Media	Revisión	Alerta	Tratamiento	
Baja	Revisión	Revisión	Tratamiento	
	Baja	Media	Alta	Influencia en el negocio

**Tabla 2:** Tabla de riesgo, medida, probabilidad, impacto y mitigación.

Riesgos	Medida	Probabilidad de ocurrencia	Impacto en el negocio	Medidas de mitigación
Rechazo del personal a la implementación de la solución	Tratamiento	Media	Alta	Campañas en canales de comunicación y escuchar las opiniones de los distintos roles que participarán
Débil patrocinio dentro de la organización	Tratamiento	Media	Alta	Comunicación con las autoridades para alinear a todos al proyecto. Generar apoyo, en especial, de la máxima autoridad de la organización.
Sin acceso a la información sensible.	Tratamiento	Alta	Alta	Solicitar los permisos necesarios, apoyarse del patrocinador, generar confianza.

No obtener datos de calidad y poca disponibilidad de estos.	Tratamiento	Baja	Alta	Dedicar recursos para identificar los datos que son de utilidad. Solicitar los permisos necesarios, apoyarse del patrocinador, generar confianza.
Dificultad de generar cambios en la cultura organizacional.	Alerta	Media	Media	Generar medidas de mitigación de la resistencia dentro de la organización, tratar de erradicar el miedo al cambio. Enfocarse más en lo que queremos mantener de la cultura que en lo que hay que cambiar.
Negativa a la implementación del proyecto a nivel organizacional	Revisión	Alta	Baja	Evaluar el proyecto y generar las presentaciones y reuniones necesarias para mostrar los beneficios del rediseño en la organización.

## CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

---

### 2.1 Metodología de Ingeniería de Negocios

La ingeniería de negocios se puede definir como una disciplina que busca guiar a las organizaciones en el diseño, construcción e implementación de sus procesos, puntos clave en el éxito de los negocios [9].

*Planteamiento Estratégico:* Se define como un planteamiento claro acerca de cómo se concibe la organización, y cómo ésta debiera estructurarse para competir con éxito. A este nivel se aplica la teoría de estrategia de Hax [28] para identificar el tipo de estrategia que debiera seguir la organización.

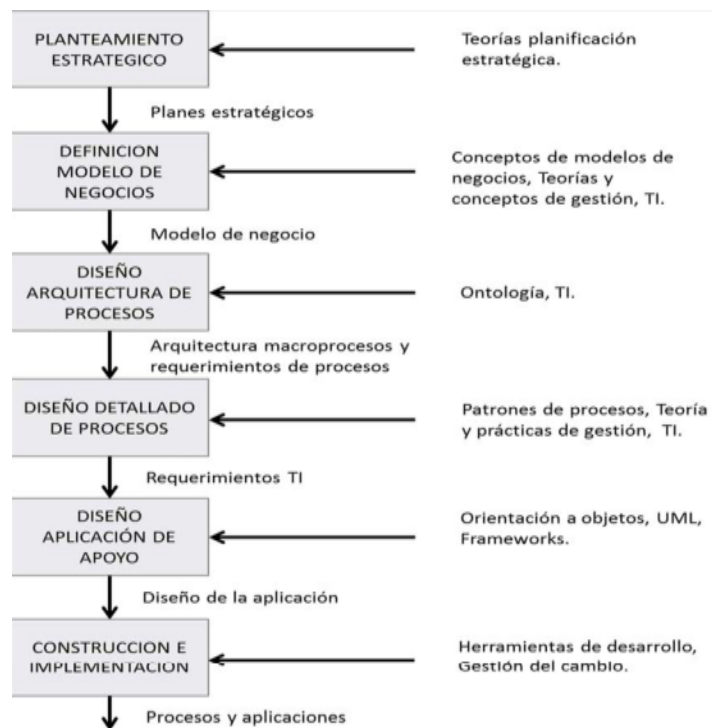
*Definición del Modelo de Negocio:* Se define cómo serán prestados los servicios a los clientes, de manera consistente con los objetivos estratégicos.

*Diseño de la Arquitectura de Procesos:* A partir del planteamiento estratégico y el modelo de negocio, se crea una estructura formal de procesos denominada arquitectura, la cual determina las operaciones que debiera realizar la organización.

*Diseño de los Procesos de Negocio:* Consistente en detallar los niveles de la arquitectura de procesos, utilizando el estándar de notación de procesos de negocios BPMN.

*Diseño de las Aplicaciones TI de apoyo a los Procesos:* En este nivel se diseña la arquitectura del sistema tecnológico que apoyará a los procesos de la organización.

*Construcción e Implementación:* En esta etapa se construye la aplicación tecnológica de apoyo, y su implementación en la organización, este aspecto que está sujeto a la factibilidad técnica y de recursos con que cuente la organización.



**Figura 4.** Metodología de Ingeniería de Negocios.

### **Diseño del modelo y los procesos de negocios**

Un modelo macro es un conjunto de actividades y flujos de información, productos e incluso personas, que se desarrollan o que intervienen en un proceso determinado. Estas macros tienen un objetivo normativo y se deben determinar cuál de las actividades debe o no estar en el modelo correspondiente [9].

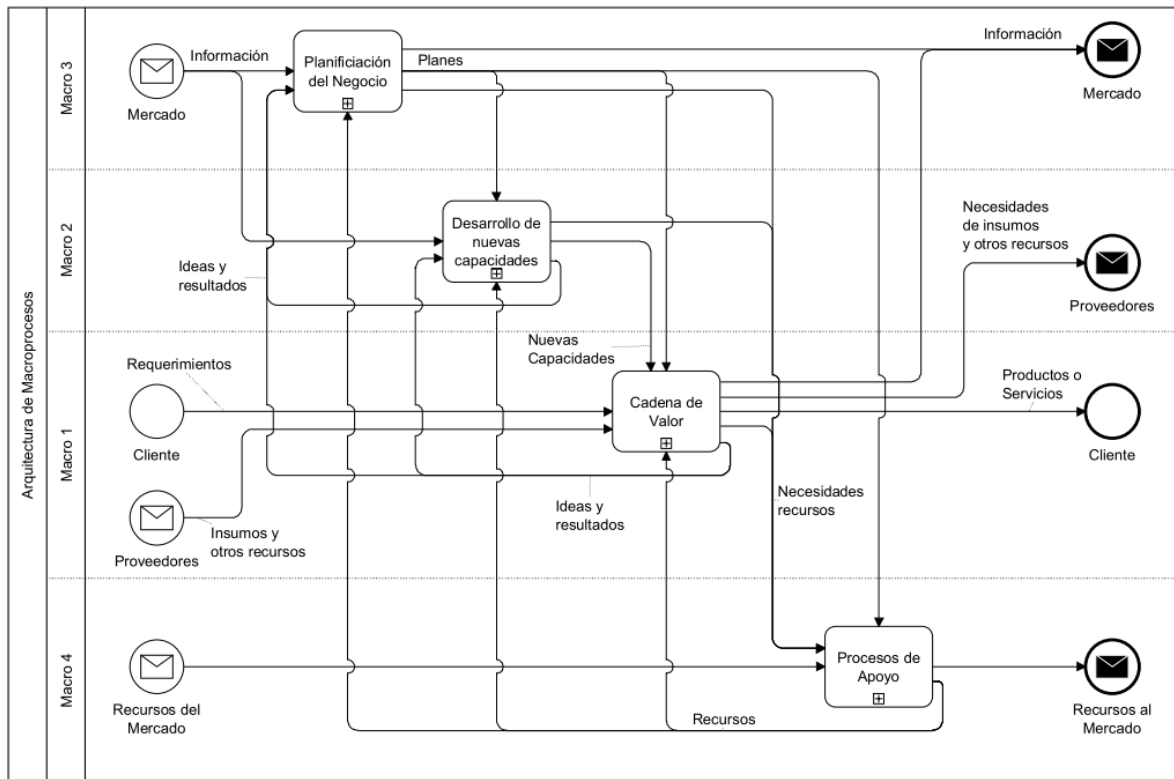
La arquitectura de procesos implementa las capacidades que los patrones de negocio definen, y estas capacidades se reflejan en los patrones de arquitectura y de procesos, lo cuales pueden ser adaptados a cualquier dominio con el fin de modelar opciones de configuración de procesos.

Para diseñar esta arquitectura se utilizan patrones que se basan en extensiva experiencia de diseño de procesos realizada en cientos de casos reales y comparten la idea que existen cuatro agrupaciones de procesos, llamados macroprocesos, que existen en cualquier organización. La Arquitectura de macroprocesos, define cuatro

grandes procesos o “macros” que debiesen estar presentes en las organizaciones [15], estos se definen como:

- Macroproceso 1 (Macro 1): Conjunto de procesos que ejecutan la producción de bienes y/o servicios de la empresa, el cual va desde que se interactúa con el cliente para generar requerimientos hasta que estos han sido satisfechos. Este macroproceso se denomina cadena de valor.
- Macroprocesos 2 (Macro 2): Conjunto de procesos que desarrollan las nuevas capacidades que la empresa requiere para ser competitiva: los nuevos productos y servicios, incluyendo modelos de negocios, que una empresa requiere para mantenerse vigente en el mercado. Este macroproceso se centra en la capacidad de innovación de la empresa.
- Macroproceso 3 (Macro 3): Conjunto de procesos que planifican el negocio, es decir, que definen el curso futuro de la organización en la forma de estrategias, que se materializan en planes y programas.
- Macroproceso 4 (Macro 4): Conjunto de procesos de apoyo que manejan los recursos necesarios para que los anteriores operen. Hay cuatro grandes grupos: recursos financieros, humanos, infraestructura y materiales.

De acuerdo a este enfoque, cualquier organización puede modelarse según estos cuatro macroprocesos, que entregan una estructura integrada y coherente para el buen funcionamiento de esta. Además, este marco conceptual permite identificar las relaciones entre los procesos, los flujos de información y los requerimientos entre ellos, que permiten una mejor gestión de la organización en su conjunto.



**Figura 5.** Arquitectura de macroprocesos.

## 2.2 Lógica de Negocios

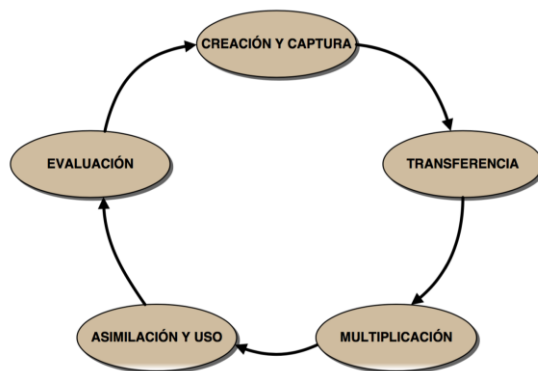
### 2.2.1 Gestión del conocimiento

La Gestión del Conocimiento es la identificación, optimización y gestión dinámica de los activos intelectuales en forma de conocimiento explícito o tácito poseído por personas o comunidades<sup>6</sup>. La Gestión del Conocimiento pretende poner al alcance de cada empleado la información que necesita en el momento preciso para que su actividad sea efectiva. El éxito de la gestión de conocimiento está en poder convertir el Know How de las empresas en capital intelectual [12].

#### Ciclo del conocimiento

El ciclo del conocimiento [13] nos permite entender mejor las espirales positivas que se generan en la organización a medida que aprende y mejora como si fuera un organismo

biológico, con lo cual logra auto-sustentación y crecimiento a medida que la organización aprende de sí misma.



**Figura 6.** Ciclo del conocimiento.

Este modelo se basa en un ciclo del conocimiento, donde las dimensiones son [26]:

- Creación y captura. El conocimiento es creado o capturado por la organización, desde fuentes internas como I+D+i (Investigación, Desarrollo e Innovación) o externas. En este proceso se puede incluir la compra de información o de conocimiento experto.
- Transferencia. El conocimiento es transferido a la organización como recurso que puede ser almacenado, para que pueda ser distribuido por distintos medios; en el caso de este trabajo a una plataforma informática, pero también es posible transferirlo a otros medios como videos, instructivos o clases de capacitación.
- Multiplicación. en recurso humano. Para que esto ocurra se debe tener una plataforma que permita su difusión, por ejemplo, reuniones o disponibilidad de acceso a medios electrónicos que lo multipliquen, como la intranet de la organización; lo ideal es usar los medios de mayor cobertura para la organización.
- Asimilación y uso, logrará darle valor al conocimiento y mejorar la capacidad del personal para la institución, con esta parte del ciclo lograremos que exista más conocimiento en las mentes del personal de la institución y el conocimiento sea aprovechado al ser usado, el punto donde se hacen más relevantes las



tecnologías de la información es en la parte del almacenamiento del conocimiento, pues en ese momento se puede transformar en un activo para la institución que perdurará en el tiempo.

- **Evaluación.** Al ser aplicado el conocimiento gracias a los procesos anteriores, es posible hacer análisis de la absorción del conocimiento en el personal de la institución, para iniciar nuevamente el ciclo con las modificaciones necesarias de acuerdo a mediciones sobre los incrementos operativos. El análisis de las operaciones permitirá detectar debilidades o carencias de conocimiento en la institución, con esta información comienza otro ciclo con nueva información o elevando requerimientos de información y entregando indicadores para el Balanced Scorecard.

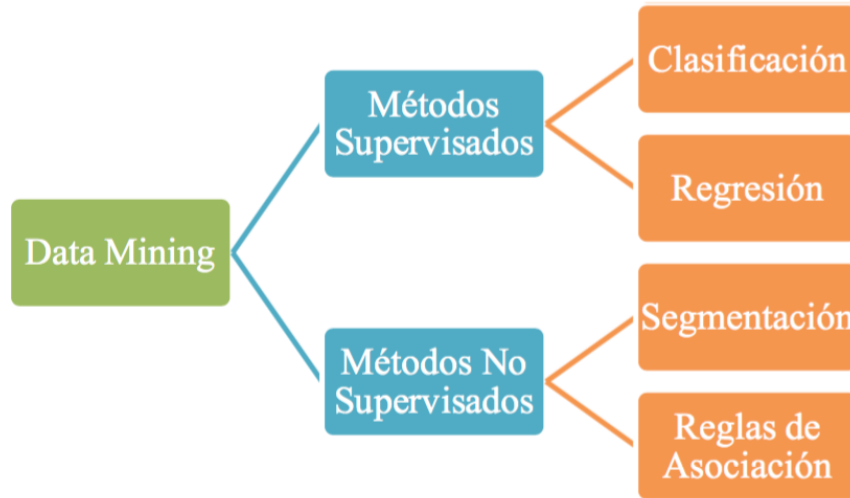
### **2.2.2 Minería de datos**

Minería de datos es un término genérico que engloba resultados de investigación, técnicas y herramientas usadas para extraer información útil de grandes bases de datos. Minería de datos es la combinación de bases de datos y tecnologías de inteligencia artificial [10]. Transversalmente la IA ha realizado un aporte muy significativo dentro de los últimos diez años en los campos de las Ciencias de la Computación, de hecho, muchos expertos creen que la Minería de datos es el tercer campo de mayor importancia después de la internet y el Data Warehousing en la industria [6].

La Minería de datos se utiliza en un sinnúmero de rubros con el fin de aumentar la eficiencia, mejorar la competitividad y mejorar el entendimiento de los comportamientos de los clientes. Algunos ejemplos donde se ha utilizado la minería de datos de forma exitosa son en detección de fraude, evaluación de crédito, patrones de fuga, predicción de demanda, entre otros [24].

## Modelos de Minería de Datos

Los métodos o modelos de minería de datos se pueden agrupar en dos grandes grupos: los métodos supervisados y los métodos no supervisados [23].



**Figura 7.** Descomposición de los modelos de minería de datos.

### Machine Learning o Aprendizaje Automático.

Este campo se encarga de desarrollar técnicas que permitan a los programas aprender. Es decir, se trata de crear programas capaces de generalizar comportamientos a partir de una información suministrada en forma de ejemplos.

Aprender, en este contexto, quiere decir identificar patrones complejos en millones de datos. La máquina que realmente aprende es un algoritmo que revisa los datos y es capaz de predecir comportamientos futuros. El Machine Learning es, por tanto, un proceso de inducción del conocimiento, es decir, un método que permite obtener por generalización un enunciado general a partir de enunciados que describen casos particulares [20]. Machine Learning o Aprendizaje Automático es aprender de los datos, es descubrir la estructura y los patrones que subyacen en ellos. El objetivo principal del aprendizaje automático es la extracción de la información contenida en un conjunto de datos con el fin de adquirir conocimiento que permita tomar decisiones sobre nuevos conjuntos de datos [5]. Formalmente, se define como:

*“Un sistema aprende de la experiencia  $E$  con respecto a un conjunto de tareas  $T$  y una medida de rendimiento  $R$ , si su rendimiento en  $T$ , medido según  $R$ , mejora con la experiencia  $E$ ”*

Estos algoritmos de aprendizaje se basan en una serie de datos sobre los que aprender para luego aplicar la experiencia adquirida en otros conjuntos. Es necesario evaluar su rendimiento sobre un conjunto distinto a aquel con el que el sistema fue entrenado para obtener una estimación válida de su capacidad de generalización ante nuevos ejemplos. De este modo, al conjunto de datos disponible se le divide en dos subconjuntos: por un lado, tendremos el conjunto de entrenamiento y por otro lado el conjunto de validación o conjunto test.

De esta forma, el modelo se genera a partir de los datos de entrenamiento y se evalúa sobre el conjunto test, sobre el cual se puede medir la precisión del modelo. El resultado obtenido sobre este conjunto es una buena aproximación al que se espera obtener para datos nuevos.

### **2.2.2.1 Métodos Supervisados**

Son aquellos métodos cuyos datos están etiquetados con una variable objetiva o de respuesta para cada instancia. Ejemplo: pronóstico de la demanda. En este caso la variable que se quiere predecir es la demanda (variable objetivo o de respuesta) y para ellos se utiliza una serie de variables explicativas, de las cuales se tiene muchos registros históricos asociados a un nivel de demanda específico.

El objetivo de estos métodos es explicar una variable (variables dependientes) en términos de variables predictores (variables independientes).

Dentro de este grupo hay dos tipos de técnicas, las de clasificación y las de regresión. Las primeras, dada una variable de respuesta categórica, el objetivo es clasificar nuevos registros dentro de una categoría. Y en el caso de las técnicas de regresión, dada una variable de respuesta continua, el objetivo es encontrar una función que se ajuste a los datos con el menor error posible y de esta manera predecir un comportamiento futuro.

### **2.2.2.2 Métodos No Supervisados**

Son aquellos métodos cuyos datos no están etiquetados con una variable objetiva o de respuesta para cada instancia. Ejemplo: segmentación de clientes. En este caso para hacer la segmentación se utilizan una serie de variables que describen distintos comportamientos de los clientes, sin necesitar una variable objetivo.

El objetivo de estos métodos es agrupar o encontrar conjunto de datos que representen un patrón en una base de datos.

Las técnicas más tradicionales en este grupo son los métodos de segmentación o clustering y las reglas de asociación.

Las técnicas de la minería de datos provienen de la inteligencia artificial y de la estadística, dichas técnicas, corresponden a algoritmos, más o menos sofisticados, que se aplican sobre un conjunto de datos para obtener resultados.

Las técnicas utilizadas en este estudio corresponden a las siguientes:

#### **Redes neuronales**

Paradigma de aprendizaje y procesamiento automático inspirado en la forma en que funciona el sistema nervioso de los animales. Se trata de un sistema de interconexión de neuronas en una red que colabora para producir un estímulo de salida basado en un gran conjunto de unidades neuronales simples (neuronas artificiales), de forma aproximadamente análoga, el comportamiento observado en los axones de las neuronas en los cerebros biológicos [14]. Cada unidad neuronal está conectada con muchas otras y los enlaces entre ellas pueden incrementar o inhibir el estado de activación de las neuronas adyacentes. Cada unidad neuronal, de forma individual, opera empleando funciones de suma. Puede existir una función limitadora o umbral en cada conexión y en la propia unidad, de tal modo que la señal debe sobrepasar un límite antes de propagarse a otra neurona. Estos sistemas aprenden y se forman a sí mismos, en lugar de ser programados de forma explícita, y sobresalen en áreas donde la detección de soluciones o características es difícil de expresar con la programación convencional.

Las redes neuronales suelen consistir en varias capas o un diseño de cubo, y la ruta de la señal atraviesa de adelante hacia atrás. Propagación hacia atrás es donde se utiliza la estimulación hacia adelante o en el "frente" para restablecer los pesos de las unidades neuronales y esto a veces se realiza en combinación con una formación en la que se conoce el resultado correcto. Las redes modernas son un poco más libres en el sentido de que fluye en términos de estimulación e inhibición con conexiones que interactúan de una manera mucho más caótica y compleja. Las redes neuronales dinámicas son lo más avanzadas en que se pueden dinámicamente formar nuevas conexiones e incluso nuevas unidades neuronales.

El objetivo de la red neuronal es resolver los problemas de la misma manera que el cerebro humano, aunque varias redes neuronales son más abstractas. Los proyectos de redes neurales modernas suelen trabajar con unos pocos miles a unos pocos millones de unidades neuronales y millones de conexiones, que sigue siendo varios órdenes de magnitud menos complejo que el cerebro humano y más cercano a la potencia de cálculo de un gusano.

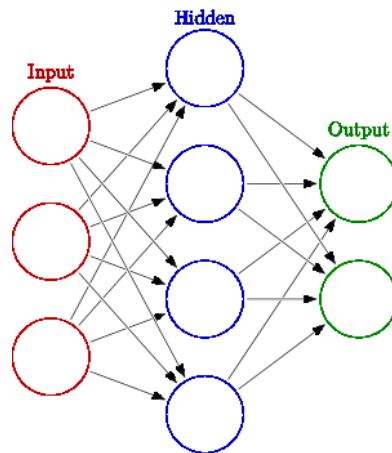
Nuevas investigaciones sobre el cerebro a menudo estimulan nuevos patrones en las redes neuronales. Un nuevo enfoque está utilizando conexiones que se extienden mucho más allá y capas de procesamiento de enlace en lugar de estar siempre localizado en las neuronas adyacentes. Otra investigación está estudiando los diferentes tipos de señal en el tiempo que los axones se propagan, como el aprendizaje profundo, interpola una mayor complejidad que un conjunto de variables booleanas que son simplemente encendido o apagado [8].

Las redes neuronales se basan en los números reales, con el valor del núcleo y del axón siendo típicamente una representación entre 0,0 y 1.

Un aspecto interesante de estos sistemas es que son impredecibles en su éxito con el autoaprendizaje. Después del entrenamiento, algunos se convierten en grandes solucionadores de problemas y otros no funcionan tan bien. Con el fin de capacitarlos, se necesitan varios miles de ciclos de iteración.

Las redes neuronales se han utilizado para resolver una amplia variedad de tareas, como la visión por computador y el reconocimiento de voz, que son difíciles de resolver usando la ordinaria programación basado en reglas.

Históricamente, el uso de modelos de redes neuronales marcó un cambio de dirección a finales de los años ochenta de alto nivel, que se caracteriza por sistemas expertos con conocimiento incorporado en si-entonces las reglas, a bajo nivel de aprendizaje automático, caracterizado por el conocimiento.



**Figura 8.** Una red neural artificial es un grupo interconectado de nodos similar a la vasta red de neuronas en un cerebro biológico. Cada nodo circular representa una neurona artificial y cada flecha representa una conexión desde la salida de una neurona a la entrada de otra.

### **Random Forest**

Combinación de árboles predictores tal que cada árbol depende de los valores de un vector aleatorio probado independientemente y con la misma distribución para cada uno de estos [20]. El algoritmo para inducir un random forest fue desarrollado por Leo Breiman y Adele Cutler y Random forests es su marca de fábrica. El término aparece de la primera propuesta de Random decision forests, hecha por Tin Kam Ho de Bell Labs en 1995.

El algoritmo para inducir un random forest combina la idea de bagging, (promediar muchos modelos ruidosos, pero aproximadamente imparciales, y por tanto reducir la

variación), y la selección aleatoria de atributos para construir una colección de árboles de decisión con variación controlada [19].

Para la predicción un nuevo caso es empujado hacia abajo por el árbol. Luego se le asigna la etiqueta del nodo terminal donde termina. Este proceso es iterado por todos los árboles en el ensamblado, y la etiqueta que obtenga la mayor cantidad de incidencias es reportada como la predicción.

En muchos problemas el rendimiento del algoritmo random forest es más simple de entrenar y ajustar. Como una consecuencia el random forests es popular y es ampliamente utilizado.

Los árboles son los candidatos ideales para el bagging, dado que ellos pueden registrar estructuras de interacción compleja en los datos, y si crecen suficientemente profundo, tienen relativamente baja parcialidad. Producto de que los árboles son notoriamente ruidosos, ellos se benefician grandemente al promediar.

Cada árbol es construido usando el siguiente algoritmo [22]:

- Sea  $N$  el número de casos de prueba,  $M$  es el número de variables en el clasificador.
- Sea  $m$  el número de variables de entrada a ser usado para determinar la decisión en un nodo dado;  $m$  debe ser mucho menor que  $M$
- Elegir un conjunto de entrenamiento para este árbol y usar el resto de los casos de prueba para estimar el error.

Para cada nodo del árbol, elegir aleatoriamente  $m$  variables en las cuales basar la decisión. Calcular la mejor partición del conjunto de entrenamiento a partir de las  $m$  variables.

Las **ventajas** del random forests son:

- Es uno de los algoritmos de aprendizaje más certeros que hay disponible. Para un set de datos lo suficientemente grande produce un clasificador muy certero.

- Corre eficientemente en bases de datos grandes.
- Puede manejar cientos de variables de entrada sin excluir ninguna.
- Da estimados de qué variables son importantes en la clasificación.
- Tiene un método eficaz para estimar datos perdidos y mantener la exactitud cuando una gran proporción de los datos está perdida.
- Computa los prototipos que dan información sobre la relación entre las variables y la clasificación.
- Computa las proximidades entre los pares de casos que pueden usarse en los grupos, localizando valores atípicos, o (ascendiendo) dando vistas interesantes de los datos.
- Ofrece un método experimental para detectar las interacciones de las variables.

Algunas **desventajas** del random forests son:

- Se ha observado que Random forests sobreajusta en ciertos grupos de datos con tareas de clasificación/regresión ruidosa.
- A diferencia de los árboles de decisión, la clasificación hecha por random forests es difícil de interpretar por el hombre.
- Para los datos que incluyen variables categóricas con diferente número de niveles, el random forests se parcializa a favor de esos atributos con más niveles. Por consiguiente, la posición que marca la variable no es fiable para este tipo de datos. Métodos como las permutaciones parciales se han usado para resolver el problema
- Si los datos contienen grupos de atributos correlacionados con similar relevancia para el rendimiento, entonces los grupos más pequeños están favorecidos sobre los grupos más grandes.

Los árboles de decisión tienen buen rendimiento con grandes volúmenes de datos, ya que no requiere cargar todos los datos en memoria a la vez. El tiempo de cálculo escala bien con un número de columnas creciente linealmente.



En pocas palabras, este método nos permite hacer de manera segura predicciones más precisas y sin la mayoría de los errores básicos comunes a otros métodos. Como se ha dicho anteriormente, el método Random Forest se basa en un conjunto de árboles de decisión. Es decir, una muestra entra por arriba del árbol y es sometida a una serie de test binarios en cada nodo (split) hasta llegar a una hoja, en la que se encuentra la respuesta. Por lo cual, esta técnica se puede pensar como una técnica para dividir un problema complejo en un conjunto de problemas simples.

### Matriz de Confusión

La matriz de confusión es una herramienta que permite la visualización del desempeño de un algoritmo que se utiliza en un aprendizaje supervisado. Esta matriz posee filas y columnas las cuales representan valores de lo real y de la predicción respectivamente.

Se comparan los valores reales con los valores de predicción para cada estado de predicción especificado. Las filas de la matriz representan los valores de predicción para el modelo, mientras que las columnas representan los valores reales. Las categorías usadas en el análisis son falso positivo, verdadero positivo, falso negativo y verdadero negativo.

		Predicted class	
		<i>P</i>	<i>N</i>
Actual Class	<i>P</i>	True Positives (TP)	False Negatives (FN)
	<i>N</i>	False Positives (FP)	True Negatives (TN)

**Figura 9.** Matriz de confusión.

Una de las importantes características de esta matriz es que facilita la visibilidad de los resultados de predicción del modelo, entregando indicadores que muestran los porcentajes y/o tasas del modelo.

En relación al lugar en la matriz se clasifica en los siguientes conceptos:

1. Verdaderos Positivos (VP): casos verdaderos clasificados como verdaderos.
2. Verdaderos Negativos (VN): casos negativos clasificados como negativos.
3. Falsos Positivos (FP): Error tipo 1.
4. Falsos Negativos (FN): Error tipo 2.

Observemos la siguiente imagen de ejemplo:

		TOCA LA PUERTA:	
		El príncipe azul	Un sapo
La muchacha de la casa	Abre la puerta	Decisión correcta	Error tipo II $\beta$ (BETA)
	No abre la puerta	Error tipo I $\alpha$ (ALFA)	Decisión correcta

**Figura 10.** Ejemplo para entender el funcionamiento de la matriz de confusión.

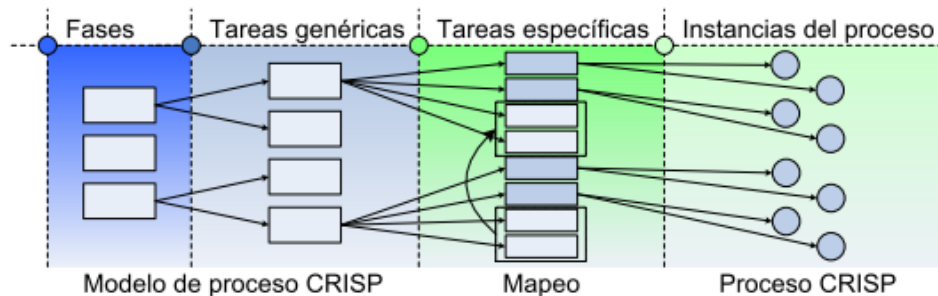
Las medidas para el análisis de la matriz de confusión son las siguientes:

- ❑ Recall (Sensibilidad): Corresponde al número de casos correctamente clasificados como positivos sobre el total de casos positivos. También conocido como sensibilidad.

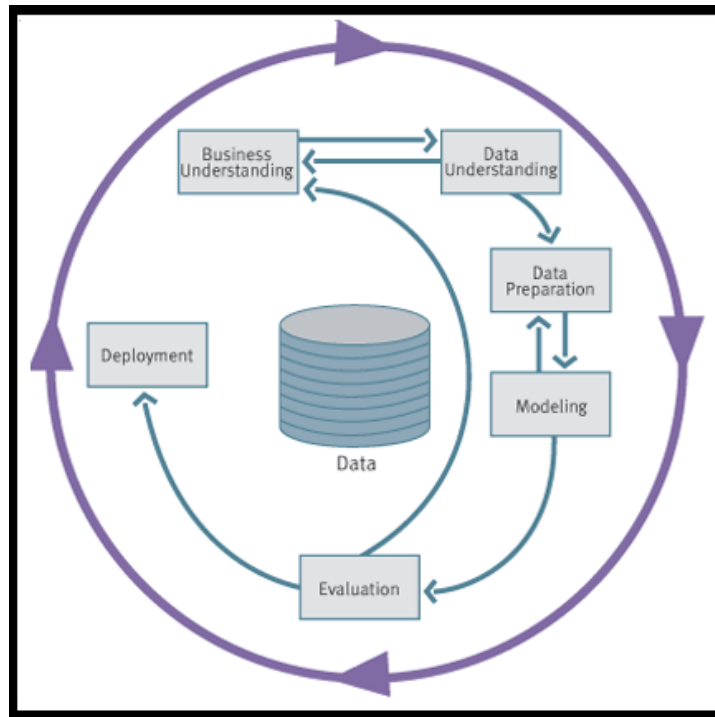
- ❑ Specificity (Especificidad): Se refiere al número de casos correctamente clasificados como negativos sobre el total de casos negativos.
- ❑ Precisión: Se define como una medida que determina la relación en la que métodos repetidos en condiciones diferentes generan los mismos resultados. En otras palabras, corresponde al número relativo de casos positivos correctamente clasificados entre todos los casos clasificados como positivos.
- ❑ Accuracy (Certeza): Corresponde al grado de cercanía de un conjunto de muestras calibradas en relación a su valor real. En otras palabras, es equivalente al número total de casos bien clasificados sobre el número total de casos.

### Metodología CRISP-DM (Cross-Industry Standard Process for Data Mining)

Es una metodología utilizada por compañías de minería de datos y fundada por la Comisión Europea. CRISP-DM es independiente de la industria como de las herramientas que la utilizan y posee un modelo de proceso jerárquico [4].



**Figura 11.** Estructuras de ejemplo de la descomposición implementada por el método CRISP-DM.



**Figura 12.** Metodología CRISP-DM.

Se compone de seis fases algunas de ellas bidireccionales, lo que significa que permitirán revisar parcial o totalmente a las fases anteriores [7].

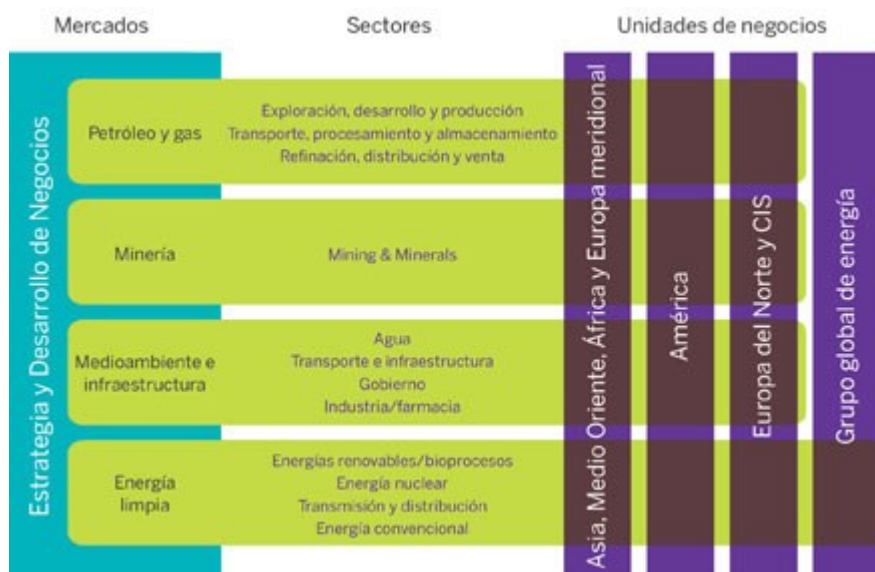
- Comprensión del negocio (Objetivos y requerimientos desde una perspectiva no técnica).
  - Establecimiento de los objetivos del negocio (Contexto inicial, objetivos, criterios de éxito).
  - Evaluación de la situación (Inventario de recursos, requerimientos, supuestos, terminologías propias del negocio).
  - Establecimiento de los objetivos de la minería de datos (objetivos y criterios de éxito).
  - Generación del plan del proyecto (plan, herramientas, equipo y técnicas)
- Análisis de los datos (Familiarizarse con los datos teniendo presente los objetivos del negocio).
  - Recopilación inicial de datos.

- Descripción de los datos.
- Exploración de los datos.
- Verificación de calidad de datos.
- Preparación de los datos.
  - Selección de los datos.
  - Limpieza de datos.
  - Construcción de datos.
  - Integración de datos.
  - Formateo de datos.
- Modelado.
  - Selección de la técnica de modelado.
  - Diseño de la evaluación.
  - Construcción del modelo.
  - Evaluación del modelo.
- Evaluación (De los modelos de la fase anteriores para determinar si son útiles a las necesidades del negocio).
  - Evaluación de resultados.
  - Revisar el proceso.
  - Establecimiento de los siguientes pasos o acciones.
- Despliegue (Explotar utilidad de los modelos, integrándolos en las tareas de toma de decisiones de la organización).
  - Planificación de despliegue.
  - Planificación de la monitorización y del mantenimiento.
  - Generación de informe final.
  - Revisión del proyecto.

# CAPÍTULO 3: PLANTEAMIENTO ESTRATÉGICO Y MODELO DE NEGOCIOS

## 3.1 Posicionamiento Estratégico

A nivel mundial la Empresa de Ingeniería Minera está dentro de las cuatro principales organizaciones de extracción de combustibles fósiles, siendo el siguiente su mapa estratégico global:



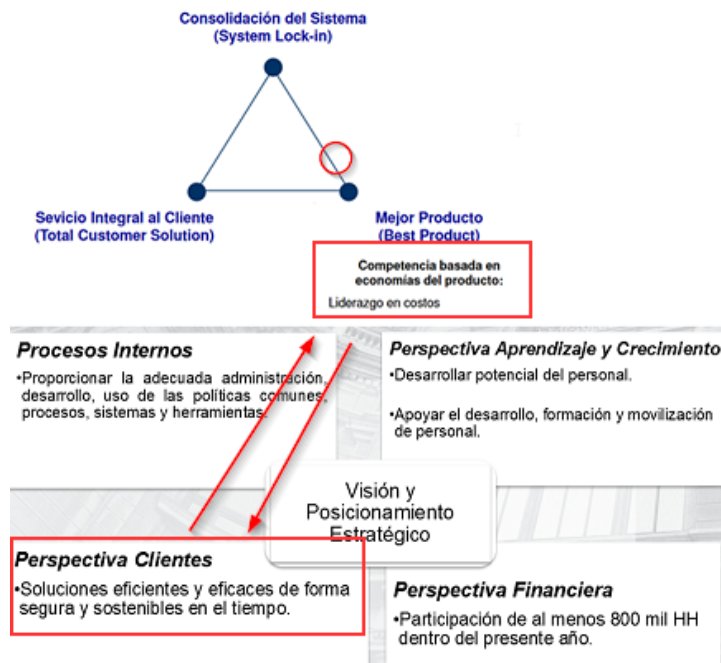
**Figura 13.** Mapa estratégico global, siendo Minería en donde se desarrollará el proyecto.

Los años de experiencia han logrado posicionar a la organización como una de las mejores en Chile para desarrollar ingenierías:

- pre factibilidades
- factibilidades
- ingeniería básica
- ingeniería de detalle

En particular en las ingenierías de detalle. Por esta razón la organización se sitúa, dentro del análisis estratégico de Hax: Modelo Delta [28], como mejor servicio, con enfoque en liderazgo en costos, generando propuestas que presenten la mejor relación costo calidad

para el cliente, siempre apoyándose en la calidad del trabajo de sus colaboradores lo que se refleja en el producto final.



**Figura 14.** Actual posicionamiento estratégico, modelo delta de Hax, y su relación con el balanced scorecard

Con el rediseño propuesto se espera generar un flujo de conocimiento y un repositorio de datos que servirá de base para la aplicación de un modelo de Minería de datos que apoye en aumentar en al menos un 10% las posibilidades de mejorar las utilidades al mejorar las posibilidades de ganar propuestas al departamento de negocios. Todo el rediseño posiblemente generará una incidencia en los costos y la calidad de las propuestas. Esta incidencia en los costos y el esperado aumento del target del mercado posiblemente desplazará el posicionamiento estratégico desde liderazgo en costos a posicionarse en diferenciación, con esto busca aumentar su éxito en la adjudicación de propuestas y poseer una oferta más competitiva en el mercado.



**Figura 15.** Nuevo posicionamiento estratégico, modelo delta de Hax.

El modelo de minería de datos que se implementará posiblemente permitirá indicar cuales son las variables que deberá tener la propuesta a desarrollar, logrando una estimación más precisa que permitirá una mayor posibilidad de adjudicación.

El proceso de rediseño contribuirá en la mejora de la gestión del departamento de nuevos negocios de la organización, específicamente intervendrá en los siguientes aspectos:

**Tabla 3:** Aspectos del negocio y objetivos específicos.

	✓Generar 800.000 horas hombre en proyectos dentro del año 2016 para proyectos de minería y metales Chile.	✓Adjudicar un 20% más de proyectos sobre 5 M \$USD dentro del año 2016 con respecto al año 2015 en proyectos de minería y metales Chile.	✓Adjudicar al menos un proyecto EPCM dentro del año 2016 para minería y metales Chile.	✓Generar ingresos totales de un 15% superior a los obtenidos el año 2015 en proyectos de minería y metales Chile.
Utilización de TI	★	★	★	★
Prácticas de trabajo	★	★	★	★
Integración de procesos	★	★	★	★
Anticipación	★	★	★	★
Asignación de responsabilidades	★	★	★	★
Coordinación	★	★	★	★
Mantenimiento de estado	★	★	★	★

En relación con la arquitectura de procesos y la descripción de la Organización está ligada directamente a los objetivos Smart descritos en la tabla, influyendo en algunos más que en otros y conversa completamente con la dirección que se describe en el modelo de negocios.



## Alineamiento del rediseño con el análisis FODA

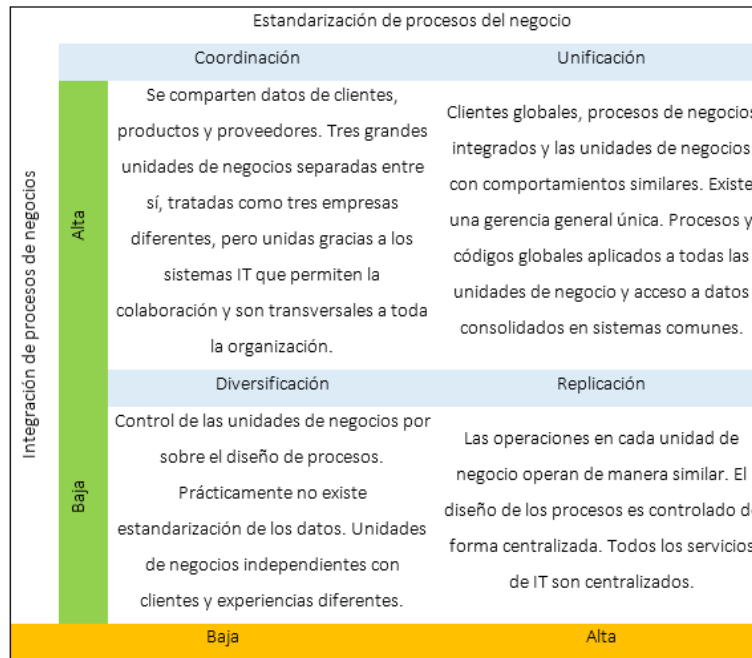


**Figura 16.** Alineamiento del rediseño con el análisis FODA.

El rediseño de procesos se alinea con el análisis FODA realizado en la organización, dado principalmente porque apunta a reforzar las debilidades existentes y se enfoca en potenciar las fortalezas detectadas. El análisis permite enfocar los esfuerzos en aprovechar las oportunidades detectadas y disminuir el riesgo de verse desfavorecido por las amenazas existentes. El hecho de mejorar como Empresa fortalece las barreras de entrada para disminuir el riesgo de nuevos competidores del mercado.

### **Alineamiento con integración/estandarización de procesos**

Una organización con un alto nivel de visibilidad, control de sus procesos y la estandarización de sus procedimientos, alineados con el desempeño y eficacia buscada, debe ser apoyada con un nivel de integración entre sus unidades claves para lograr llevar a todos los integrantes de la empresa la estrategia de la organización.



**Figura 17.** Alineamiento estandarización-estandarización de procesos.

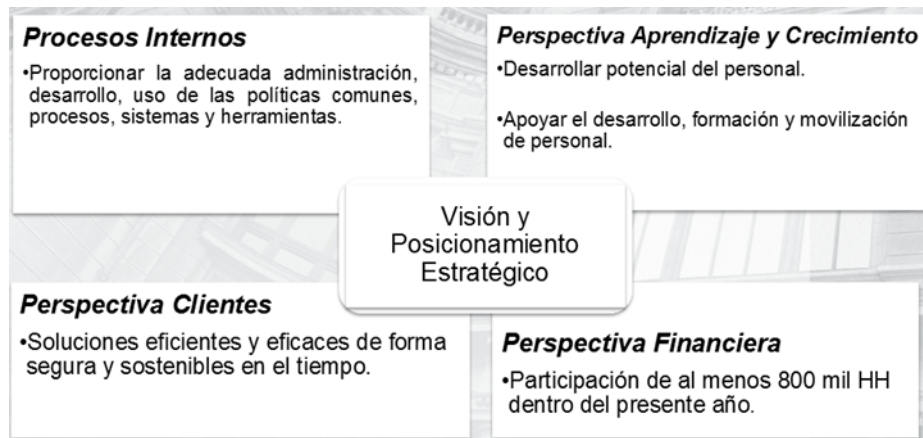
### 3.2 Balanced Scorecard

Corresponde a una herramienta metodológica que traduce la estrategia en un conjunto de medidas de actuación e indicadores.

BSC lo ayuda a balancear, de una forma integrada y estratégica, el progreso actual y suministra la dirección futura de su empresa, para ayudarle a convertir la visión en acción por medio de un conjunto coherente de indicadores, agrupados en cuatro diferentes perspectivas, a través de las cuales se puede ver el negocio en su totalidad.<sup>6</sup>

---

<sup>6</sup> Profesor Mario Vogel, Experto en BSC.



**Figura 18.** Balanced Scorecard de la organización en Chile.

Como se observa en la figura, se definieron tópicos para las categorías Financiera, Clientes, Procesos Internos y Aprendizaje y Crecimiento. Es un proceso permanente en el que puede haber feedback de un ciclo, que consiste en corregir las desviaciones para alcanzar los objetivos fijados y feedback de doble ciclo, donde los estrategas cuestionan y reflexionan sobre la vigencia y actualidad de la teoría planteada en un inicio, y su posible adecuación.

### 3.3 Modelo de Negocios

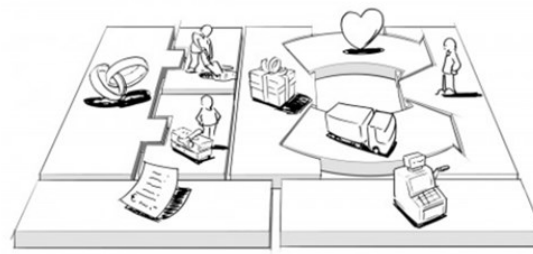
A continuación, se presenta el modelo de negocios del proyecto que describe el valor que ofrece “Empresa de Ingeniería Minera” a sus clientes y explicita las capacidades y socios requeridos para crear, vender y hacer llegar ese valor a sus clientes, y a la vez obtener beneficios sostenibles en el tiempo.

#### Modelo Canvas

Metodología ampliamente aceptada por la industria que fue desarrollada por Osterwalder e Yves Pigneur obtenida tras nueve años de investigación práctica mediante la colaboración de cuatrocientos setenta expertos de cuarenta y cinco países.

Los nueve módulos del modelo de Canvas reflejan la lógica del comportamiento del negocio de la Organización para desempeñarse exitosamente en el mercado. Estos

nueve módulos cubren las cuatro áreas principales de un negocio: Clientes, oferta, infraestructuras y viabilidad económica.



1. Customer Segments
2. Value Propositions
3. Channels
4. Customer Relationships
5. Revenue Streams
6. Key Resources
7. Key Activities
8. Key Partners
9. Cost Structure

**Figura 19.** Modelo de negocios CANVAS.

El modelo de negocios que se describirá provee un claro alineamiento con la visión de “Empresa de Ingeniería Minera”, “Nuestra visión es ser el socio más fiable de nuestros clientes ofreciéndoles de forma consistente la excelencia, aportando los conocimientos, la experiencia y las habilidades del personal de nuestra red global”, que es lo que se refleja principalmente en la oferta del Canvas y la relación con los clientes.

El Modelo de Negocios, a través de del Canvas, muestra como los valores de la organización se encuentran alineados a diferentes partes del Canvas, existe una relación directa entre lo que “Empresa de Ingeniería Minera” expresa y cómo se comporta en el mercado.

El detalle de cada actividad la desglosamos a continuación:

#### Asociaciones claves

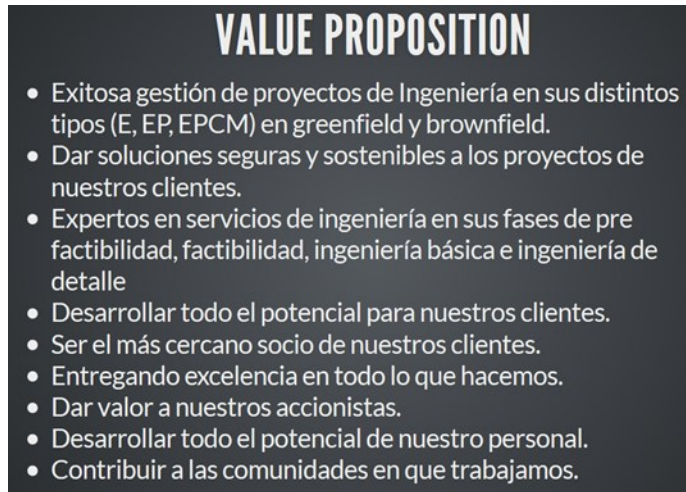
- Asociaciones estratégicas entre organizaciones: Alianzas entre organizaciones permiten abordar desafíos en conjunto como una estrategia sinérgica. Por ejemplo, dos empresas competidoras que unen sus servicios para afrontar un desafío mayor.
- Asociaciones entre unidades de negocios de la organización: Existen contratos entre unidades de negocios que se prestan servicios.

- Asociaciones con oficinas fuera del exterior: Existen contratos entre oficinas que apoyan con consultorías expertas y experiencia para proyectos que la requieran.
- Clientes cautivos: La relación de confianza con los clientes permite que la organización realice servicios sin licitarlos a la competencia, dada esta relación creada por la experiencia en proyectos anteriores, ya que el cliente confía plenamente en la gestión de la organización.

#### Actividades claves

- Generación de nuevos proyectos en sus distintas fases: Generar propuestas exitosas que se conviertan en proyectos para la organización.
- Mantener relación con clientes: El cuidado de la relación con los actuales clientes son la base para una relación a largo plazo que como resultado genera nuevos proyectos a la organización.
- Entrega de proyectos con excelencia al cliente: La eficiencia en los recursos y la eficacia en el cumplimiento de los objetivos es fundamental para el término exitoso de los proyectos.
- Realización de servicios de estimaciones de primer nivel: Formular de forma exitosa Capex y proyecciones a término de la construcción a proyectos.
- Seguridad en faenas: Mantener todas las normas de seguridad que permiten minimizar al máximo los riesgos de accidentes para colaboradores de la organización.
- Desarrollar sólidas consultorías mineras: Generar y desarrollar consultorías de forma exitosa demostrando la experiencia y conocimientos de nuestros consultores de nivel mundial.
- Mantener una relación de colaboración entre distintas oficinas: Relación de trabajo en equipo entre oficinas, (nacionales y extranjero), y las distintas áreas de negocios en Chile.

## Propuesta de valor



**Figura 20.** Propuesta de Valor.

La propuesta de valor es principalmente el conocimiento experto en servicios de ingeniería en sus fases de pre factibilidad, factibilidad, ingeniería básica e ingeniería de detalle. Está directamente relacionada con la estrategia de la organización y apoya al logro de los objetivos de la organización.

### Relación con el cliente

- Asistencia Personal dedicada en Proyectos: Se trata de desarrollar una relación más profunda que cliente - proveedor, ser socio estratégico.
- Demostrar ser un aliado estratégico desde la Propuesta: Propuestas sólidas, demostrando dominio y ofreciendo soluciones adecuadas, con el objetivo comenzar una relación con el cliente desde la propuesta hasta que se transforme en proyecto.
- Continuidad en proyectos: Lograr un grado de confianza tal con el cliente que cuando tenga otro proyecto piense de inmediato en la organización como aliado estratégico.

### Segmentos de cliente

- Empresas mineras: Para la organización los principales clientes en Chile son las empresas del sector minero.

- Otras empresas de ingeniería en el mercado: La competencia directa muchas veces necesita apoyo experto de nuestra organización.
- Constructoras: Clientes de área de infraestructura principalmente.
- Empresas que necesiten asesoría medio ambiental: Los estudios ambientales son transversales a todas las líneas de negocios de la organización.
- Gobierno: Principalmente en la construcción de líneas de metro para el área de power and process e infraestructura.
- Celulosas y forestales: El sector forestal es uno de los clientes principales del área de power and process en Chile.
- Oficinas Internacionales de la organización: Proyectos de otras oficinas que necesiten apoyo de las oficinas en Chile.

#### Recursos claves

- Profesionales: Colaboradores pertenecientes a la organización y consultores especializados.
- Intangibles: Conocimiento perteneciente a la cultura organizacional y garantía de un trabajo exitoso.
- Instalaciones Físicas: Infraestructura (Estaciones de trabajo, salas de reuniones, etc.).
- Financieros: La organización cuenta con el respaldo de una empresa mundial.

#### Canales de distribución

- Invitaciones directas: Clientes proveen invitaciones directas licitadas a la organización.
- Licitaciones públicas: Desarrollo de propuestas y fuerza de ventas.
- Confianza de clientes para continuar proyectos exitosos: Fases siguientes en proyectos ya realizados.
- Sitio Web Corporativo.
- Ferias Mineras.

## Estructura de costos

- Costo del recurso humano: Remuneraciones y bonificaciones de personal.
- Costos fijos: Costos necesarios para el funcionamiento de la organización.
- Costos de los proyectos: Cada proyecto tiene sus costos particulares y gastos generales.
- Costos de infraestructura: Necesarios para la realización de proyectos o labores administrativas del servicio ya sea en terreno como en oficinas.
- Costos de propuestas: Recursos utilizados en la generación de propuestas.

## Fuentes de ingresos

- Utilidades por realización de proyectos: Diferencia entre los costos y los ingresos en los proyectos. La venta de los proyectos puede ser de las siguientes formas: a suma alzada, a precio unitario por hora hombre, a tarifa convenida, Gastos reembolsables y utilidades.
- Servicios de consultorías: Ingresos por servicios realizados por personal especialista que prestan servicios profesionales para clientes, entre unidades de negocios u oficinas extranjeras.
- Servicios de estimaciones: Generan utilidades en base a los servicios del equipo de estimadores de la organización quienes tienen un prestigio a nivel local importante.



## **CAPÍTULO 4: ANÁLISIS SITUACIÓN ACTUAL**

---

La situación actual del proyecto se sitúa en la dentro de la Macro 1: Cadena(s) de Valor y algunas modificaciones menores en otros procesos que aportan al rediseño.

### **4.1 Arquitectura de Procesos**

Toda organización puede ser representada mediante macroprocesos, los cuales son:

Macro 1: Cadena(s) de Valor,

Macro 2: Desarrollo de nuevas capacidades

Macro 3: Planificación del desarrollo

Macro 4: Gestión de Recursos Habilitadores.

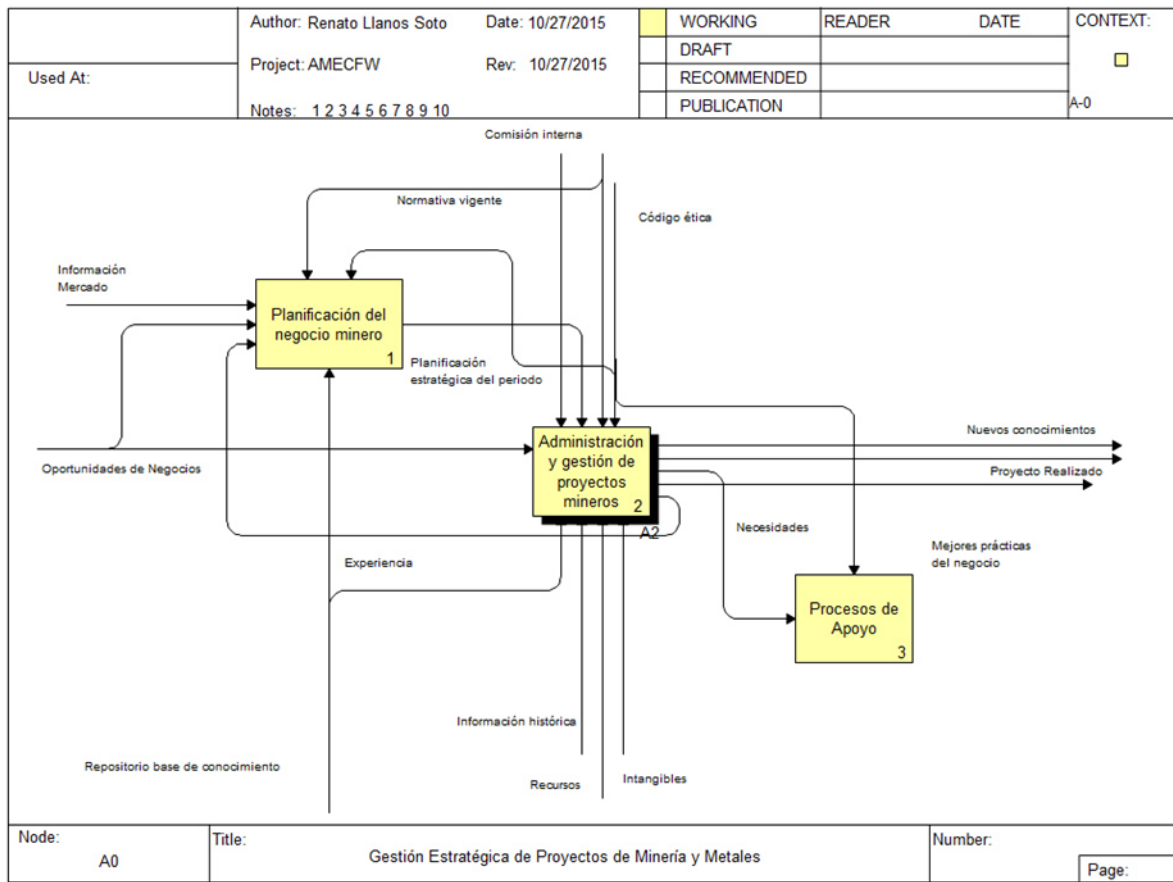
En el caso del macroproceso 2 no siempre se encuentra presente en todas las organizaciones.

La Macro 1 consiste en un conjunto de procesos que ejecutan la producción de los bienes y/o servicios de la organización, desde que se interactúa con el cliente hasta que su requerimiento ha sido satisfecho. Para el caso de “Empresa de Ingeniería Minera”, que se dedica a gestionar proyectos de Ingeniería, se entendería como Macro 1 desde que se postula con una propuesta a una licitación hasta que se entrega el proyecto terminado, independiente de su alcance y su magnitud.

Si se analiza el patrón de arquitectura de la organización se distingue que es un patrón básico ya que posee una cadena de valor y tiene servicios compartidos que apoyan a toda la organización.

Los componentes de la arquitectura de “Empresa de Ingeniería Minera” se instanciarán a continuación en un patrón de arquitectura, que corresponde a una estructura genérica de macroprocesos en función a número de cadenas de valor, relaciones y servicios que utilizan. Para el caso de “Empresa de Ingeniería Minera” podemos ver que corresponde

a un patrón básico, ya que tiene una cadena de valor, como se muestra a continuación instanciado en la gestión estratégica de proyectos de minería y metales:



**Figura 21.** Gestión estratégica de proyectos de Minería y Metales.

## 4.2 Modelamiento Detallado de Procesos

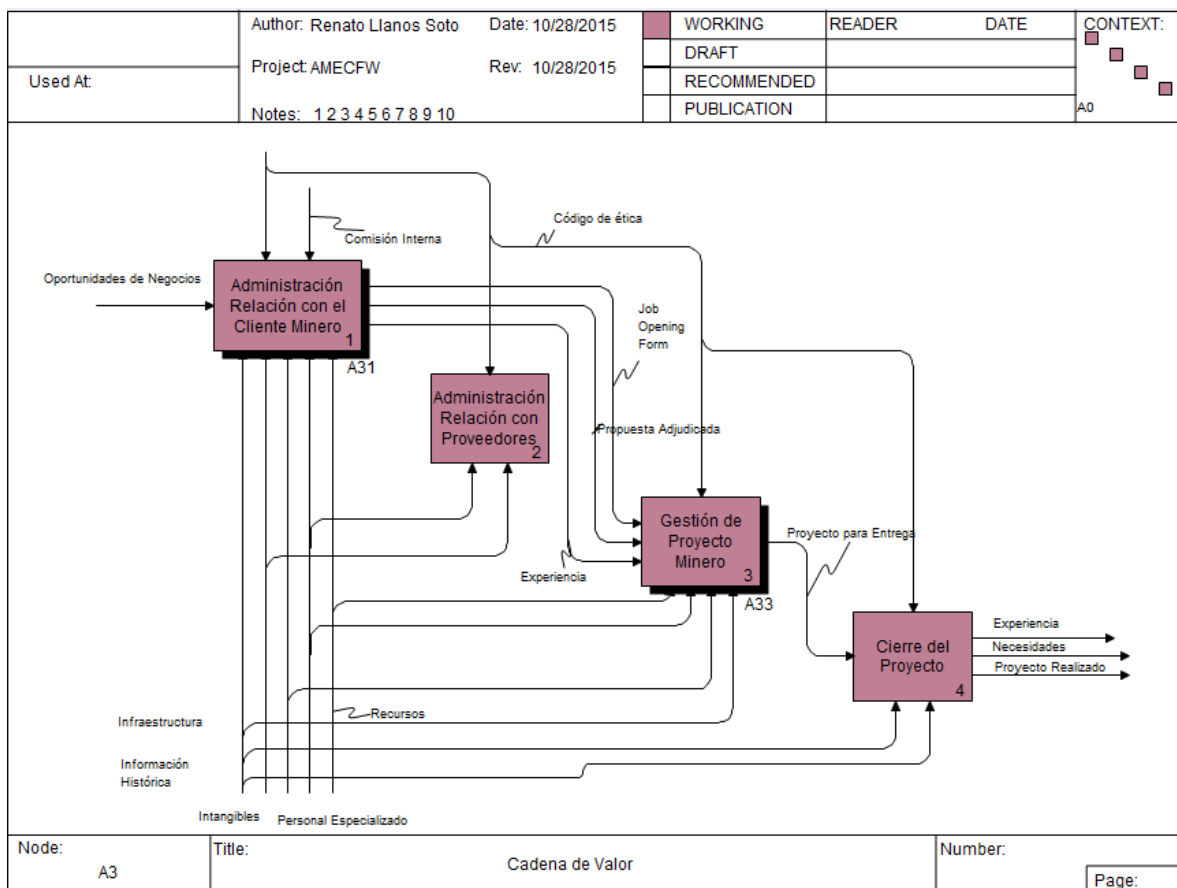
Planificación del negocio (Macro 3), desarrollo de nuevas capacidades (Macro 2) (no siempre presente), cadena(s) de valor (Macro 1) y gestión de recursos habilitadores (Macro 4), instanciados en planificación del negocio minero, desarrollo de nuevas capacidades, administración y gestión de proyectos mineros y procesos de apoyo.

La “Empresa de Ingeniería Minera” no cuenta con la Macro 2 como parte de su estructura de procesos, (desarrollo de nuevas capacidades), por lo que no se tomará en cuenta en la arquitectura de procesos.

### 4.2.1 Modelamiento IDEF0

Si detallamos la cadena de valor correspondiente a la gestión integral de proyectos, se observa que son cuatro los procesos fundamentales que lo componen:

- Administración de la Relación con el Cliente Minero.
- Administración Relación con Proveedores.
- Gestión de Proyecto Minero.
- Ejecución del Proyecto Minero.



**Figura 22.** Cadena de valor.

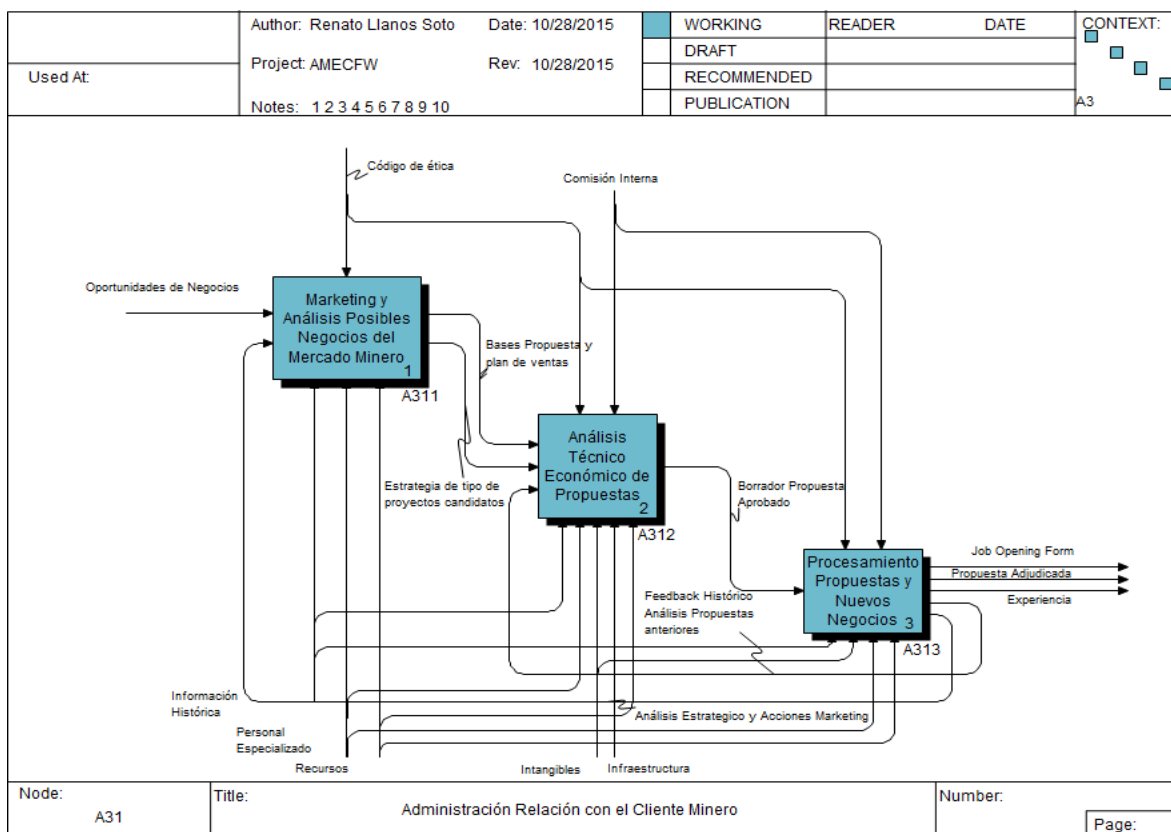
#### A31 Administración Relación con el Cliente

Corresponde al proceso de búsqueda de oportunidades de negocio, el desarrollo de la propuesta de negocios y el procesamiento de las propuestas. En esta etapa de la cadena

de valor se realiza la búsqueda de negocios en el mercado, se identifican los posibles candidatos para propuestas, se desarrollan las propuestas y se participa en los procesos de adjudicación.

Dentro de este proceso perteneciente al nivel A31, se encuentran tres procesos muy importantes para el estudio:

- Marketing y análisis de posibles negocios del mercado minero.
- Propuestas de análisis técnico económico.
- Procesamiento propuestas y nuevos negocios.



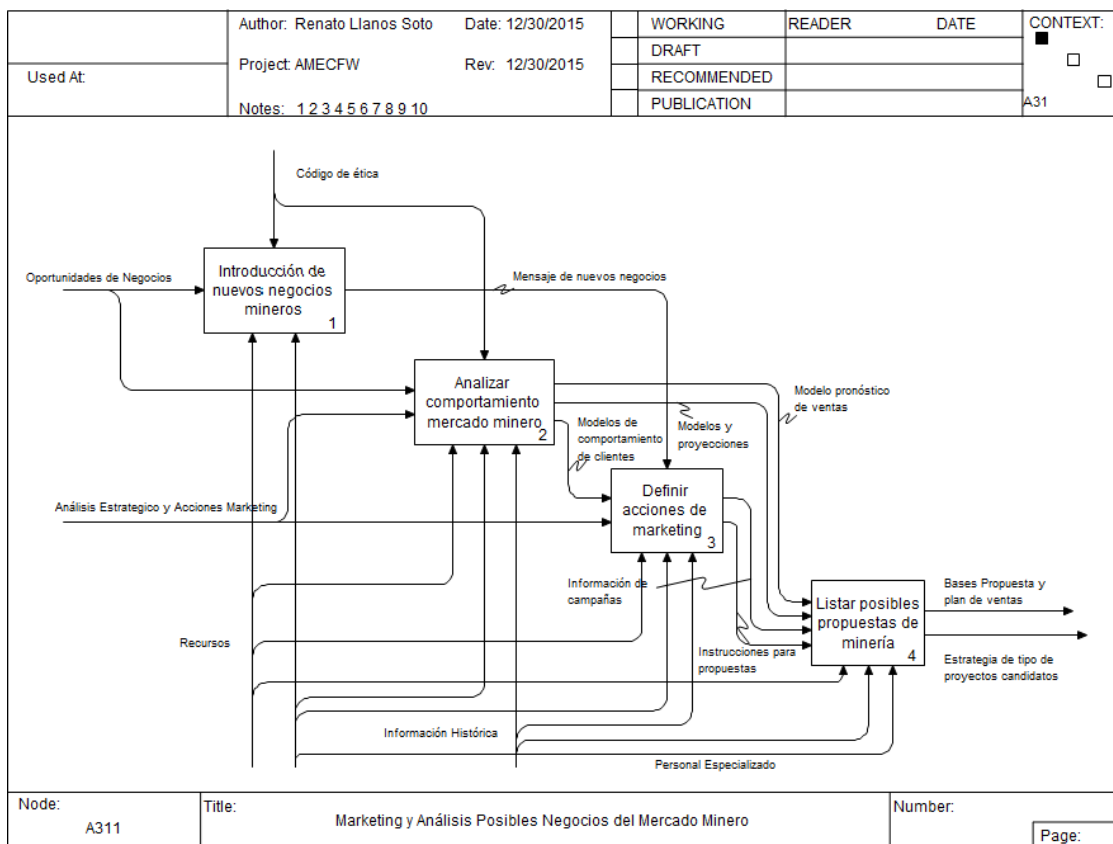
**Figura 23.** Administración relación con el cliente minero.

Los procesos describen desde el primer contacto con el cliente y la oportunidad de negocio, pasando por la revisión por parte de una comisión interna, el procesamiento de la propuesta hasta la adjudicación del proyecto. La comisión interna decidirá si se

desarrollará la propuesta o no, en caso positivo es debido a que interesa a la organización la oportunidad de negocios y el desarrollo incluirá la creación de la oferta técnica, staffing y económica por parte de un equipo especialista entre otros documentos que variarán por cada propuesta, pero tienen una base común.

A311 Marketing y análisis de posibles negocios del mercado minero.

Este proceso comienza con la búsqueda de nuevos negocios mineros, lo que da como resultado una compilación de posibles nuevos negocios. Luego se analiza el comportamiento del mercado actual en base a las oportunidades de negocios existentes. Con estos datos podemos definir las acciones de marketing de la organización y listar las posibles propuestas de minería que se seleccionaron y estas propuestas que continuarán al siguiente proceso (A312) que consiste en el proceso de análisis técnico y económico.



**Figura 24.** Marketing y análisis de posibles negocios del mercado minero.

## A312 Análisis técnico económico de propuestas.

El proceso se divide en tres sub procesos, el de análisis del listado de propuestas, el de selección y análisis de la propuesta y el plan de desarrollo de la propuesta.

En el proceso de análisis listado de propuestas se definen los criterios de selección y se lleva a análisis de comité para seleccionar que propuesta(s) van a ser seleccionadas para su posterior análisis y desarrollo. En el proceso de selección y análisis de propuesta se trabaja en la propuesta(s) seleccionada y se concentran los recursos en la planificación de una metodología de trabajo en relación a los objetivos de la propuestas, alcance y otras características y en el proceso de plan de desarrollo propuesta se trabaja en la metodología que se tomará definitivamente para trabajar la propuesta y que equipo se encargará de llevarla a cabo, quien será el responsable y los plazos con que cuenta el equipo para desarrollarla.

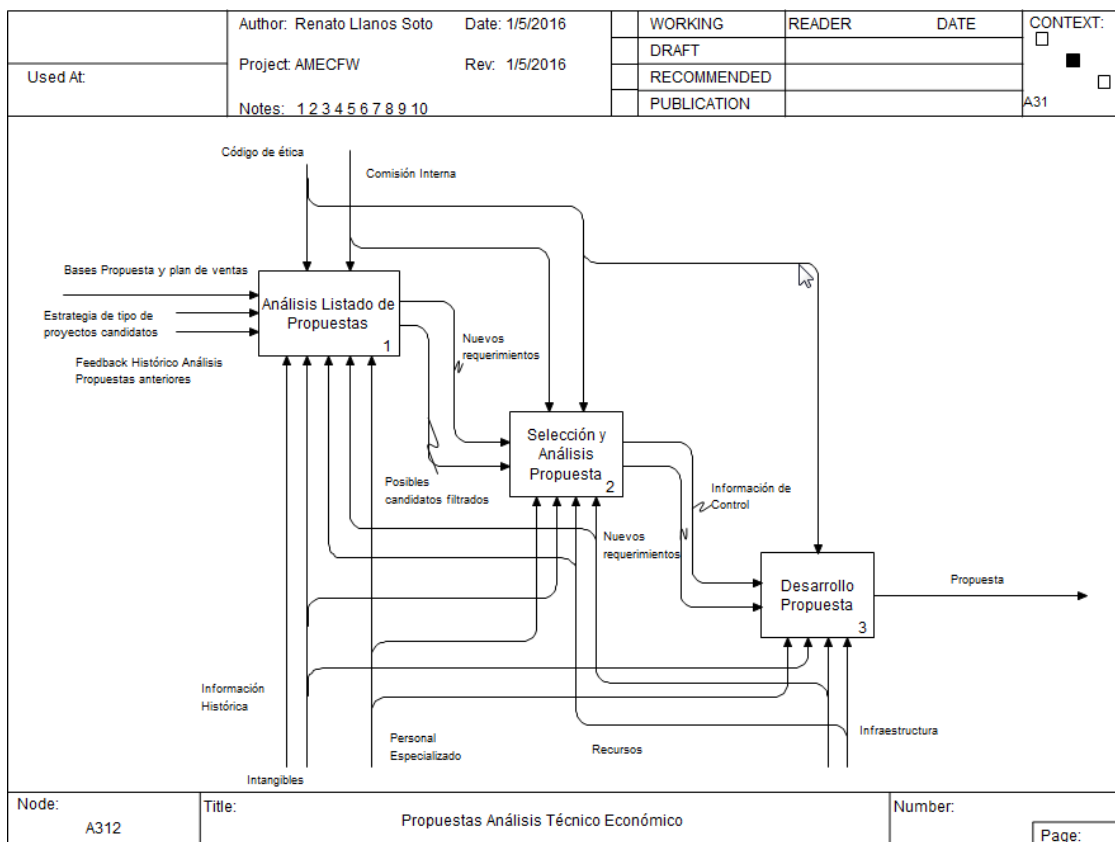
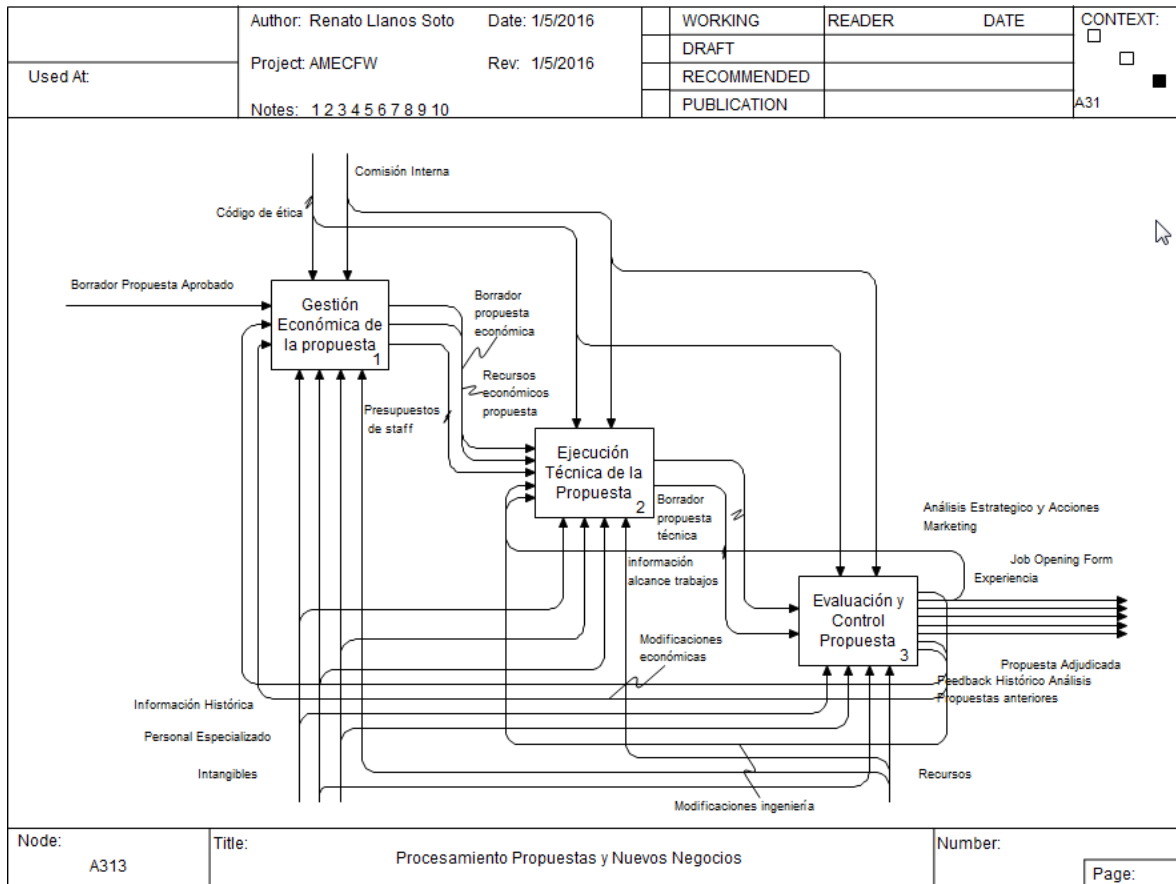


Figura 25. Propuesta análisis técnico económico.

### A313 Procesamiento propuestas y nuevos negocios.

En este proceso se desarrolla la propuesta en base al plan, recursos asignados y metodologías definidas con anterioridad. El proceso se divide en tres partes, la primera es el subproceso de gestión económica de la propuesta, en donde se define todos los aspectos que tengan que ver con el costo y las tareas planificadas relacionadas con la materia monetaria, luego como resultado de este subproceso se tiene los recursos económicos de la propuesta, el borrador de la propuesta y el staff con las tarifas que se tiene de presupuesto del proyecto para armar la propuesta. El siguiente subproceso es el de la ejecución técnica de la propuesta, que corresponde a todos los aspectos técnicos que deberá tener el proyecto que se propone adjudicar, este borrador, con todos los datos técnicos y económicos se envía a evaluación y control a una comisión mixta que ingresa comentarios y correcciones, para volver a iterar, este proceso se itera las veces que sea necesario para llegar a una propuesta definitiva que se envía al cliente. Una vez que exista una respuesta del proceso de adjudicación se puede tener una propuesta adjudicada que se convertiría en proyecto o se puede perder la licitación por lo que la propuesta pasa a ser parte de un recurso histórico para ser reutilizado en una siguiente ocasión.



**Figura 26.** Procesamiento de propuestas y nuevos negocios.

### A33 Gestión de Proyecto Minero

Dentro de este proceso se desarrolla la gestión logística sobre el proyecto adjudicado, en base a la propuesta adjudicada como entrada clave y al final del proceso se tiene como resultado el proyecto para el cierre. Los procesos que componen esta etapa de la cadena de valor son:

- Gestión del Desarrollo del proyecto.
- Planificación y control.
- Decidir entrega del proyecto.

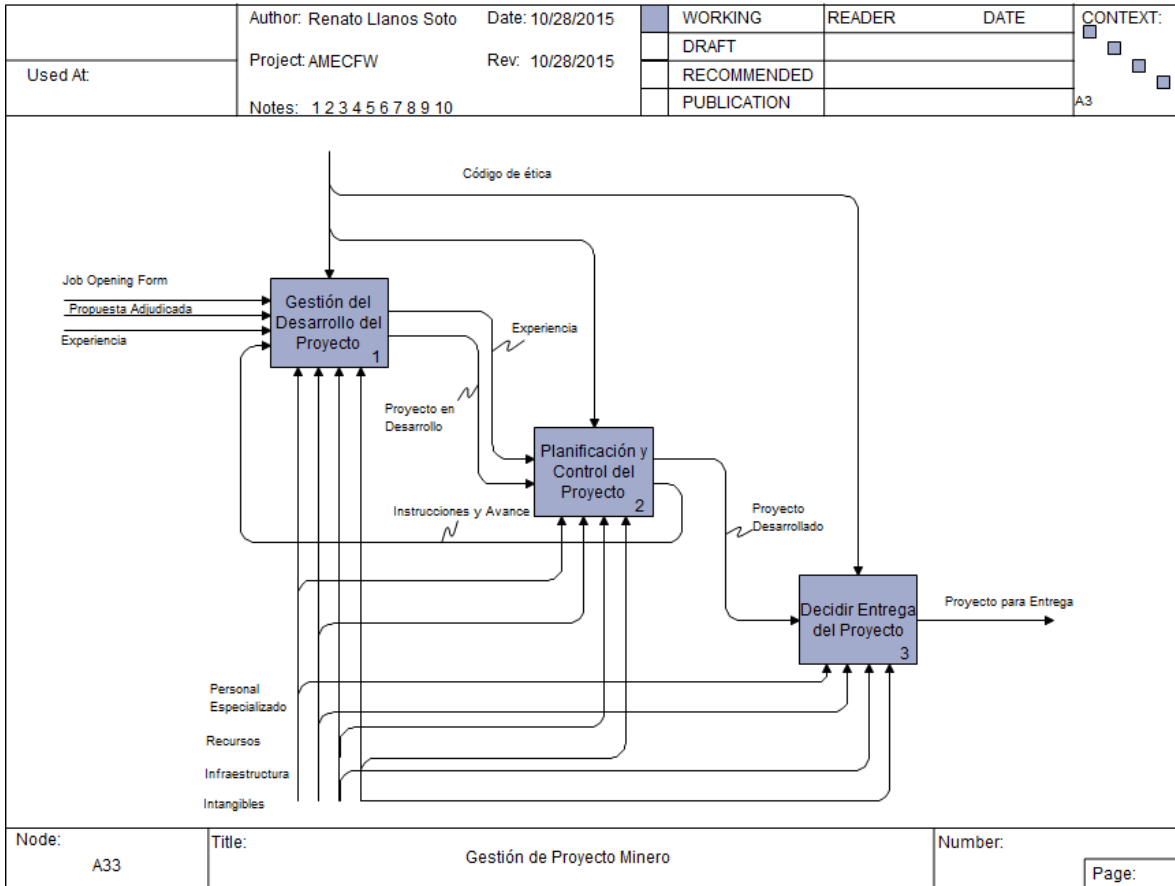
En particular en la Gestión de Desarrollo de Proyectos se realizan todas las labores propias de la gestión de la ingeniería de acuerdo a la fase a la que pertenecen los



proyectos. En la planificación y control de Proyectos se realizan las evaluaciones de los proyectos y se definen las estrategias a seguir por cada proyecto y decidir la entrega del proyecto es una actividad que puede durar varias semanas en donde se terminan todas las tareas que darán paso al siguiente proceso de la cadena de valor que es la ejecución del proyecto.

Si bien la Administración Relación con el Cliente es la principal etapa en donde hay que trabajar para optimizar los procesos actuales, el proceso A33 es importante porque en esta etapa también se toman decisiones sobre el futuro de los proyectos y estas decisiones pueden influir a tal grado que condicionan el éxito del proyecto, es por eso que una gestión adecuada del conocimiento permitirá ayudar a tomar mejores decisiones estratégicas en este punto.

Para apoyar este proceso se preparará un apoyo en métricas, como indicadores de valor ganado, por ejemplo, y procedimientos.



**Figura 27.** Gestión del proyecto minero.

Los modelos presentados representan los componentes como las relaciones que se identifican a nivel macro en las áreas que se realizará el proyecto.

Con este análisis se cubre el total del alcance del estudio, el cual está enfocado a las actividades que tienen que ver con la relación con el cliente y la venta del proyecto y como se decide controlar y planificar la puesta en marcha del desarrollo del proyecto, desde que se buscan oportunidades de negocios en el mercado, hasta que se concreta un proyecto principalmente y como se mejoran las métricas y procedimientos para planificar y controlar los proyectos que se llevan en la organización.

### **4.3 Diagnóstico de la Situación Actual**

Las ventas a nivel global de la organización alcanzaron los 5.354 billones de pesos chilenos el año 2015, siendo 40.000 el número de empleados a nivel mundial.

A nivel de América el número de empleados alcanza los 16.000 y actualmente la organización está formada de alrededor de 1.000 colaboradores en Chile. Esta cifra, en comparación con otras organizaciones similares, es una cantidad no menor, considerando que el número de colaboradores con los que cuenta la competencia directa es del orden de 300 a 600 personas.

En el año 2015 las ventas en América disminuyeron en un 3%, siendo estas de 2.531 billones. El monto de las ventas se compone por un aumento de la explotación de aceite y gas (downstream), las energías limpias e infraestructura y los proyectos de medio ambiente. Por otra parte, el área minera y la explotación de aceite y gas (upstream), son los principales responsables de disminución total en las ventas.

Resultado del departamento de desarrollo de negocios del año 2015 basado en ingresos por propuestas en dólares.<sup>7</sup>

---

<sup>7</sup> Análisis basado en información interna de “Empresa Minera” sobre reporte gerencial de los resultados del año 2015 y el apoyo de la gerencia de finanzas.



**Notas importantes:**  
 Presupuesto anual 3,5% respecto ventas totales.  
 Win rate 25% anual.  
 Presupuesto por el valor del servicio en cada propuesta 0,8% ~

**Figura 28.** Resultados del 2015 del departamento de negocios.

Como se observa en la figura anterior:

Las ventas generales del año 2015 fueron de 78.514.751 millones de dólares. El costo real en dólares (renewal) incurrido por el departamento de negocios por concepto de generación de propuestas fue de \$USD 722.791 y el presupuesto anual del 2015 disponible para el departamento de negocios fue de \$USD 628.118, por lo que se concluye que el departamento de negocios incurrió en un mayor gasto por concepto de generación de propuestas que el presupuestado disponible para el año 2015. Entonces es posible concluir que el departamento se encuentra por sobre el presupuesto en un 15%~, que equivale a \$USD 94.673 anuales. (63.430.910 millones de pesos).

Se generó un total de 1.060.213 HH durante el año 2015 por concepto de ventas generadas. El costo incurrido por concepto de gasto de horas reales en horas hombre por el departamento de negocios fue de 11.445 HH, por debajo de lo presupuestado para

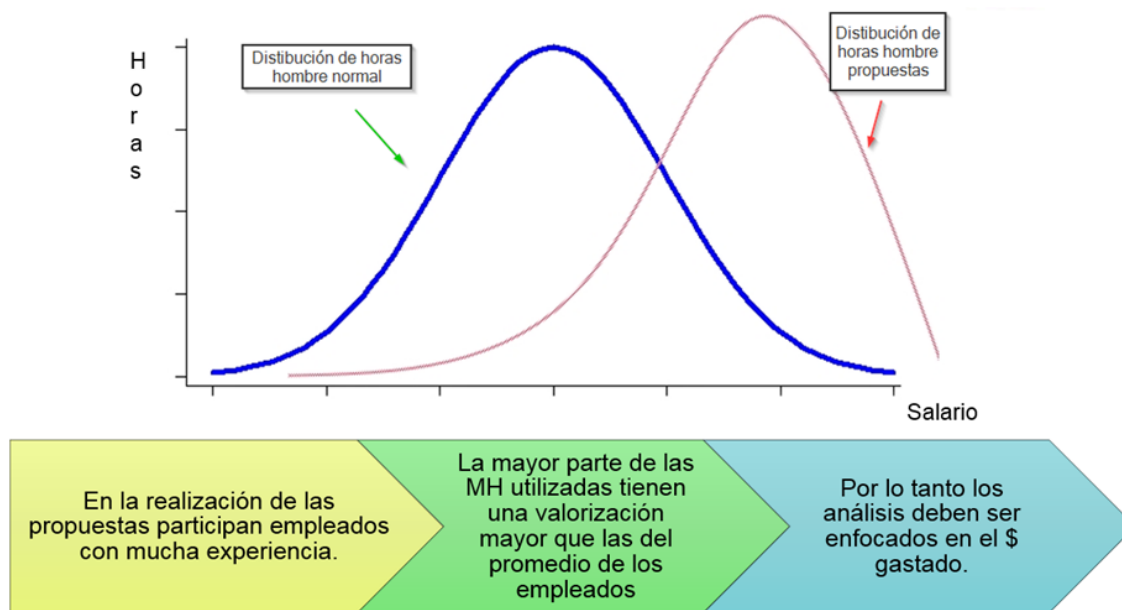
el año 2015, ya que el este fue de 14.843 HH, eso quiere decir 3.398 HH menos. Por lo tanto podemos hablar de un 29% bajo el presupuesto disponible.

Como nota importante: Se define el presupuesto actual como 3,5% respecto de las ventas totales del año y se define el win rate como un 25% anual. El presupuesto del departamento para el costo en horas hombre es de 1.4% ~ y el costo en renew (\$) es de 0.8%~. El valor del dólar equivalente en pesos utilizado para los cálculos fue de 670 pesos.

### Análisis de los resultados anteriores

Dado los valores anteriores anuales del departamento de negocios para el año 2015, podemos analizar lo siguiente:

Se tiene el siguiente gráfico que representa en el eje Y las horas hombre y en el eje X el salario del personal. El comportamiento de la distribución de las horas hombre (HH) promedio del personal de la organización (color azul) y el comportamiento de las horas hombre (HH) promedio de las horas ocupadas para generar las propuestas (color rojo).



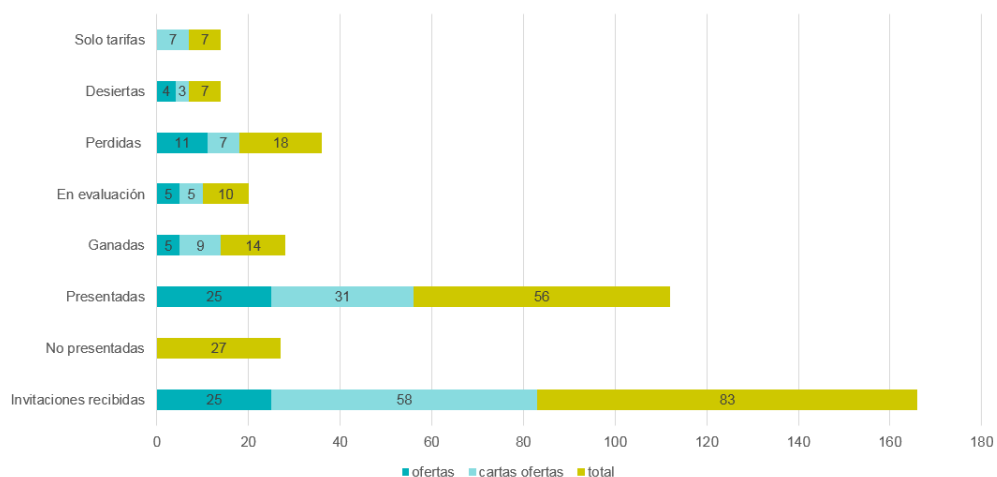
**Figura 29.** Gráfico y análisis de los resultados 2015 del departamento de negocios.

En la realización de las propuestas participan empleados con mucha experiencia y la mayoría de las veces existe una relación directa entre la experiencia y el salario en la organización. La mayor parte de las HH utilizadas tienen una valorización mayor que la media de las HH de los demás colaboradores de la organización. Por ende, el análisis de los resultados debe ser en base a la relación entre el renews gastado (\$) y su presupuesto asociado y no en base a las horas hombre gastadas (HH) y su presupuesto asociado, ya que analizar en base a las HH da una visión errónea, muestra un resultado positivo, que no es real, ya que no toma en cuenta el tipo de HH que se gastaron, solo en número total de estas. El análisis correcto está dado por la relación del presupuesto de renews con lo realmente incurrido, el cual claramente describe que el departamento de negocios sobrepasó el presupuesto del año 2015 en un 15%, por lo que existe una oportunidad de mejorar la gestión de los recursos del departamento y así aumentar la performance de este, mejorando los resultados y la utilización de los recursos disponibles. El siguiente análisis de los datos del departamento de desarrollo de negocios es en relación al universo total de propuestas para el año 2015.



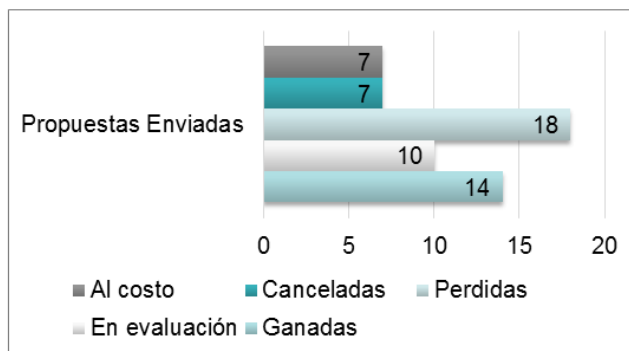
**Figura 30.** Gráfico de los resultados en relación al universo total de propuestas para el año 2015.

Como se observa en el gráfico anterior, se muestra que para el año 2015 la cantidad total de oportunidades de generar posibles negocios fue de 83 llamados a licitar. De este universo total de 83 posibilidades un 67% fue de interés de la organización como para invertir los esfuerzos en generar la propuesta correspondiente. Este 67% se convirtió en 56 propuestas generadas. El otro 33% corresponde a las propuestas no presentadas, que son 27.



**Figura 31.** Gráfico de los resultados 2015 en relación a la cantidad total de oportunidades de generar posibles negocios.

Se observa que se divide el total de invitaciones recibidas en propuestas presentadas y propuestas no presentadas. Dentro de las propuestas presentadas se generó una clasificación en relación al estado final del desarrollo, por lo que se agruparon en siete tópicos: Solo tarifas, desiertas, perdidas, en evaluación y ganadas. El detalle de las 56 propuestas presentadas en año 2015 se pueden observar los resultados en el siguiente gráfico:



**Figura 32.** Gráfico del detalle de las 56 propuestas presentadas en año 2015.

De las 56 propuestas desarrolladas y presentadas, el 25% fue adjudicado, eso equivale a 14 propuestas de 56, las 42 propuestas restantes se dividen en diferentes categorías:

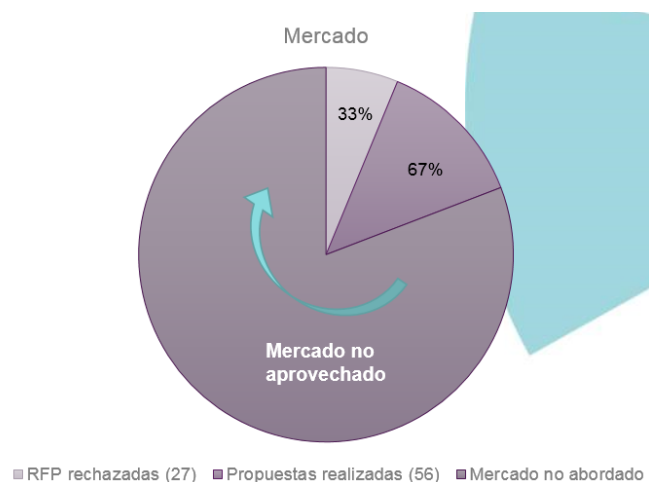
- 10 de las 56 propuestas quedaron en evaluación (no se presentaron).
- 18 de las 56 propuestas se perdieron.
- 7 de las 56 propuestas fueron declaradas desiertas por el cliente
- 7 de las 56 propuestas se clasificaron como solo tarifas, que significa que son proyecto prácticamente sin margen de ganancias.

#### Análisis de los resultados anteriores

Como se indica anteriormente el número de invitaciones a propuestas recibidas es de un total de 83, de ellas 27 invitaciones fueron descartadas y 56 invitaciones fueron aceptadas, esto en base a distintos criterios definidos por la organización.

Eso quiere decir que en el año 2015 el tamaño del mercado que abarcó la organización fue de 83 propuestas. Si hacemos el ejercicio se puede afirmar que esas 83 invitaciones a propuestas corresponden al 100%, de ese 100% se aprovechó el 67% que son las 56 invitaciones a propuestas aceptadas y se descartó un 33%, correspondiente a 26 invitaciones a propuestas.





**Figura 33.** Gráfico del tamaño del mercado aprovechado en el 2015.

Como se describe en el gráfico anterior, existe una enorme oportunidad de negocios para la organización que no se está aprovechando, dado por el precio de las HH promedio de la organización, si ese precio promedio fuera disminuido, existe la posibilidad de abarcar un mayor mercado. Dado este escenario, surgen preguntas relacionadas con el problema a solucionar

¿Podemos Mejorar?

¿Podemos optimizar nuestros recursos?

¿Puedo generar una mayor probabilidad para la compañía de ganar más propuestas?

¿Podemos aumentar la cuota del mercado?

¿Podemos ser más competitivos?

**Figura 34.** Preguntas a responder con la solución propuesta.

#### 4.4 Cuantificación del Problema u Oportunidad

Como se ha descrito anteriormente, el mercado minero actualmente vive un complejo panorama, esta complejidad compete a las organizaciones que suministran servicios a la minería. El mercado que ha disminuido drásticamente su demanda de proyectos

mineros y esta disminución genera, entre otros cambios, un aumento en la oferta de servicios ofrecidos por las organizaciones que participan en el rubro minero.

Como se indicó en el modelo de negocios, las fuentes de ingreso de la organización son por utilidades por realización de proyectos exitosos, servicios por consultorías y servicios por estimaciones.

El problema del estudio se clasifica dentro de la fuente principal de ingresos de la organización que es la generación de negocios dado por la preparación de propuestas, su adjudicación y la realización de proyecto de forma exitosa.

El problema principal está alineado con el estado actual de la organización y se define a continuación:

El 25% de las propuestas presentadas son ganadas anualmente, lo que no es suficiente, dado que no se está siendo lo suficientemente competitivo en nuestra oferta final (combinación precio (P) \* cantidad HH (Q)). Como se describió anteriormente, se puede buscar el origen del problema analizando lo que son posiblemente las causas principales de este:

- El know how es poco aprovechado (lecciones aprendidas): Estas lecciones están basadas en la experiencia, por lo que son una base enriquecedora para futuros trabajos relacionados. Actualmente cada jefe de propuesta realiza un trabajo diferente, prácticamente sin tomar en cuenta la experiencia de lecciones aprendidas en el pasado. Al hacer esto pierde tiempo y conlleva un gasto mayor de HH y especialmente una excelente oportunidad para resaltar las fortalezas del trabajo realizado y mejorar las falencias anteriores.
- Poca retención del conocimiento y experiencia en la organización:  
Existe una fuga de conocimiento estratégico dado el constante flujo de profesionales que transitan en la organización [7], esto debido principalmente a la situación de inestabilidad actual del mercado minero que genera una amplia oferta de profesionales disponibles en el mercado. Cada propuesta que se desarrolla sea cual sea su resultado, tiene lecciones que pueden ser rescatadas.

- El multiplicador de venta por propuesta es muy alto (P): El valor de las HH muy costosas, sobre un 20% que la competencia, disminuyen el target del Mercado (Por lo tanto, se define un mercado acotado a clientes que pueden pagar esa tarifa).
- Se puede mejorar la estimación de HH por cada propuesta (Q): No se aplica una correcta estimación de HH aceptable para el cliente. No existe una categorización de intervalos de valores razonables de HH por tipo de propuesta. Si bien cada propuesta es diferente y única, en todas las propuestas se puede analizar una base común basada en la experiencia.
- Los recursos en la generación de propuestas se pueden administrar de mejor forma: El rediseño de los procesos del departamento permitirá generar una mejor gestión interna, el acceso a la información para tomar decisiones y el apoyo tecnológico, junto con mejores prácticas de trabajo, lo que apoyará a una mejor utilización de los recursos de la organización.

#### Problemáticas secundarias beneficiadas por el rediseño

Si se analizan las actividades diarias del departamento de negocios de la organización, es posible encontrar tópicos interesantes a mejorar que se verán beneficiados por el alcance del rediseño que se realizará.

#### Almacenamiento:

- El área de desarrollo de negocios guarda su información sensible derivados principalmente de propuestas en un disco duro ubicado en un servidor de la organización, esto no es lo óptimo en relación a acceso, organización de información y seguridad.
  - Se utiliza archivos como planillas de datos, información digital e impresa.
  - La información se encuentra dispersa, genera desorden y repetición de actividades, malgastando recursos humanos y tiempo.
- Planificación del equipo de trabajo y descoordinación entre colaboradores:

- La programación del equipo de trabajo y la planificación de los plazos de entrega de la propuesta por parte del equipo de negocios se hace por medio de sus coordinadores, lo cuales generan una agenda de trabajo para cada propuesta. Esta programación generalmente no se cumple, esto debido principalmente por incumplimiento de plazos y descoordinación entre el equipo de trabajo.
- No siempre se tiene la certeza de que una persona terminó de trabajar en algún documento importante que se está esperando para utilizar, es necesario apoyarse con una herramienta que permita tener visible y a tiempo la información.
- Cuellos de Botella:
  - En las propuestas existen cuellos de botella causados principalmente por los retrasos en la entrega de la información relevante por parte de los encargados técnicos, generando atrasos, disminuye las instancias de revisión más profunda de la información, afectando al programa del definido por el equipo de propuestas.
- Documentación:
  - Se necesita revisar, modificar y desarrollar la documentación de procedimientos del departamento.
- Modificaciones de propuestas por comité:
  - Una vez generada la propuesta por el equipo técnico, el gerente de la propuesta la entrega con el alcance y recursos que estima necesarios para el desarrollo del proyecto muchas veces existe una instancia previa a la entrega en la que una comisión revisa y modifica la propuesta, principalmente para rebajar costos de esta y hacerla más competitiva. Estas modificaciones cambian el alcance y plazos del proyecto, cosa que juega muchas veces en contra del proyecto. Hay ocasiones que estos cambios terminan siendo claves en el desarrollo de los proyectos y su éxito.

## CAPÍTULO 5: PROPUESTA DE DISEÑO DE PROCESOS

En el presente estudio, el rediseño de negocios espera producir una diferenciación en la organización desde su núcleo sin cambiar el modelo de negocios, pero mejorando la propuesta de valor hacia los clientes, ya que incorpora un proceso de apoyo en base a un modelo de clasificación de minería de datos. Se espera generar una diferenciación en la forma de adjudicar propuestas influyendo posiblemente de forma positiva al proceso, generando una mayor posibilidad de ganar propuestas para la organización.

Ese cambio en el modelo genera un apoyo a los objetivos estratégicos relacionados con la generación de proyecto y también con los que tienen relación con una mayor participación en el mercado e incide posiblemente en la disminución de costos y por ende un mayor margen de ingresos a la organización.

El rediseño incorpora activos nuevos a los recursos claves, apoya la propuesta de valor al generar nuevos ítems a la estructura de costos, sin mayor modificación significativa, por lo que la esencia del modelo de negocios no se ve afectada mayormente.

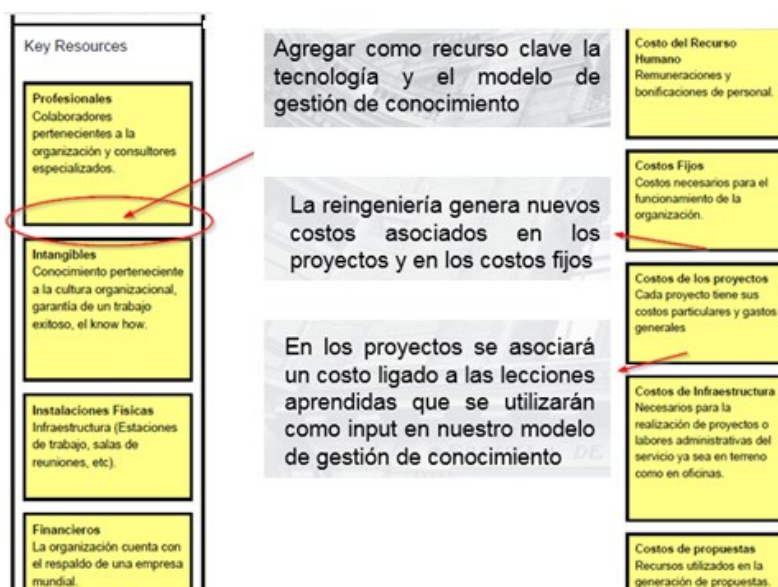


Figura 35. Modificaciones en el modelo de negocios.

Las modificaciones posiblemente apoyarán a la organización a un mejor desempeño en la propuesta de valor y en el segmento de clientes, ya que apoya al núcleo de generación de nuevos proyectos.

Análisis de los costos del cambio.

El rediseño no significará cambios en la estructura organizacional, pero si complementará algunos componentes del modelo de negocio. Las líneas del cambio están identificadas y principalmente corresponden a:

**Tabla 4:** Tabla de las líneas del cambio.

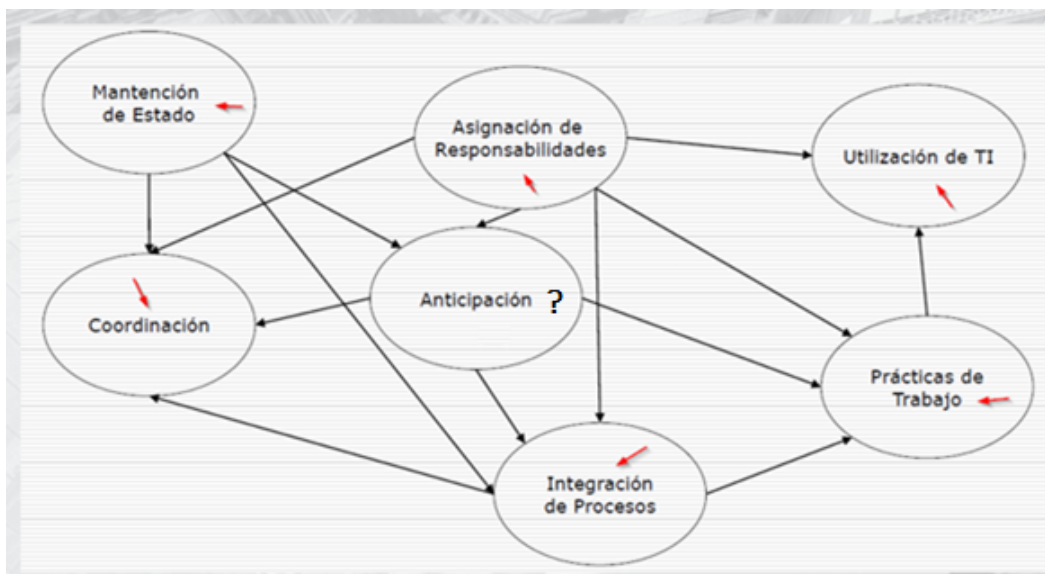
Líneas del cambio	Necesidad de rediseño	Descripción
Costo de coordinación	Muy necesario	Busca consolidar la información y su utilización entre los individuos y departamentos relacionados con el desarrollo de propuestas y gestión de los proyectos. El rediseño permitirá que exista mayor integración. El costo de coordinación es importante y relevante como parte del éxito de la solución.
Costos de agencia	Necesario	Costo de monitoreo, costo de alineamiento. Las discrepancias entre los objetivos del negocio y de los individuos hace necesario aplicar estrategias de integración y beneficios a favor del cumplimiento de los objetivos del rediseño.
Costos de transacción	Necesario	Tecnología reducirá este costo. El papel que juega el mercado es fundamental para definir estrategias e intervienen directamente en la competencia y las oportunidades de negocios que se general para la organización.
Costos del cambio	Muy necesario	Es muy necesario mantener cautivo a los clientes. Uno de los objetivos del rediseño es mejorar el grado de retención de clientes a largo plazo.

Para abordar una posible solución se necesitará construir una base de conocimiento a partir de los datos históricos de propuestas y la introducción de prácticas de gestión de conocimientos e impacto en los procesos de trabajo. También se necesita aplicar un

modelo de machine learning a los datos disponibles y optimizar la utilización del conocimiento mediante la creación de las condiciones necesarias para que este conocimiento circule mejor dentro del departamento de negocios de la organización.

## 5.1 Direcciones de Cambio y Alcance

En el rediseño se utilizarán la mayoría de las variables de dirección de cambio, dejando fuera la anticipación, ya que el modelo que se generará apunta a utilizar la clasificación como parte de la solución. El modelo de minería de datos que se generará no está enfocado en analítica para hacer pronósticos.



**Figura 36.** Direcciones de cambio y alcance que incorpora el rediseño de procesos.

### 5.1.1 Variables de cambio.

**Tabla 5:** Tabla de las variables de cambio.

Variable	Situación actual	Aplicando rediseño	Descripción de la aplicación
Utilización de TI	Prácticamente Nula	Muy relevante	Rediseño fuertemente respaldado con herramientas TI. Se evaluará una solución tecnológica acorde al rediseño buscado.

Prácticas de trabajo	Deficiente	Mejorada	Una consecuencia del cambio a realizar será actualizar, definir y normalizar nuevas prácticas de trabajo.	Intervenir en la forma de los procesos actuales y futuros con procedimientos claros y bien definidos.
Integración de procesos	Muy débil	Muy fuerte	Formulación, actualización de procesos y sus relaciones.	Integrar subprocesos interrelacionados que intervienen en la adjudicación y gestión de proyectos.
Anticipación	No existe	No definida su utilización	No es parte del rediseño	Si bien se utilizará minería de datos, se generará un modelo de clasificación y no de anticipación.
Asignación de responsabilidades	Se aplica	Mejorada	Reasignación acorde al rediseño	Existe asignación actual, será mejorada en base al nuevo escenario
Coordinación	Se aplica	Mejorada	Mayor coordinación acorde al rediseño	Se debe volver a definir la coordinación en base al nuevo escenario.
Mantenimiento de estado	Prácticamente Nula	Muy presente	Dirección hacia la integración de la información	Los recursos presentes entre los departamentos que intervienen en el alcance del estudio deben estar alineados con el rediseño y su éxito.



### 5.1.2 Matriz de cambio.

Existe una relación con los sistemas, canales y núcleos de servicios con alguno los objetivos del rediseño.

**Tabla 6:** Tabla de relación con los sistemas, canales y núcleos de servicios con alguno los objetivos del rediseño.

<b>Sistemas de negocios existentes en la organización</b>	
Sistemas de Información	Bases de datos relacionales
	Sistemas cerrados pero que pueden exportar datos
	Herramientas de control de versiones para documentos
	Coordinación por medio de herramientas de comunicación y sistemas compartidos
Canales de oportunidades de negocios	Licitaciones con invitación directa
	Sociedades con otras empresas de ingeniería.
	Portales de negocios
Núcleo del servicio	Exitosos proyectos de ingeniería y construcción
	Información De los alcances de las propuestas exitosas
	Profesionales disponibles con valores competitivos y experiencia
	Estimación de los trabajos y la cantidad de HH
Fortalezas de la organización	Fuerte foco en la excelencia en todas sus operaciones
	Logros en relaciones a largo plazo con sus clientes
	Cuenta con un equipo calificado
	Infraestructura y el respaldo de una organización multinacional

**Tabla 7:** Tabla de objetivos a lograr.

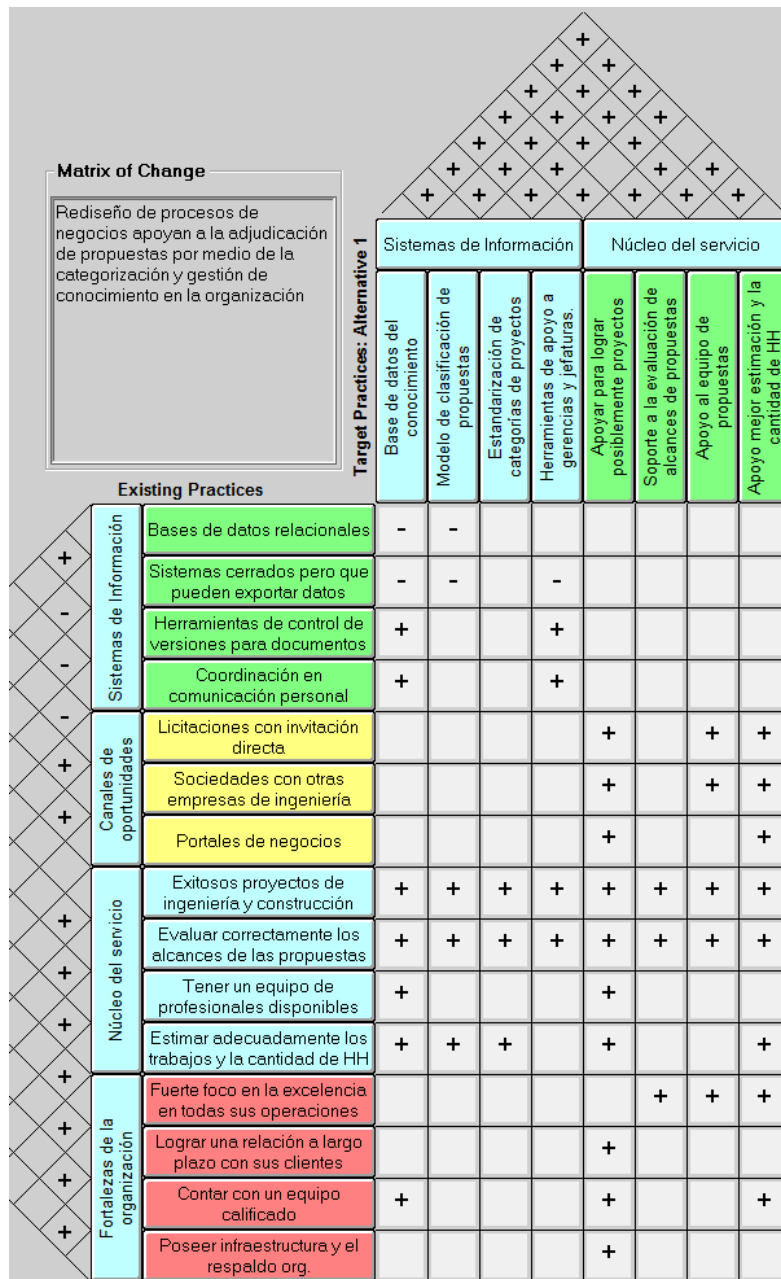
Objetivos a lograr en la organización	
Sistemas de Información	<p>Desarrollar una base de datos del conocimiento.</p> <p>Generar un documento estándar de la cantidad de planos, documentos y actividades por disciplinas dependiendo de la fase y tipo de proyecto.</p> <p>Generar un documento estándar de la cantidad de HH para la elaboración de planos, documentos y actividades por disciplinas dependiendo de la fase y tipo de proyecto.</p> <p>Aplicar un modelo de minería de datos basados en el estándar generado y la base de conocimiento histórico de la empresa.</p> <p>Generar una estandarización de categorías de posibles proyectos</p> <p>Desarrollar herramientas de apoyo a gerencias y jefaturas.</p>
Núcleo del servicio	<p>Apoyar para lograr posiblemente proyectos exitosos de ingeniería y construcción</p> <p>Generar una mejor evaluación de alcances de propuestas</p> <p>Apoyar al equipo de propuestas con el uso de TI</p>

A continuación, se generará la matriz de cambio que muestra que tan relacionados están los sistemas y prácticas actuales con la transformación que se busca con el rediseño.

La matriz de cambio busca relacionar las prácticas actuales con las prácticas que se busca alcanzar. En este caso se comparan cuatro tópicos de la organización que existen actualmente en uso:

- Fortaleza de la organización.
- Núcleo del servicio.
- Canales de oportunidades.
- Sistemas de información.

Estos tópicos se relacionan con las prácticas a las cuales se apunta llegar en Sistemas de la organización y en el núcleo del servicio, dado que son dos variables principales a medir.



**Figura 37.** Matriz de cambio del proyecto de rediseño de procesos de negocios.

Como se observa en la matriz de cambio los sistemas de información interactúan principalmente con el núcleo del servicio, ya que es clave y estratégico integrar la experiencia real de proyectos anteriores para nutrir el modelo a realizar, dado que es primordial reunir la mayor cantidad de datos que ayuden al modelo a clasificar de manera

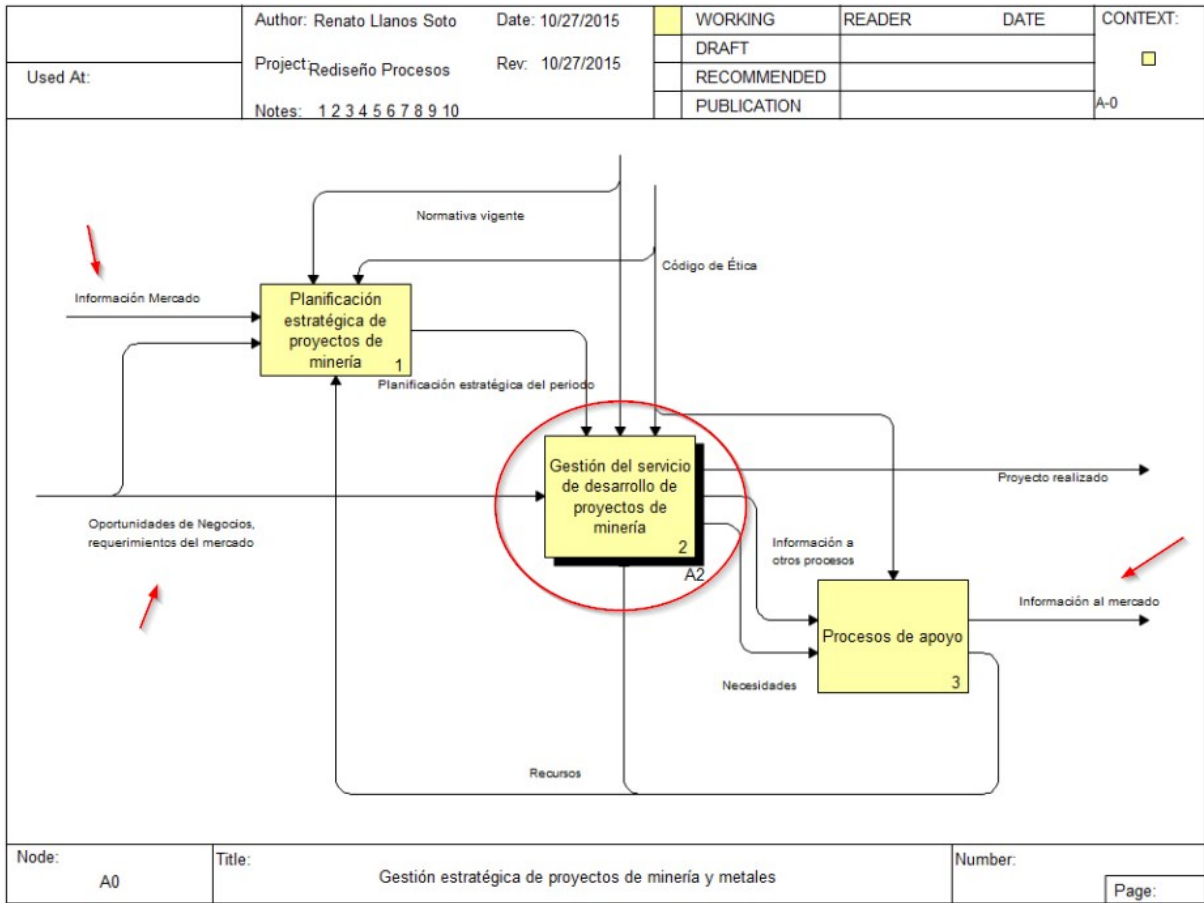
más exacta la cantidad de horas por cada entregable en un proyecto en particular. Otro punto relevante que se observa es la interacción con un equipo especialista y la comunicación existente en la organización, dado que el núcleo del negocio es la generación de proyectos y es el departamento de nuevos negocios donde se implementará el estudio. Existen muchas prácticas relacionadas con el rediseño de procesos que busca potenciar las áreas claves para generar un mejor desempeño en tareas claves de la organización. Con la matriz se genera una mejor administración del cambio al generar el rediseño de procesos del área de desarrollo de negocios, ya que se identifican las interacciones críticas entre procesos. En base al análisis que se realizó se identificaron distintas interacciones entre procesos.

## **5.2 Nueva Arquitectura de Procesos**

La solución propuesta contempla un rediseño del proceso de adjudicación de proyectos en base a la gestión del conocimiento en la organización y la aplicación de un modelo de minería de datos para el departamento de negocios de minería y metales chile. El rediseño se ubicará en la gestión estratégica de proyectos de minería y metales, específicamente en la cadena de valor de la arquitectura de procesos de la organización, que se instanció como administración y gestión de proyectos mineros.

En el siguiente diagrama se muestran en IDEF0 los componentes de los macroprocesos instanciados, los cuales se definieron con las siguientes descripciones:

- Planificación estratégica de proyectos de minería
- Gestión del servicio de desarrollo de proyectos de minería
- Procesos de apoyo



**Figura 38.** Arquitectura de procesos.

Los cambios son apreciables en la arquitectura de procesos, por ejemplo, se visualiza la utilización de la información historia para nutrir el proceso, se agregó un repositorio base de conocimiento como un mecanismo a disposición de la organización, se generaron nuevos flujos de conocimiento dentro de la organización, entre otras mejoras.

### Justificación del rediseño

El rediseño se justifica por la necesidad de la organización de mejorar en la forma que actualmente se hacen algunas cosas claves en el éxito del negocio, las principales razones son:

- La necesidad de la organización de generar un mayor flujo de conocimiento dentro de ella, este conocimiento es fundamental para seguir mejorando los servicios que

la organización entrega a sus clientes y lograr generar los espacios y el ciclo de conocimiento para que sus colaboradores tengan acceso a ese conocimiento, utilizándolo y absorbiéndolo y aportando nuevo conocimiento, siendo aprovechado para generar mejores soluciones y proyectos exitosos, traspasando ese valor generado al cliente.

- La oportunidad de utilizar la información histórica que tiene la organización en un modelo que permita clasificar nuevos proyectos en base a la experiencia y otorgar una base sólida, alcance y medidas que permitan contrastar las propuestas desarrolladas con los datos que el modelo nos provee. La aplicación del modelo de minería de datos tiene como derivada que se generaran estándares en los documentos asociados con cada categoría y la generación de normativas e instructivos que apoyen el proceso de adjudicación de propuestas y posiblemente incida en una disminución de costos en el desarrollo de estas.
- La necesidad de la organización de mejorar el proceso de adjudicación de propuestas con el objetivo de lograr una mejor estimación y mayor competitividad con los recursos disponibles en un menor tiempo con una mayor cantidad de propuestas.
- La motivación por generar mayores ingresos a la organización gracias a un apoyo tecnológico que permita automatizar los procesos y ser una herramienta que mejore las posibilidades de generar una mayor cantidad de proyectos ganados, y en consecuencia, más dinero a la empresa.

A continuación, se describirá el modelamiento del rediseño, incorporando nuevos procesos y modificando los actuales observados anteriormente en la etapa de estructura de la organización.

### **5.3 Nuevo Diseño Detallado de Procesos**

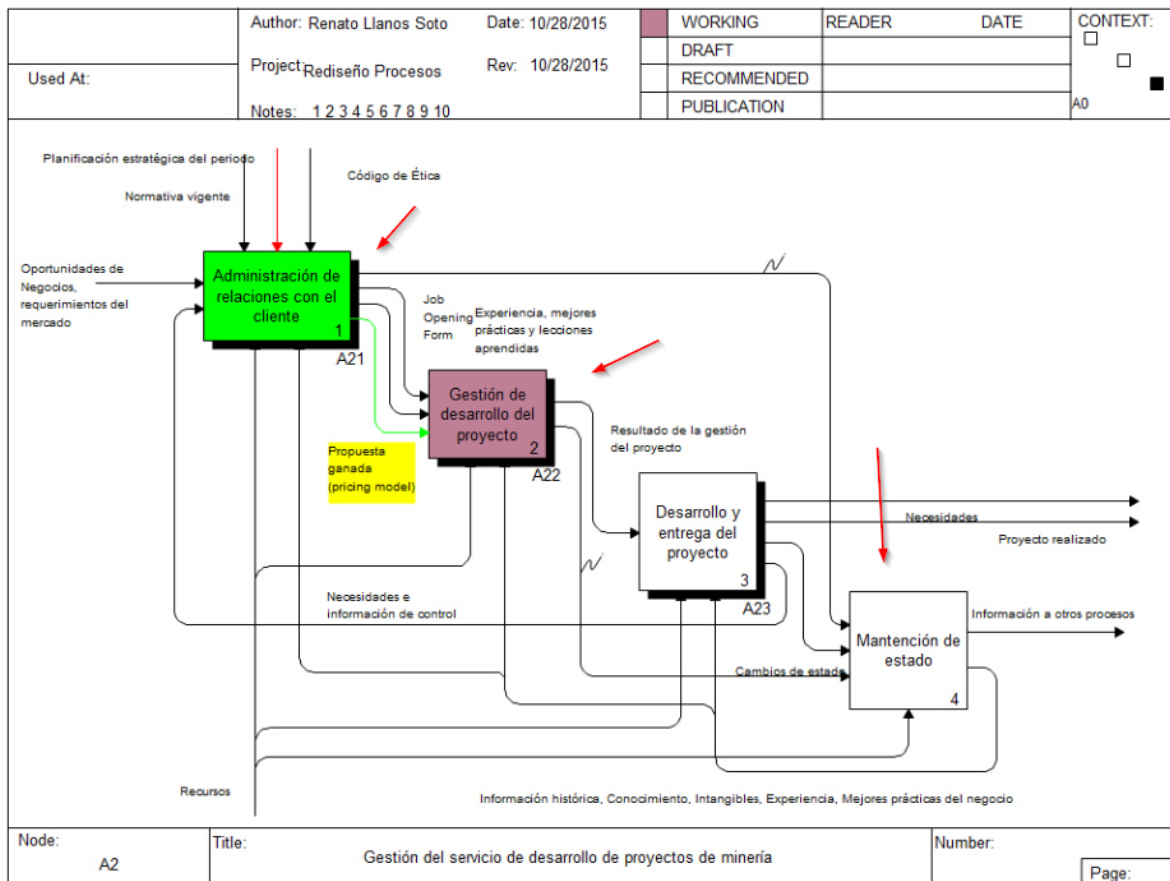
#### Modelamiento del rediseño

- Dentro de la arquitectura de procesos de la organización, instanciada como gestión estratégica de proyectos de minería y metales, podemos observar los

macro procesos planificación estratégica de proyectos de minería, gestión del servicio de desarrollo de proyectos de minería y los procesos de apoyo.

A medida que entramos en detalles en la cadena de valor, veremos que se van instanciando los procesos al negocio de servicios de la minería.

### 5.3.1 Diseño en IDEF0



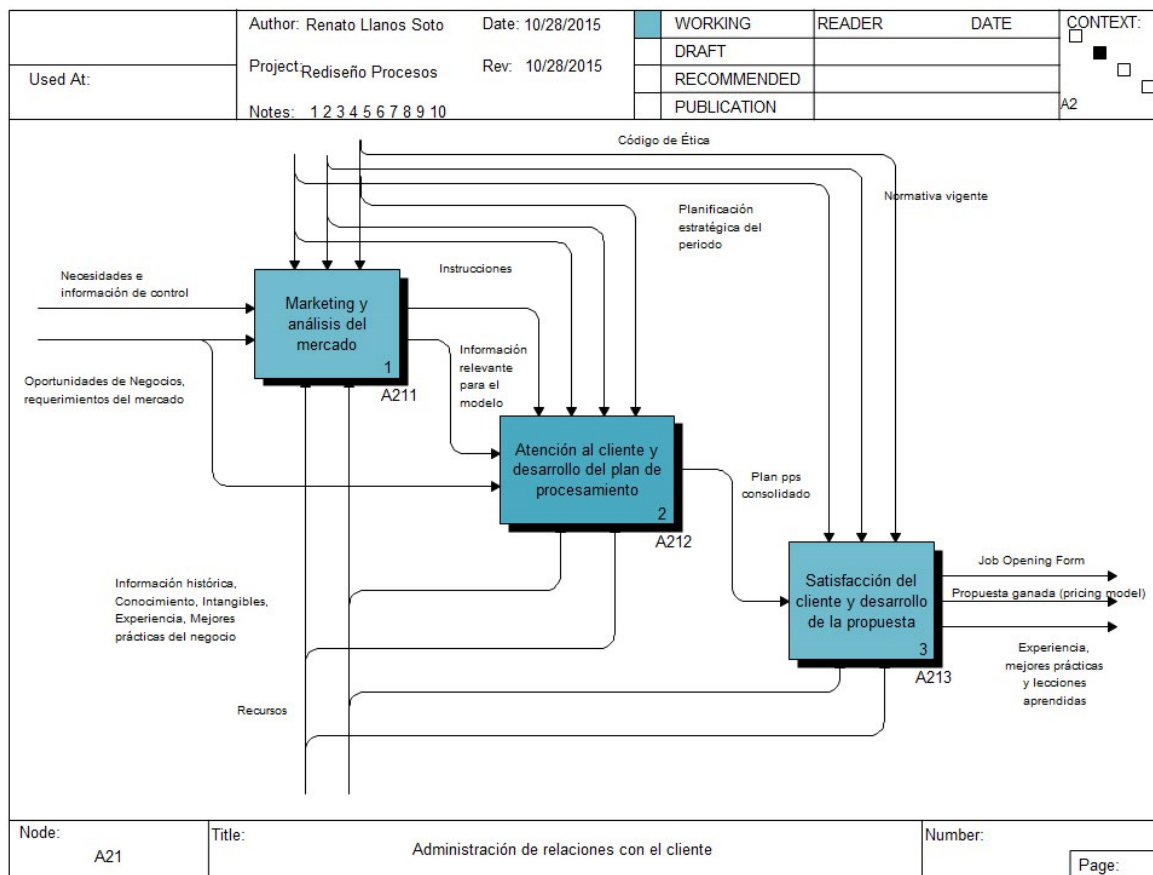
**Figura 39.** Estructura de procesos de la cadena de valor, procesos que se rediseñarán.

Principalmente el alcance del proyecto es generar un cambio en los procesos de la cadena de valor, específicamente en la administración con el cliente minero, dado que es en este proceso donde se encuentra el núcleo del negocio y donde esta principalmente el “core” de la problemática a solucionar y se generarán los procesos de apoyo tecnológicos. La gestión del conocimiento se integrará principalmente dentro de

la administración de relaciones con el cliente minero y la gestión del desarrollo del proyecto.

Como control se agregaron las normativas vigentes, las que se suman a los controles anteriores que eran el código de ética y la comisión interna.

Como salidas del proceso de administración del cliente minero se agregó la experiencia, mejores prácticas y lecciones aprendidas, adicionalmente se mejoró la propuesta adjudicada, en base al modelo de minería de datos y la gestión del conocimiento aplicado al proceso completo de la creación de la propuesta. Eso quiere decir posiblemente una disminución en los costos de hacer la propuesta, un mayor margen por propuesta y un desarrollo más eficiente y eficaz de esta, principalmente en cuanto a tiempo y estimación de recursos.



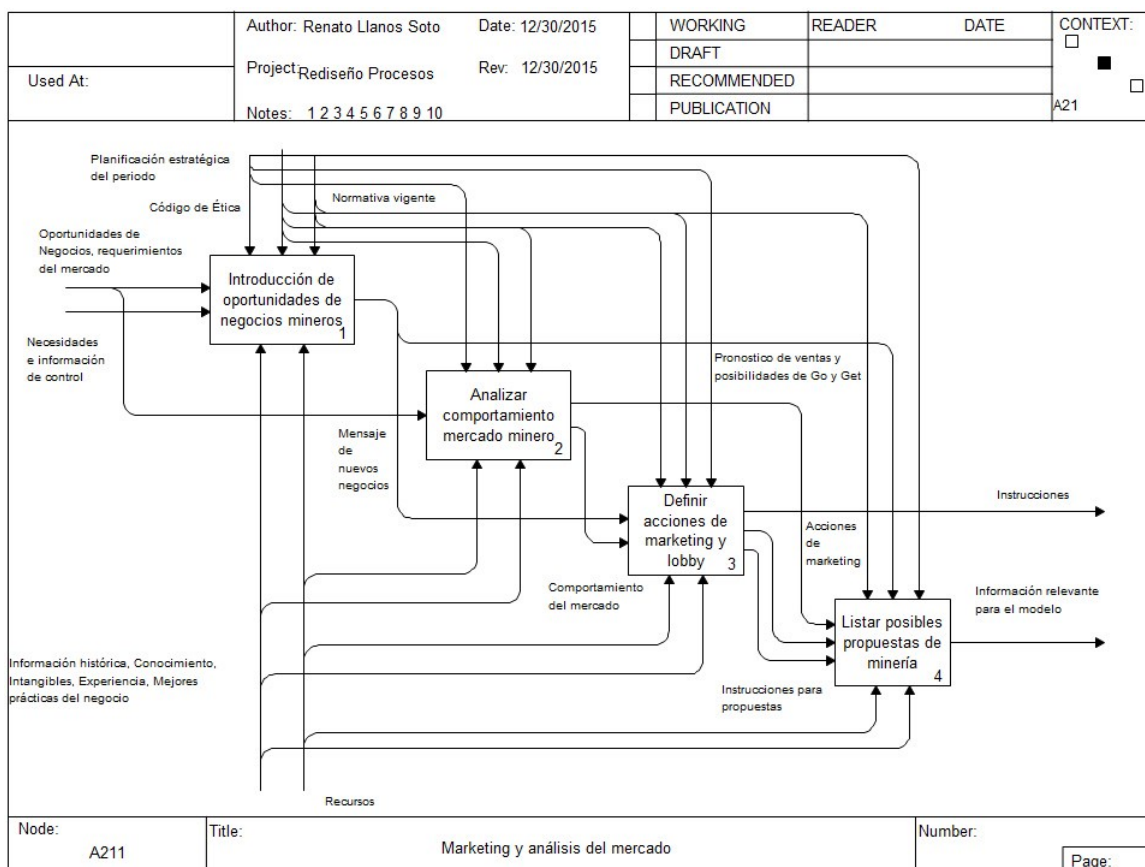
**Figura 40.** Administración relación con el cliente.



Un nivel más a detalle de la administración de relaciones con el cliente minero se muestra, para una mejor comprensión, el núcleo del rediseño que se realizará. Se encuentran tres procesos muy importantes para el estudio:

- Marketing y análisis del mercado.
- Atención al cliente y desarrollo del plan de procesamiento.
- Satisfacción del cliente y desarrollo de la propuesta.

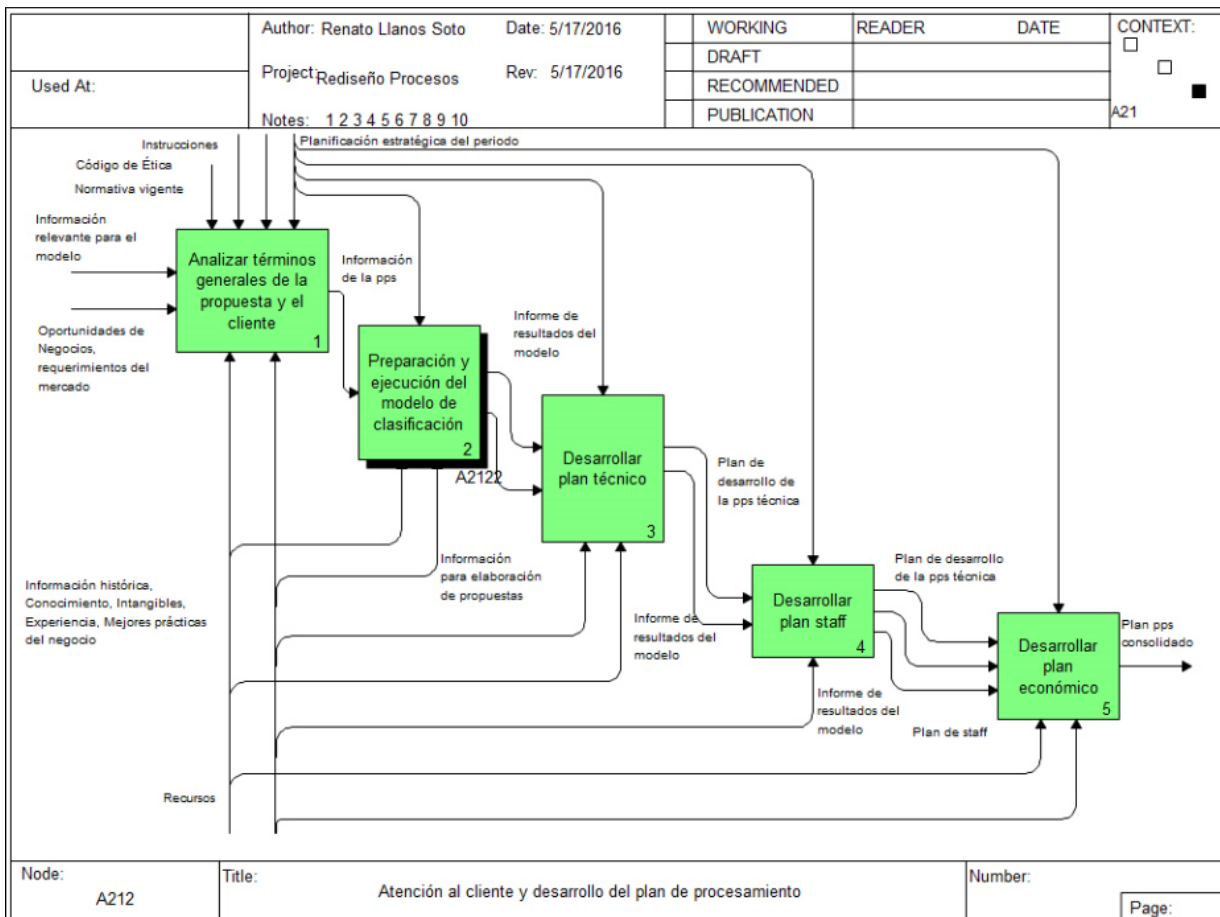
### Marketing y análisis de posibles negocios del mercado minero.



**Figura 41.** Marketing y análisis de posibles negocios.

Al detallar el proceso de marketing y análisis de posibles negocios del mercado se observará que la implementación de la gestión del conocimiento interviene en el proceso apoyando con el repositorio de datos y base de conocimiento como mecanismo dentro del proceso y se agrega las normativas vigentes como control.

## Atención al cliente y desarrollo del plan de procesamiento.



**Figura 42.** Atención al cliente y desarrollo del plan de procesamiento.

En el proceso de atención a clientes se realizará el análisis de los términos generales de la propuesta del cliente y luego se ejecutará el modelo de clasificación dentro del apoyo tecnológico, esto nos ayudará a tener los parámetros correctos para continuar con la realización de los planes técnicos, de staff y comerciales. En el proceso de análisis de propuesta concentran los recursos en la planificación de una metodología de trabajo en relación a los objetivos de las propuestas, alcance y otras características y en el proceso de plan de desarrollo propuesta se trabaja en la metodología que se tomará definitivamente para trabajar la propuesta y que equipo se encargará de llevarla a cabo, quien será el responsable y los plazos con que cuenta el equipo para desarrollarla.

## **Preparación y ejecución del modelo de clasificación**

Dados los datos que se tiene de la propuesta se ejecutará el proceso de preparación del modelo, ejecución de la plataforma de apoyo tecnológico, la aplicación el modelo de clasificación y el análisis de los resultados del modelo. Como resultado se tiene un informe de los resultados del análisis para la elaboración de propuestas y de la clasificación del modelo, con estos datos el analista de propuestas tiene una estimación inicial del resultado que deberá obtener como producto final que servirá de guía en el proceso de desarrollo de propuestas del departamento.

Se agregará un nuevo proceso que corresponderá a la aplicación del modelo de minería de datos y generación de información estratégica para elaboración de propuestas. En esta parte del proceso adquiere mucho valor el estándar de cantidad de HH por entregable para cada disciplina en una fase particular del proyecto de ingeniería, generado como resultado de la implementación del presente estudio en la organización y que sirve como una sólida base para el modelo de clasificación. Este nuevo proceso que se incluirá tiene los siguientes flujos como entradas:

- Las bases de la propuesta y el plan de ventas.
- La estrategia por tipo de proyecto candidato.
- Feedback histórico de análisis de propuestas anteriores.

El feedback histórico de análisis de propuestas anteriores también es una salida del proceso de procesamiento de propuestas. Los controles que ingresarán al proceso de aplicación del modelo de minería de datos y generación de información para elaboración de propuestas serán las normativas vigentes y el código de ética de la organización. Las flechas rojas indican el nuevo control que se agregará al proceso A31, en este caso corresponderá a las normativas vigentes para la generación de propuestas y desarrollo de proyectos, que se exigen a las empresas de ingeniería en relación a seguridad, leyes sociales, leyes ambientales, etc.

Por otra parte, los mecanismos que se utilizarán en el nuevo proceso ingresado corresponderán a:

- Repositorio de datos y base de conocimiento.
- Recursos.
- Infraestructura.
- Intangibles.
- Información Histórica.
- La experiencia, mejores prácticas y lecciones aprendidas.

Siendo mecanismos nuevos que se agregarán el repositorio de datos y conocimiento, la experiencia, mejores prácticas y lecciones aprendidas.

Las salidas del nuevo proceso se espera que sea toda información que arrojará el modelo de minería de datos en cuanto a la estructura y la información sobre los límites en que se espera que estén las distintas variables de la propuesta en cuanto a tópicos como alcance, staffing de profesionales, montos y las horas. Las salidas serán:

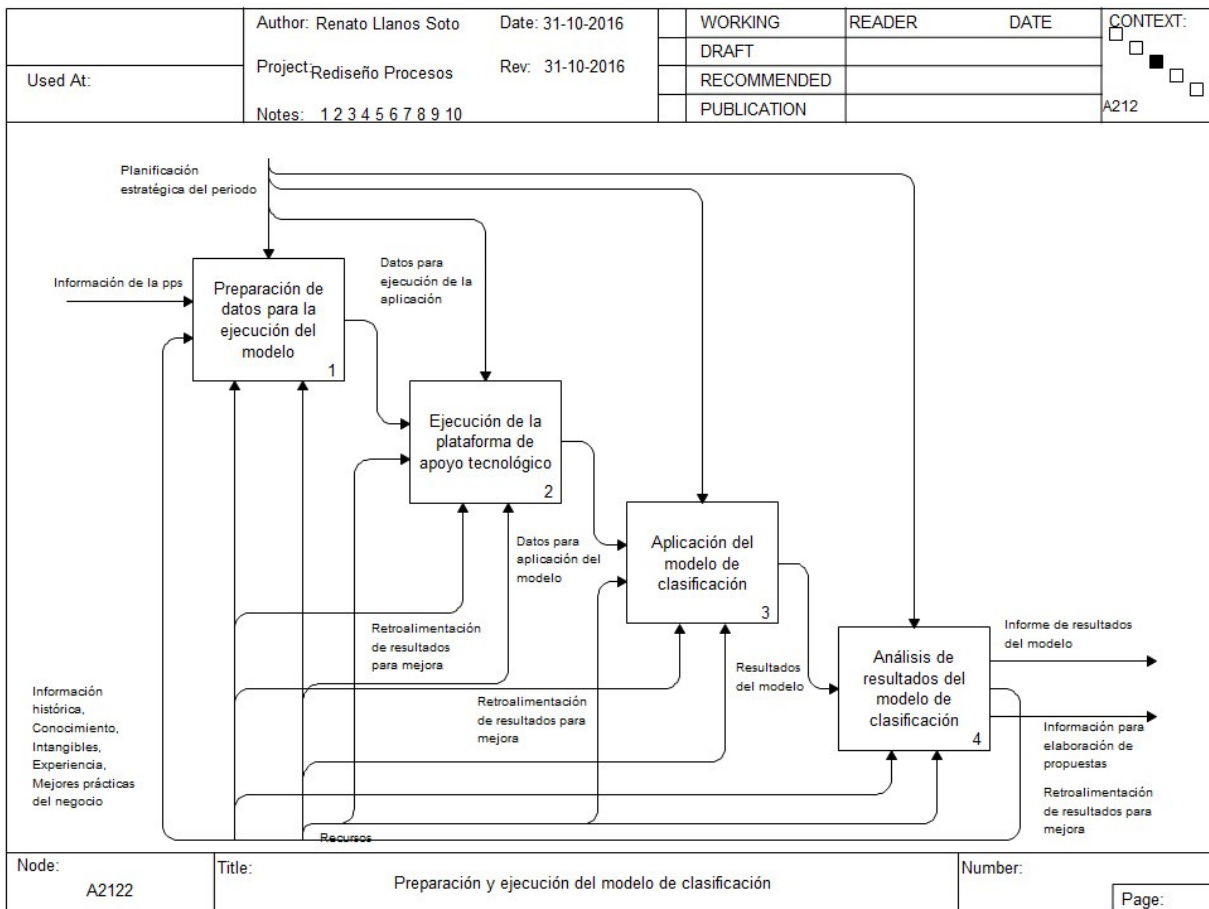
- Información para la elaboración de la propuesta.
- Resultados del modelo de minería de datos.

*El proceso se compone de la preparación de datos para la ejecución del modelo:* Se recopilan los datos del estándar de entregables de la organización, el repositorio de datos de conocimiento, la información de las bases de la propuesta, buenas prácticas de proyectos anteriores y se realiza la limpieza del set de datos.

*Ejecución de la plataforma de apoyo tecnológico:* En este proceso se ejecuta la plataforma que permite utilizar en el modelo de clasificación, dado que el modelo es el núcleo de la aplicación. La plataforma genera un valor agregado a la clasificación en sí, dado que aporta información adicional para el analista, la cual no está integrada directamente en el modelo de minería de datos. Por ejemplo, aporta con datos como las propuestas que se realizaron anteriormente para ese cliente, tips para realizar la propuesta económica, motivos por los que anteriormente se ganó o perdió propuestas, etc.

*Aplicación del modelo de clasificación:* Corresponde al modelo de clasificación en sí, en esta parte del proceso se utiliza el set de datos limpio, se ejecuta el modelo y se perciben los resultados para posterior análisis.

*Análisis del resultado del proceso de clasificación:* Se analizan los resultados del modelo de clasificación y se decide si el error es aceptable y si es necesario reajustar el modelo. En caso de que los resultados sean aceptables se desarrolla la propuesta en base a lo que indican estos resultados analizados.

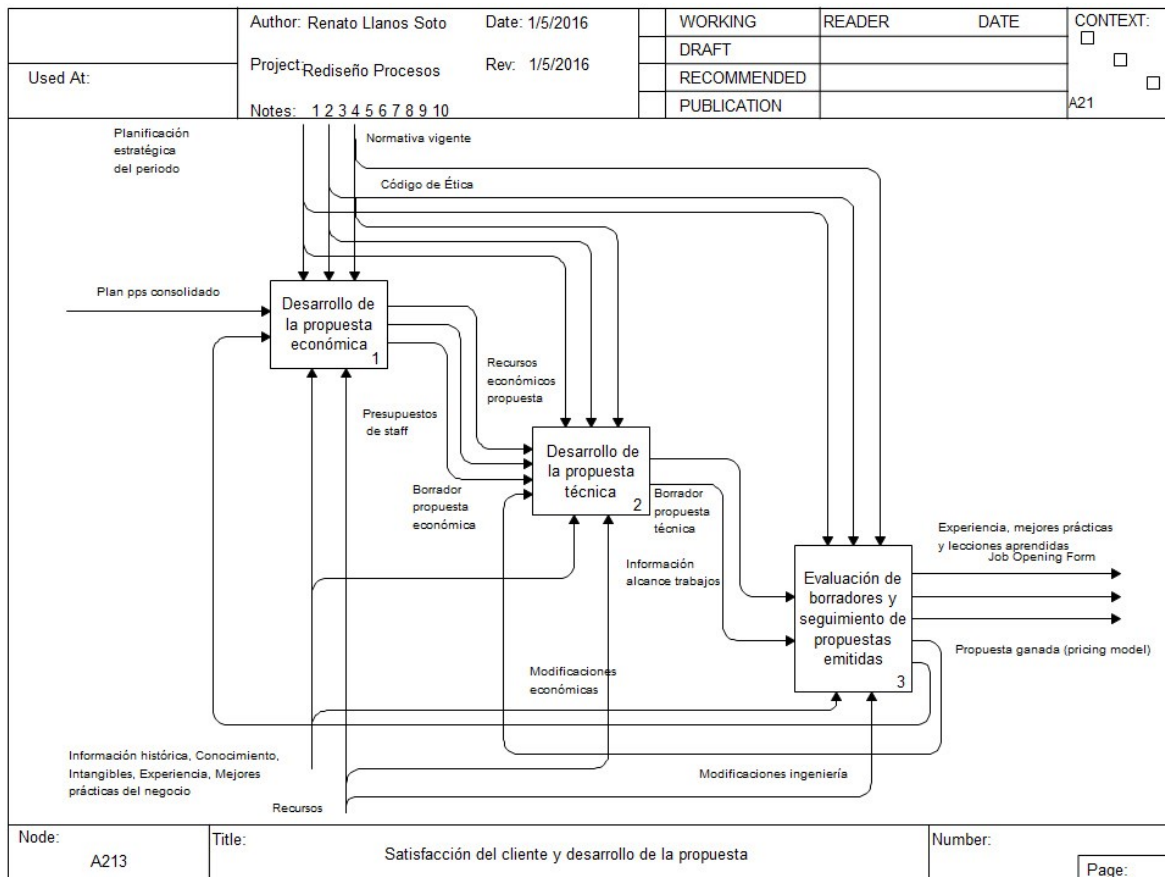


**Figura 43.** Preparación y ejecución del modelo de clasificación.

La salida final del proceso corresponde a los resultados del modelo de minería de datos que se aplicarán y la información para la elaboración de la propuesta.

## **Satisfacción del cliente y desarrollo de la propuesta**

En este proceso se desarrolla la propuesta en base al plan obtenido en el proceso anterior, se obtienen los recursos asignados y metodologías definidas con anterioridad. El proceso se divide en tres partes, la primera es el subproceso de gestión económica de la propuesta, en donde se define todos los aspectos que tengan que ver con el costo y las tareas planificadas relacionadas con la materia monetaria, luego como resultado de este subproceso se tiene los recursos económicos de la propuesta, el borrador de la propuesta y el staff con las tarifas que se tiene de presupuesto del proyecto para armar la propuesta. El siguiente subproceso es el de la ejecución técnica de la propuesta, que corresponde a todos los aspectos técnicos que deberá tener el proyecto que se propone adjudicar, este borrador, con todos los datos técnicos y económicos se envía a evaluación y control a una comisión mixta que ingresa comentarios y correcciones, para volver a iterar, este proceso se itera las veces que sea necesario para llegar a una propuesta definitiva que se envía al cliente. Una vez que exista una respuesta del proceso de adjudicación se puede tener una propuesta adjudicada, (que luego se convertirá en proyecto), o se puede perder la licitación por lo que la propuesta pasa a ser parte de un recurso histórico para ser reutilizado en una siguiente ocasión.



**Figura 44.** Satisfacción del cliente y desarrollo de la propuesta.

En los procesos de desarrollo de la propuesta técnica y desarrollo de la propuesta económica se aplicarán las siguientes tareas:

- Analizar términos generales de la propuesta.
- Desarrollar plan técnico en base a parámetros del modelo.
- Desarrollar plan de staff en base a parámetros del modelo.
- Desarrollar plan económico en base a parámetros del modelo.

Luego se evaluará el borrador de la propuesta y posiblemente se ajustarán algunos parámetros, pero en definitiva en esta parte del proceso se enviará la propuesta oficialmente y de evaluará si el resultado fue exitoso o no. Como resultado del proceso se generará conocimiento e información para nutrir el proceso, se evaluará si es modelo y proceso de minería de datos funciona o necesita ajustarse y tendremos más

información para que el proceso de generación de propuestas pueda ser mejorado aún más.

### Gestión de desarrollo del proyecto.

En particular en la Gestión de Desarrollo de Proyectos se realizan todas las labores propias de la gestión de la ingeniería de acuerdo a la fase a la que pertenecen los proyectos. En la planificación y control de Proyectos se realizan las evaluaciones de los proyectos y se definen las estrategias a seguir por cada proyecto y decidir la entrega del proyecto es una actividad que puede durar varias semanas en donde se terminan todas las tareas que darán paso al siguiente proceso de la cadena de valor que es la ejecución del proyecto.

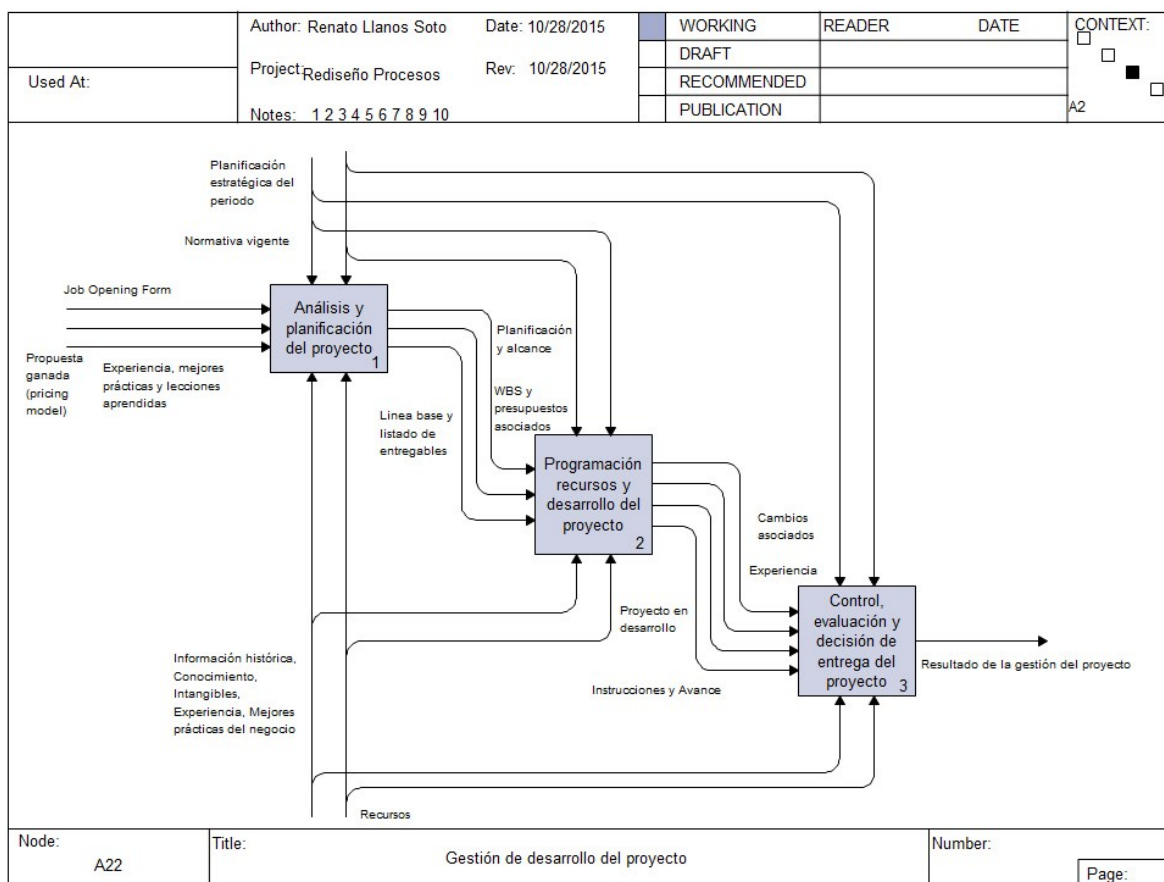


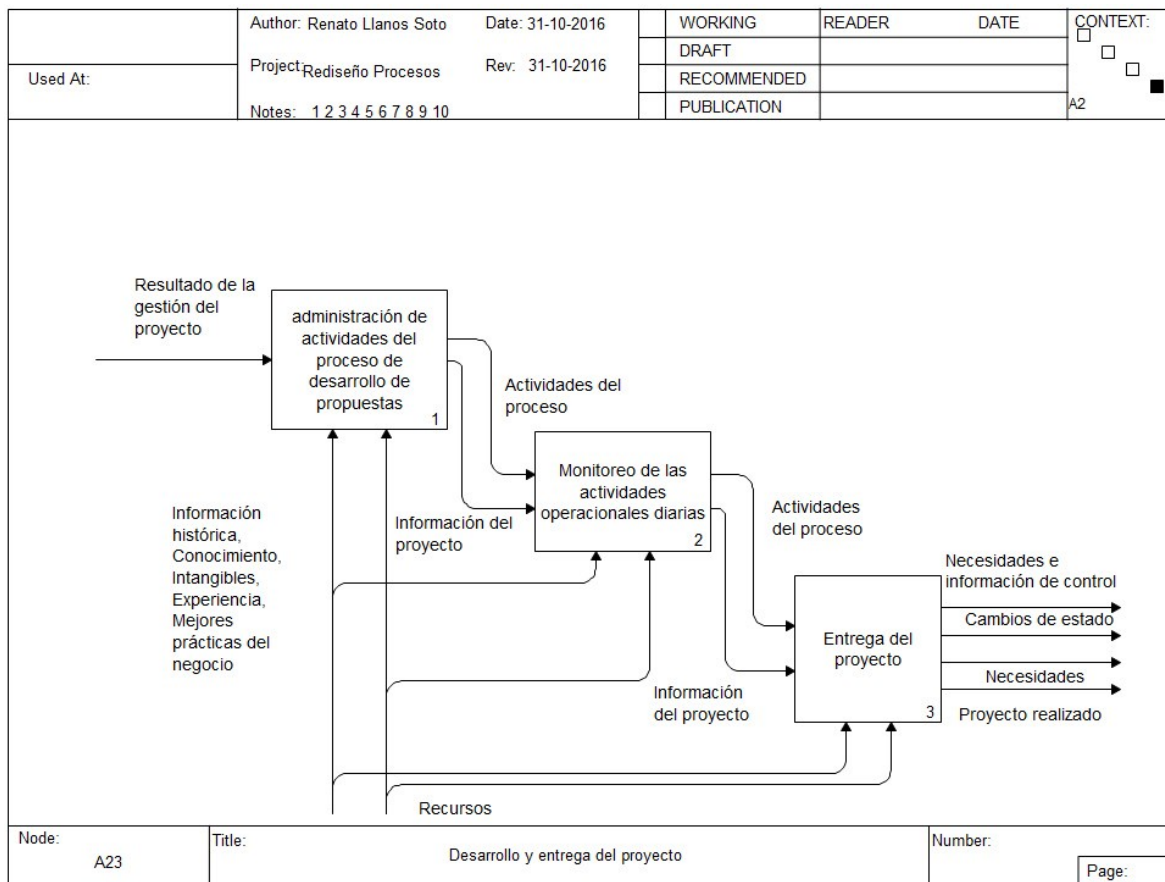
Figura 45. Gestión del desarrollo del proyecto.



Los tres que componen el procesamiento de propuestas se mantienen, pero lo que se modificará son los flujos de conocimiento dentro del proceso para que este fluya de mejor forma y permita mayor aprendizaje en el departamento.

El alcance del rediseño no incluirá mayores cambios para el proceso de gestión de desarrollo del proyecto, solamente se intentará provocar un mejor uso del conocimiento para poder aprovecharlo como un feedback importantísimo en el ciclo de conocimiento de la organización y para nutrir al modelo en base a la información histórica.

### Desarrollo y entrega del proyecto



**Figura 46.** Desarrollo y entrega del proyecto.

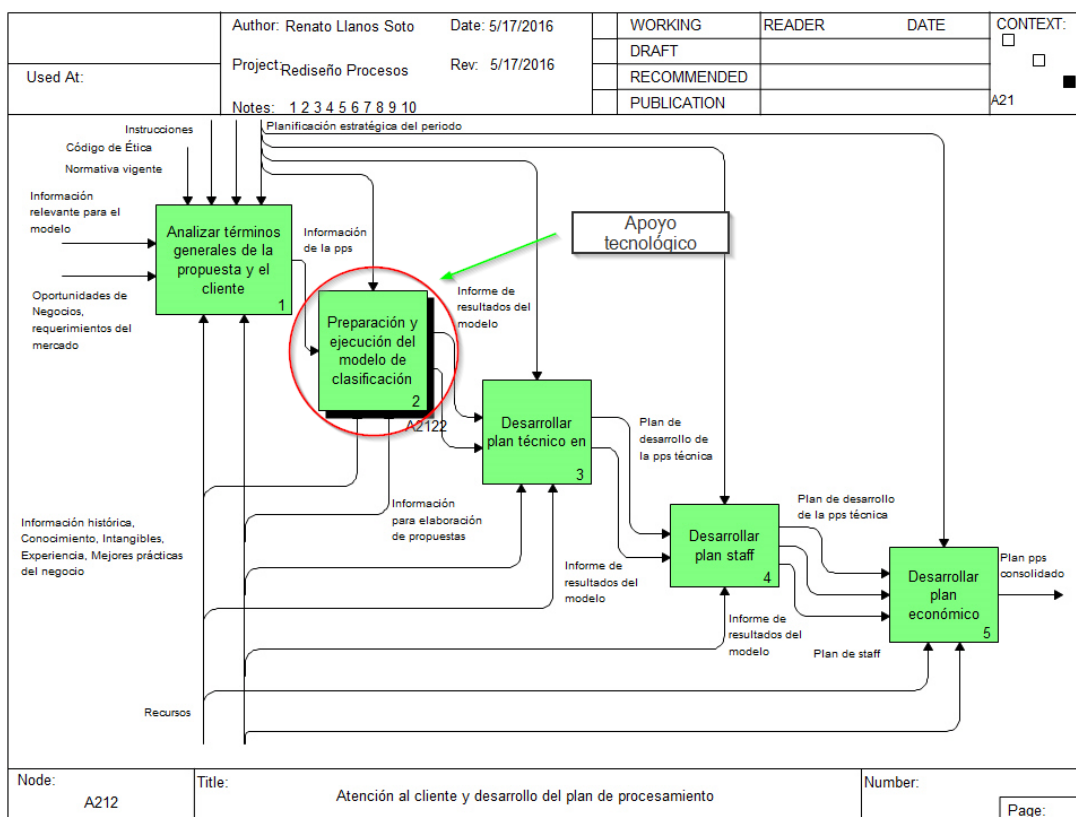
En este proceso se monitorean y se evalúan los resultados de la gestión del proyecto y se procede a entregar el proyecto al cliente. Se genera un flujo de conocimiento

importante que es procesado por la organización en forma de cambios de estado, experiencia y necesidades futuras para seguir iterando y mejorando las operaciones del desarrollo de propuestas.

Con el plan de propuestas consolidado se tendrá toda la información que se necesita para poder realizar las propuestas dentro de los parámetros que corresponden, todo alineado con la planificación estratégica. Estas salidas del proceso A313 ingresan una entrada, (Plan de propuesta consolidada), y otra como control, (Planificación estratégica del periodo), al proceso de procesamiento de propuestas (A314).

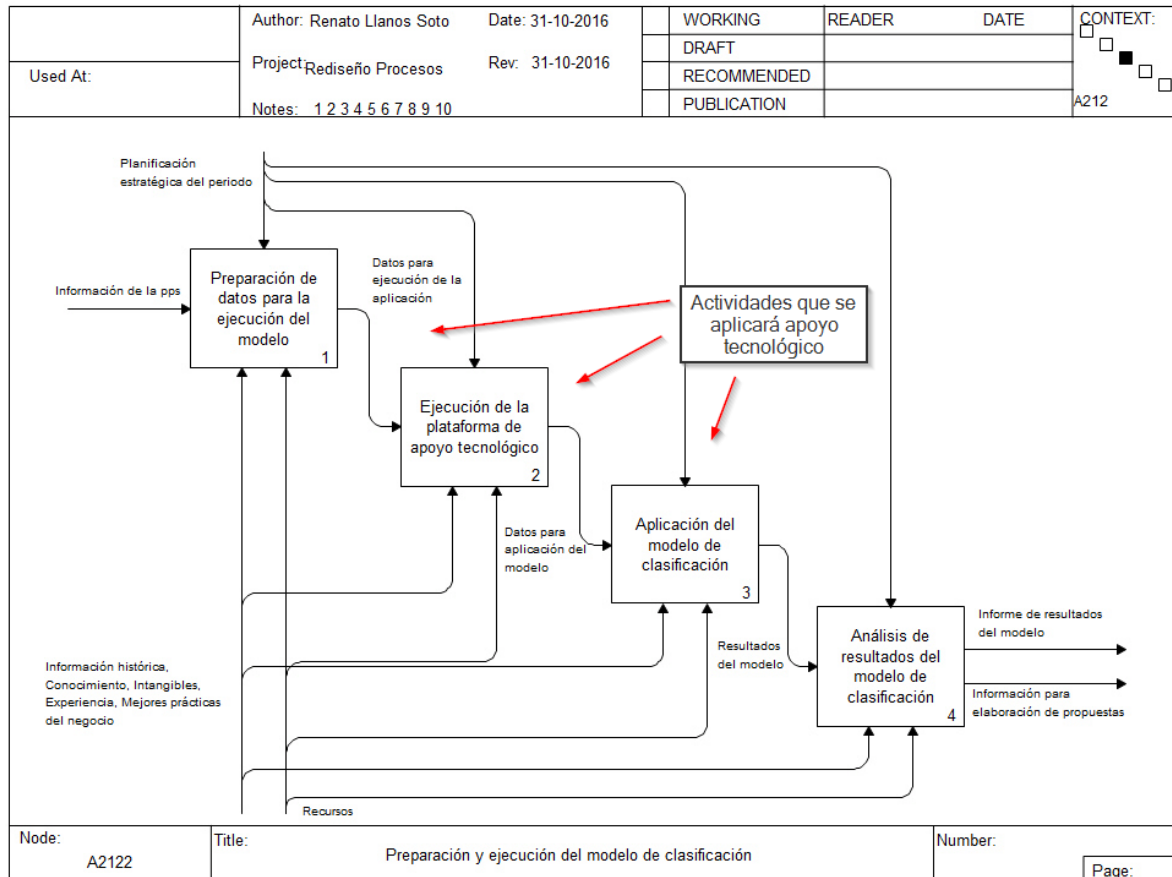
### Rediseño y actividades que requieren apoyo tecnológico

Se identificó como una de las principales actividades en que se requiere apoyo tecnológico a la aplicación de un modelo de minería de datos y generación de información estratégica para la elaboración de propuestas.



**Figura 47.** Atención al cliente y desarrollo del plan de procesamiento.

La aplicación del modelo de minería de datos requerirá de tres actividades claves, que son la preparación de los datos para la utilización del modelo de minería de datos, el ingreso de los datos al modelo y la obtención de los resultados y el análisis de estos.



**Figura 48.** Preparación y ejecución del modelo de clasificación.

Lo que se puede apreciar a continuación es el esquema en BPMN de actividades dentro del proceso de aplicación del modelo de minería de datos.

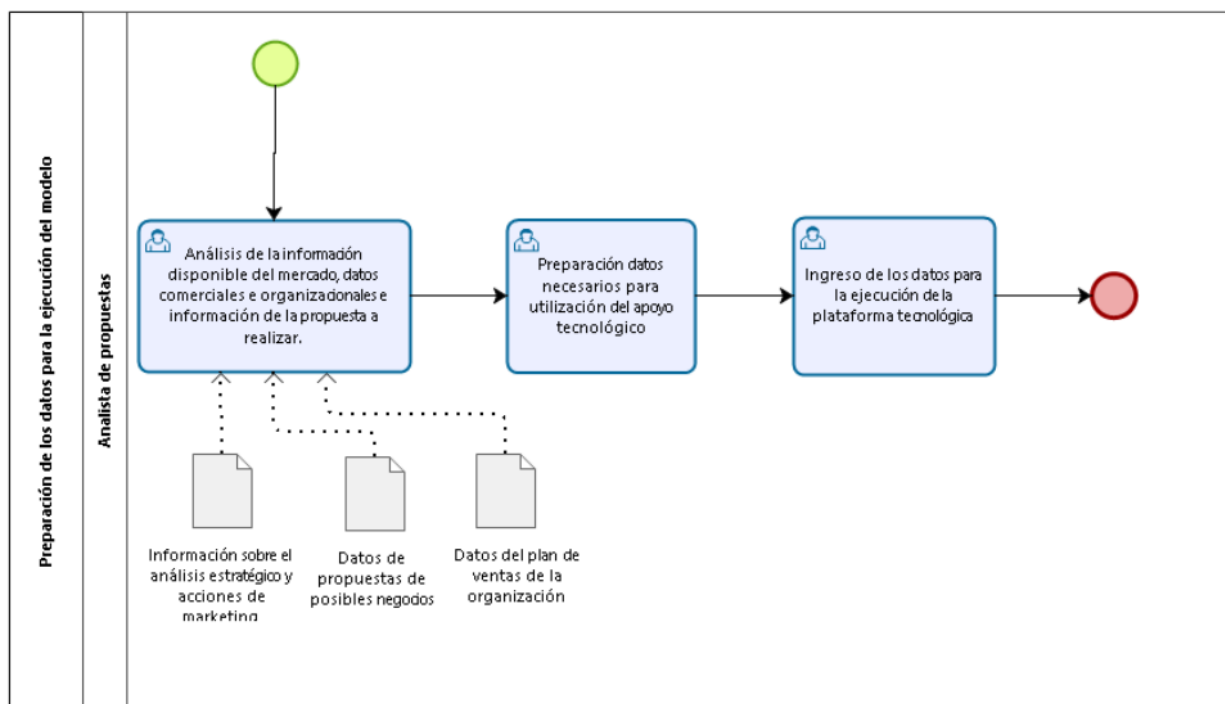
La aplicación del modelo de clasificación, al ser un modelo supervisado, requiere que se mida el error y se produzcan iteraciones hasta que ese error sea reducido al valor esperado.

A medida que el tiempo pase y el modelo sea utilizado, se deberá ir ajustando o corrigiendo para reflejar la constante supervisión y regulación para su mejor funcionamiento acorde a los resultados esperados. Cada una de estas macros se detalla en los siguientes BPMNs.

### 5.3.2 Diseño en BPMN

#### Preparación de los datos para la ejecución del modelo

En esta etapa el analista de propuestas prepara los datos para la ejecución del modelo de machine learning.

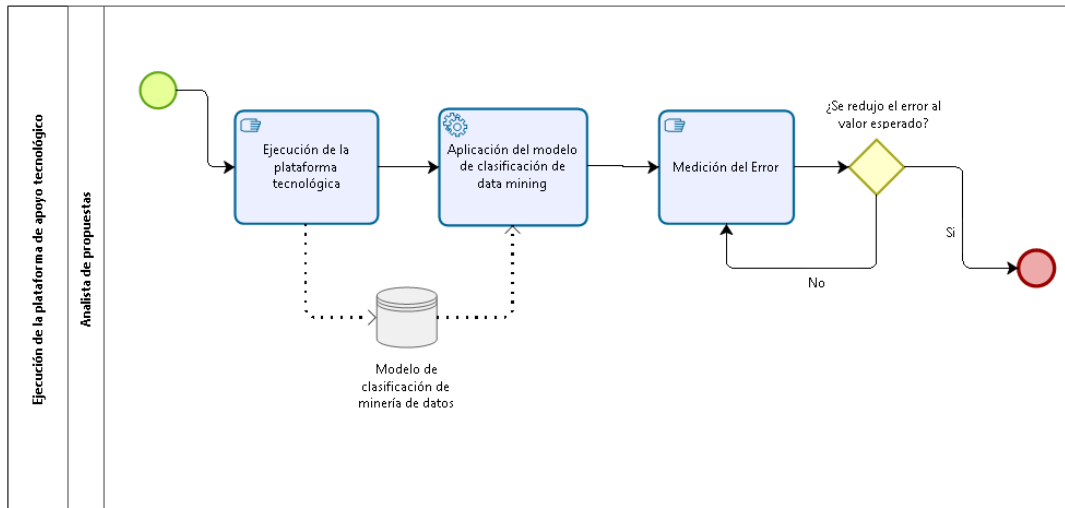


**Figura 49.** Etapa de preparación de los datos para la ejecución del modelo.

El resultado del proceso son los datos preparados que serán utilizados como un input en el siguiente proceso que se refiere a la ejecución del modelo de machine learning.

#### Ejecución de la plataforma de apoyo tecnológico

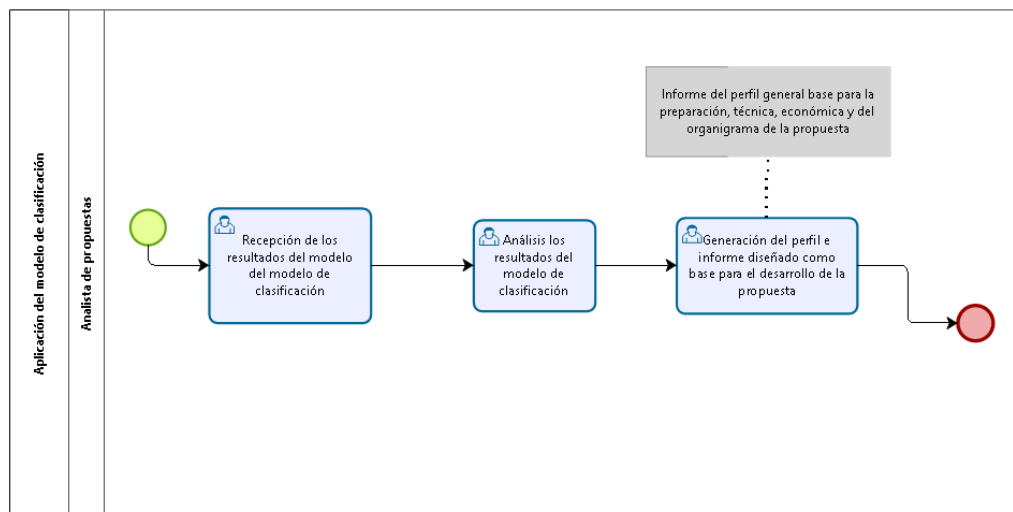
El analista de propuestas ejecuta la plataforma tecnológica, aplica el modelo de clasificación de propuestas, si el resultado tiene un % error que es satisfactorio, procede a enviar los datos resultantes al proceso de análisis.



**Figura 50.** Etapa de ejecución de la plataforma de apoyo tecnológico.

### *Aplicación del modelo de clasificación*

En esta etapa se recién los resultados del modelo se analizan y se crea el perfil para la utilización de base en el desarrollo de la propuesta.



**Figura 51.** Etapa de aplicación del modelo de clasificación.

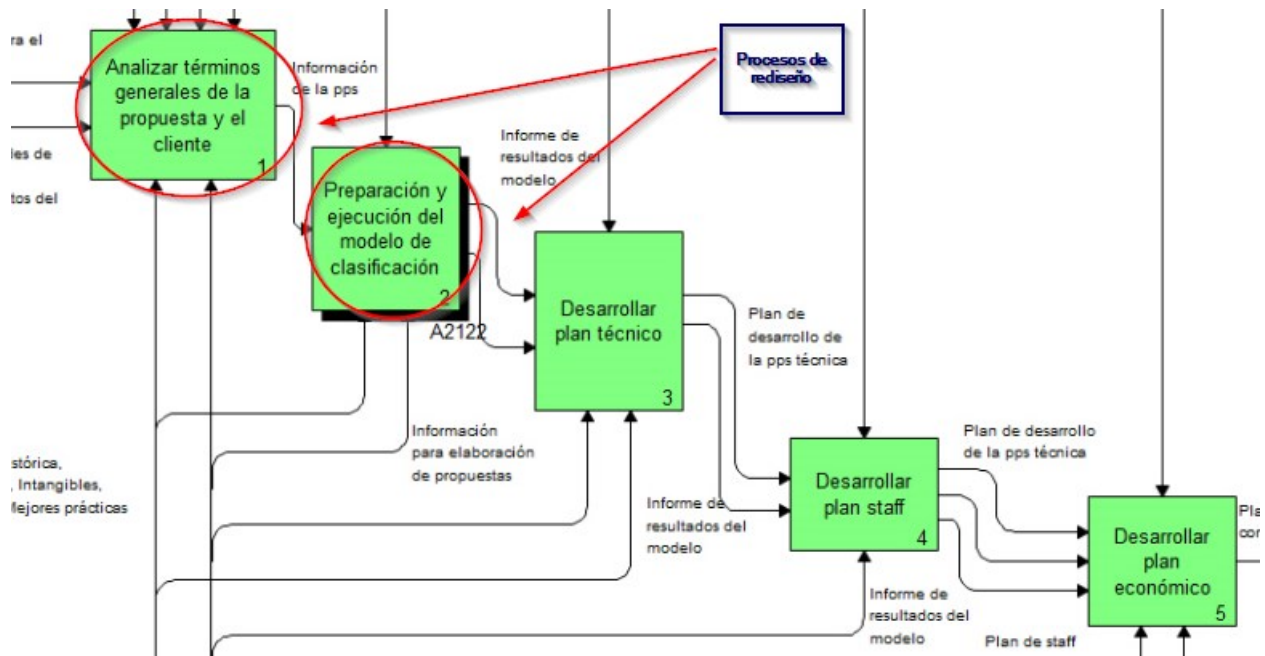
#### **5.4 Diseño de la lógica de Negocios**

La lógica de negocios propuesta entrega las reglas y consideraciones que el negocio posee como núcleo y lo que se busca plasmar dentro del presente estudio. Para el rediseño de procesos del negocio se basó en la utilización de las fuentes de datos disponibles en la organización que alimenten el modelo de minería de datos. Adicionalmente se utilizaron otras fuentes de información que ayuden a los analistas de generación de propuestas a tomar decisiones. Con esta información adicional nutrimos la plataforma que utiliza el modelo de minería de datos de información adicional que aporte al objetivo final del analista. Se busca generar propuestas más precisas, aumentando las posibilidades de éxito que se cuenta para ganarlas.

En el rediseño de proceso se tomaron decisiones que van en directa relación con los cambios que se deben hacer para lograr los objetivos fijados dentro del estudio y que se encuentran alineados con los objetivos estratégicos de la organización. Las principales intervenciones se dieron en los siguientes tópicos:

- Implementar procesos de comunicación entre proyectos y líderes responsables de la estructura fija de la organización mediante talleres de lecciones aprendidas.
- Implementar procedimientos para un adecuado registro de la información en los sistemas de administración de la organización.
- Mejora en la implementación de los proyectos en los sistemas de control de proyectos de la organización.
- Limpieza y orden de la información histórica de la organización desde el año 2014 en un repositorio común.
- Generación de un estándar de tipos de entregables y las HH utilizadas para su generación, clasificadas en fases, disciplinas y tipos de entregables.
  - Se generó en base a toda la información relevante disponible que alimenta al modelo la cual se encuentra almacenada en un repositorio común de conocimientos.

- También se generó en base a una comisión de expertos locales y estándares internacionales.
- Implementación de procesos nuevos en la arquitectura actual, que tienen como principal objetivo rediseñar la forma en que se trabaja en la organización, incorporando apoyo tecnológico fundamental. A continuación, un ejemplo de donde se aplica este punto en particular:



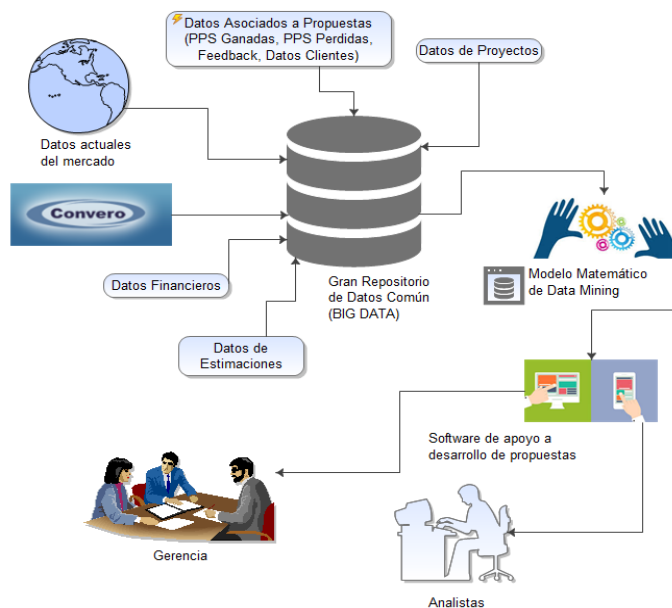
**Figura 52.** Principal apoyo tecnológico en procesos de generación de propuestas.

Se implementó algoritmos supervisados dado el tipo de problema, la definición de clases en relación a las características que presentaban datos de la organización, las variables que influían en el proceso de generación de propuestas y el objetivo del apoyo tecnológico, dado que busca resultados más óptimos y acotados que logren una precisión mayor al momento de postular a un proceso de adjudicación de proyectos mineros.

Se enfocó en la clasificación dado el objetivo anterior, y se analizaron varios algoritmos antes de seleccionar Redes Neuronales y Random Forest, la principal razón fue el

desempeño de estos con problemas de clasificación y predicción, sus características de trabajo, y la forma en que estos algoritmos se comportan y resuelven con los datos.

Para el alcance del estudio se implementó un prototipo funcional en la organización, generando dos modelos de clasificación, dejando las bases para que la organización desarrolle una aplicación que incorpore el esquema descrito a continuación:



**Figura 53.** Diseño de la lógica de negocios de la solución tecnológica.

Con la implementación del rediseño y el apoyo tecnológico se busca demostrar cómo el rediseño ayudó a lograr el objetivo general y los objetivos específicos dando resultados satisfactorios que permitan implementar en un futuro todo el alcance del estudio en la organización.



## CAPÍTULO 6: PROPUESTA DE APOYO TECNOLÓGICO

---

### 6.1 Especificación de Requerimientos

La solución de rediseño se apoya en un conjunto de herramientas tecnológicas, estas herramientas principalmente apoyan metodologías que se utilizarán, como la gestión del conocimiento en la organización, la integración de varias fuentes de datos que actualmente existen en la organización, en un repositorio de conocimiento, la generación de un modelo de minería de datos.

#### 6.1.1 *Requerimientos Funcionales*

Para apoyar el rediseño de procesos, la solución tecnológica debe:

- El modelo de minería de datos permitirá clasificar propuestas de posibles proyectos, las cuales contienen características como la fase<sup>8</sup> a la que pertenecerá el proyecto, las disciplinas que participarán, los entregables de cada disciplina que contiene la propuesta, (planos y documentos), y la cantidad de HH unitaria para cada tipo de plano o documento. Los datos de la propuesta que ingresan al modelo son comparados con los datos históricos de la organización, para luego ser clasificados entre ciertos parámetros dados por el modelo en relación a la certeza, precisión y sensibilidad.
- Implementará y se nutrirá de un repositorio de datos históricos de proyectos y propuestas de la organización.
- Se basará en el estándar de documento y planos como base de comparación por el modelo, el cuál fue generado durante el presente estudio por el autor, con apoyo de las gerencias de Chile y Canadá. (Oficializado como el estándar vigente).
- Aplicará el modelo seleccionado por el presente estudio para generar la clasificación más óptima buscada.

---

<sup>8</sup> Las fases (phase) son Scoupe, Pre Factibility, Factibility, Basic Engineering, Detail Engineering

- Desplegará los resultados de la clasificación para la interpretación por el analista de propuestas.
- Desplegará información de la organización complementaria a la del modelo de minería de datos.

La solución tecnológica será implementada con las siguientes capacidades:

Inputs:

Planillas de datos csv estructurada según el siguiente estándar:

**Phase:** Corresponde a la etapa global del proyecto en particular, en el caso de minería y metales, puede ser del Factibilidad, Ingeniería Básica, Ingeniería de Detalle, Pre Factibilidad y Scouping.

**Código Disc:** Identificador único de cada tipo de disciplina de ingeniería.

**Disc Descripción:** Descripción del tipo de disciplina a la cual corresponde el tipo de entregable, la cantidad de HH entre otros datos que se describirán más adelante.

**Tipo Entregable:** Identificador asociado a cada descripción de entregable.

**Descripción Entregable:** Corresponde al título del tipo de entregable, por ejemplo, una memoria de cálculo, una hoja de datos, un plano de detalle, etc.

**Total:** Corresponde a la cantidad de HH asociada a cada tipo de entregable.

**Categoría:** Clasificación de la variable HH en relación a la cantidad invertida en generar un entregable, basado en el estándar de entregables de la organización.

Consultas de información histórica a la base de datos relacional, (conexión), para apoyar al modelo con información histórica del cliente, proyectos y propuestas ganadas y no ganadas en el pasado.

Acceso al estándar de planos y documentos por fase vigente en la organización.

Outputs:

- Resultados del modelo de clasificación para pruebas de certeza (Accuracy), precisión (Precision) y sensibilidad (Recall).
- Información relacionada con el cliente, proyectos anteriores, propuestas y resultados históricos.

Para medir el error se utilizará la matriz de confusión. Los resultados del modelo dependerán de la calidad de los datos y su ajuste a las nuevas necesidades y escenarios. Mientras el % de error sea aceptable el modelo será confiable para apoyar a la organización. El % de error aceptable definido por el juicio experto es de un 25% como máximo, de igual manera el objetivo es siempre iterando el proceso de mejora constante para disminuir el error y mantener actualizado el modelo en base a los cambios en la organización y el mercado.

### **6.1.2 Requerimientos No Funcionales**

La solución tecnológica debe garantizar, al menos, los siguientes aspectos:

#### Acceso de datos

- Los datos utilizados por el modelo deben estar disponibles para el usuario en menos de 30 segundos.
- Los datos modificados en la base de datos deben ser actualizados periódicamente, a lo menos una vez por mes.

#### Rendimiento

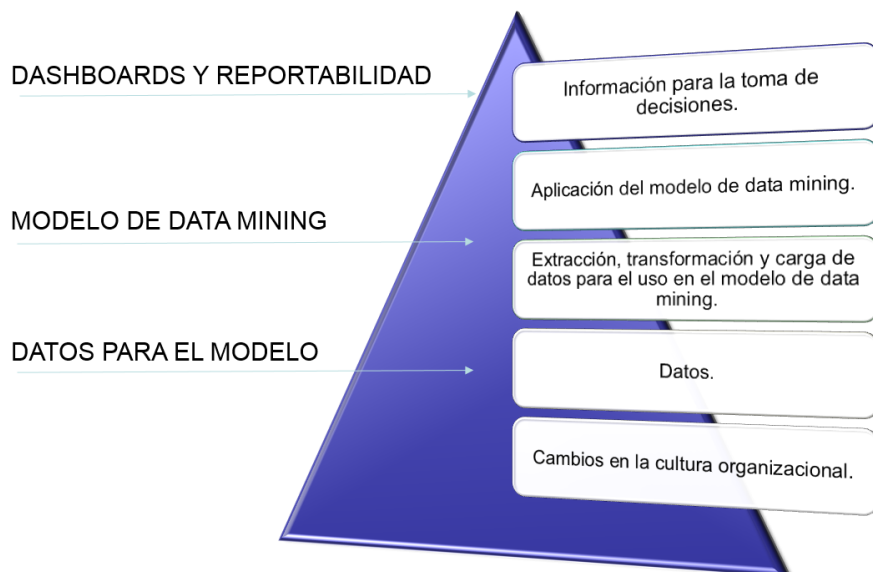
- El modelo debe tener un desempeño óptimo permitiendo ser utilizado 24/7 garantizando continuidad operativa en al menos un 99% de estabilidad mensual.

#### Eficiencia

- El modelo debe ser capaz de clasificar de forma eficiente con un % de error acotado y aceptable, supervisado semanalmente. El % de error aceptable es definido por los analistas de propuestas.

## 6.2 Arquitectura Tecnológica

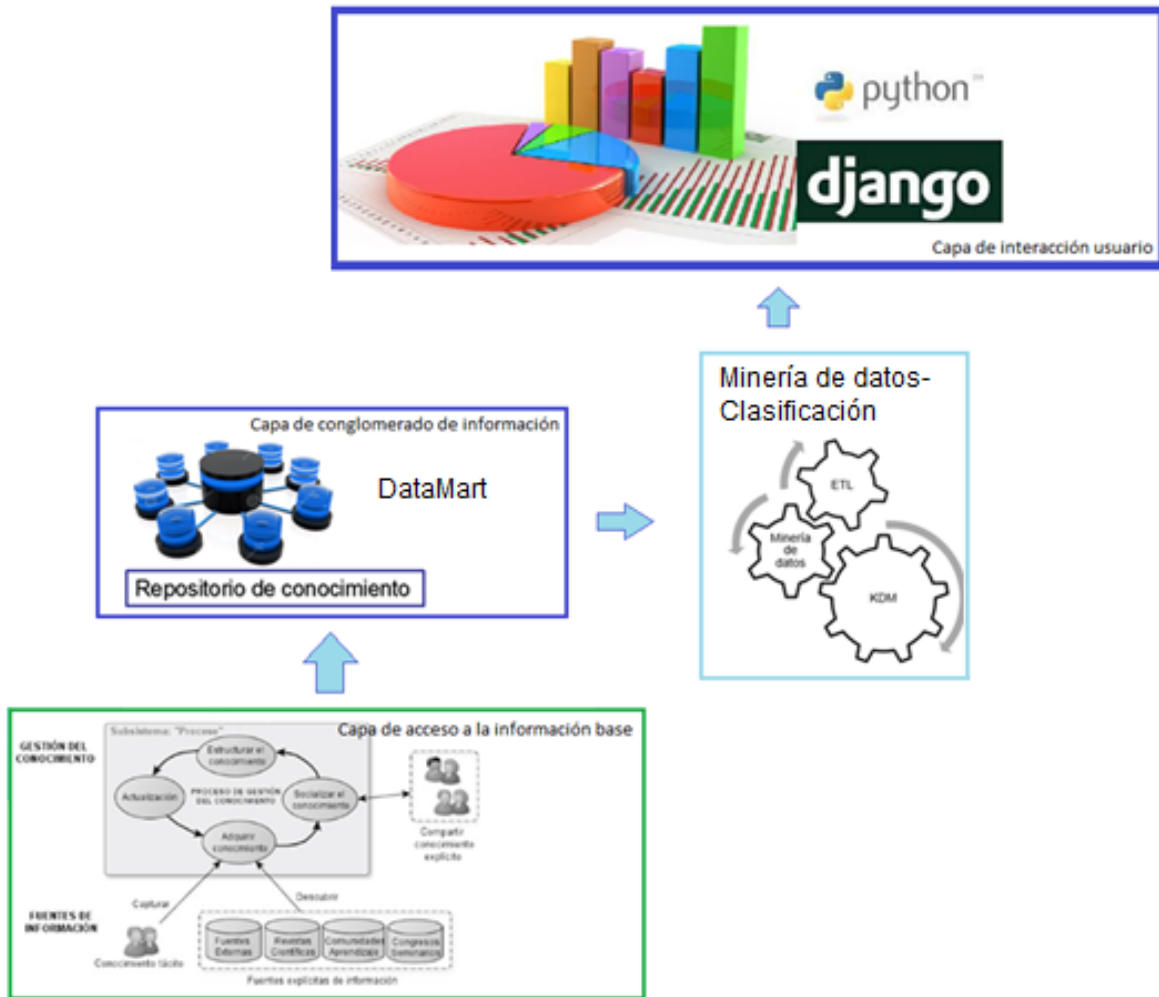
La Arquitectura de TI es la lógica de organización de los datos, las aplicaciones y la infraestructura de TI (capturando un conjunto de relaciones y las opciones técnicas) para lograr un rediseño de negocio deseado. Se puede dividir en distintos componentes que interactúan entre sí para cumplir con los requerimientos mencionados anteriormente.



**Figura 54.** Arquitectura tecnológica.

El apoyo tecnológico se divide en la arquitectura tecnológica, los componentes que se utilizarán y las funcionalidades de estos. Un primer acercamiento a la solución tecnológica se define en, al menos, una capa de acceso a la información base, otra capa de refinamiento y el modelo de clasificación de para proyectos de ingeniería en el sector minero implementando minería de datos.

Se reestructurará la información de proyectos anteriores (historia) y se creará un repositorio en base a un proceso de ETL. Los datos serán tratados para ser utilizados en el modelo, solucionando problemas de valor perdido, outlier detección, valores correlacionados y corrección de nuevos campos.



**Figura 55.** Principales tópicos de la solución tecnológica.

- Capa de acceso a la información base

El conocimiento de una organización consiste en una combinación de experiencias, valores organizacionales, información de contexto y la visión experta de sus gerentes y trabajadores, todo lo cual conforma un sistema que permite evaluar e incorporar nuevas experiencias e información a la organización. En las organizaciones, el conocimiento también está inserto en documentos, en repositorios, en las rutinas organizacionales, en los procesos, en las prácticas y en las normas. En la capa de acceso a la información se produce la obtención de los datos dispersos en varias fuentes, de esa información deriva

el conocimiento gracias a los ciclos de transformación del conocimiento. De este proceso de gestión del conocimiento derivan la información que permitirá aplicar la capa analítica y de refinamiento de los datos de la organización. Los medios de información desde donde se alimentará la capa de información base son bases de datos, archivos y sistemas que actualmente manejan la información en la organización.

- Capa de conglomerado de información

En esta capa se encontrarán los datos que provienen de los medios de información y se generará una base de datos y los archivos csv que alimentarán el modelo de clasificación de minería de datos.

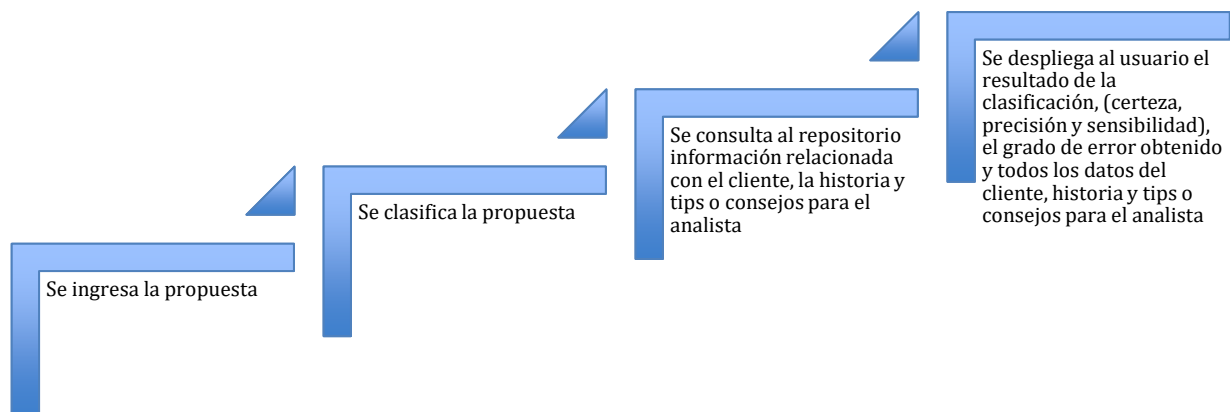
- Capa de refinamiento y un modelo de minería de datos

En esta capa se tratarán los datos, limpiándolos, eliminando las variables repetidas, filtrando los campos vacíos, normalizando los datos y balanceando algunas muestras para implementar el modelo. El modelo se generará dividiendo un porcentaje de los datos para testear el modelo y otro para probar el modelo.

Una vez definido el modelo se prueban con otros datos hasta que el comportamiento de este es aceptable con un error acotado.

Como resumen se generará gestión del conocimiento en base a las personas y el conocimiento inserto en documentos, en repositorios, en las rutinas organizacionales, procesos, prácticas y normas de la organización los cuales por medio del proceso de apoyo tecnológico el modelo de minería de datos generará un repositorio filtrado, desde el cual una aplicación, que tiene como core el modelo de clasificación, interactuará con el usuario final, poniendo a su disposición herramientas para generar conocimiento y tomar decisiones.

El comportamiento de la solución tecnológica que dispone del modelo de minería de datos será el siguiente:



**Figura 56.** Comportamiento general de la solución tecnológica.

La solución tecnológica se alimenta de base histórica de proyectos y aplica el modelo de minería de datos. Se debe ingresar la propuesta a la plataforma, en ella se activará el modelo de clasificación, luego la plataforma solicitará información adicional al repositorio de la organización sobre el cliente, proyectos, consejos, historia, etc., en base a distintos filtros configurados dentro de esta y luego se desplegará la información relevante para el analista y el resultado de la clasificación. Toda esta información permitirá al analista validar la solución propuesta permitiendo su revisión.

## **6.3 Diseño de la Aplicación**

### **6.3.1 Casos de Uso**

Definición de actores

Se despliegan los diferentes actores que se han identificado en el diagrama de casos de uso que se muestra más adelante.

**Tabla 8:** Analista de propuestas.

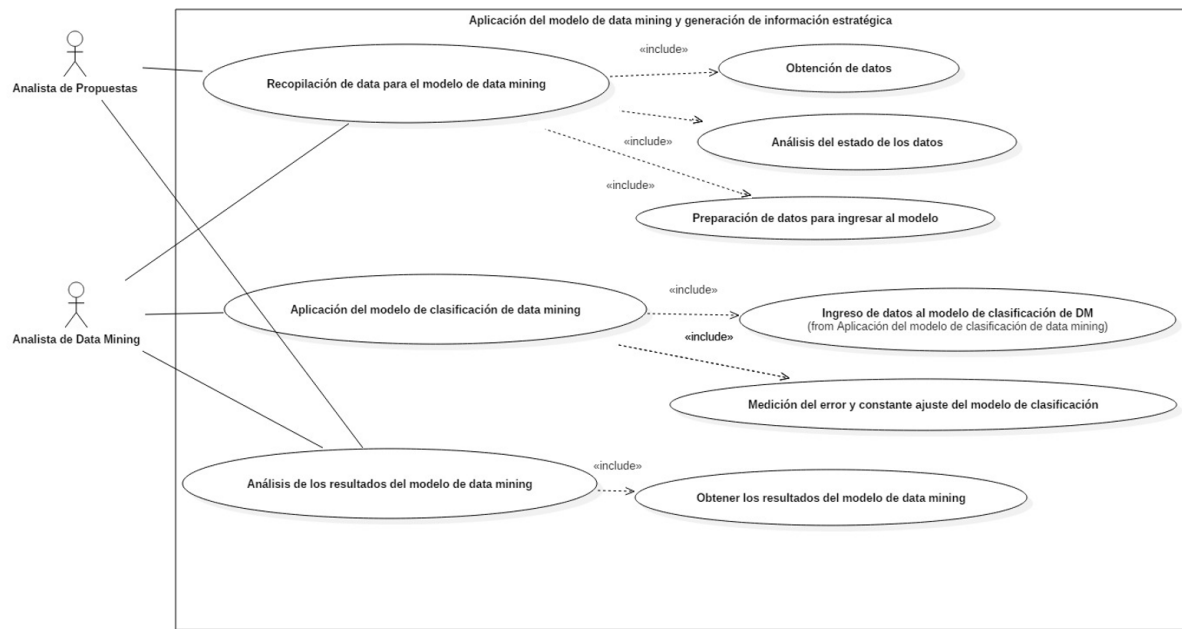
ACT-01	Analista de propuestas
Descripción	Este actor representa a la persona que coordina las propuestas y es quien proveerá la información de la propuesta en la cual se aplicará el modelo de minería de datos
Comentarios	Rol fundamental dentro del proceso porque es el usuario que recibirá los datos del modelo para análisis.

**Tabla 9:** Analista de minería de datos.

ACT-02	Analista de minería de datos
Descripción	Este actor representa a la persona administra y ejecuta el modelo de minería de datos y es el actor técnicamente responsable del buen funcionamiento del modelo.
Comentarios	Este rol puede ser ocupado por un coordinador de propuestas que tenga los conocimientos necesarios para administrar el modelo y su buen funcionamiento.

Caso de uso: Aplicación del modelo de minería de datos y generación de información estratégica





**Figura 57.** Diagrama de casos de uso.

**A continuación, se observan los casos de usos definidos en la siguiente tabla:**

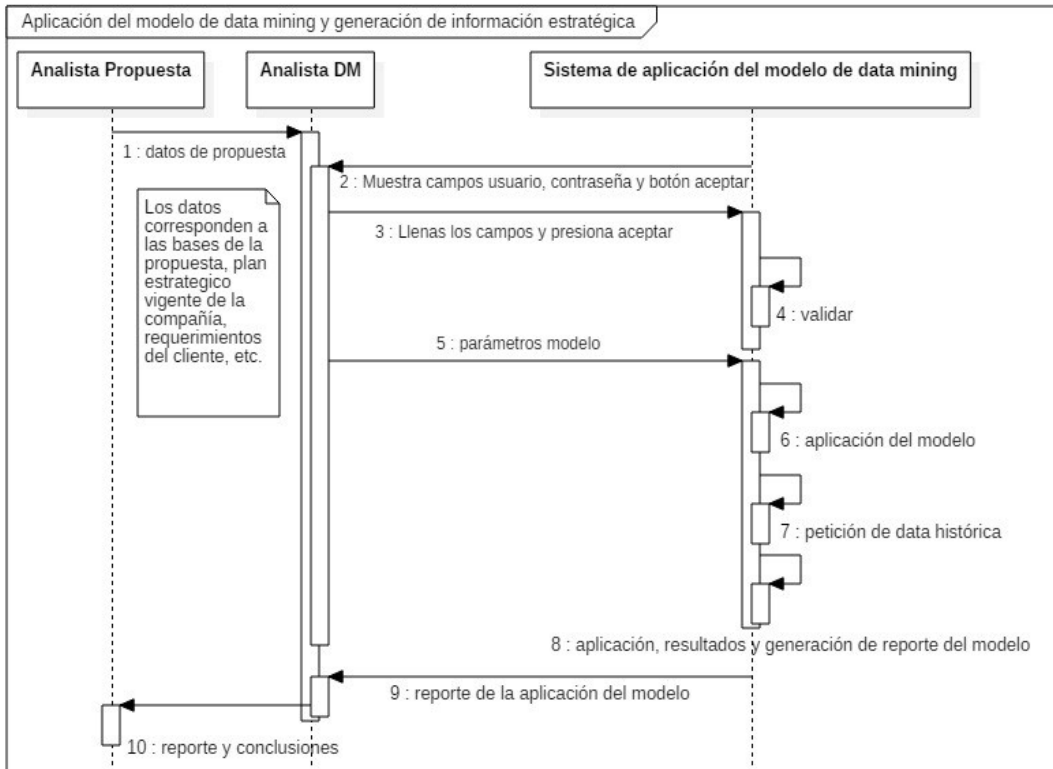
**Tabla 10:** Casos de uso.

Nombre de caso de uso “Aplicación del modelo de minería de datos y generación de información estratégica”	
<b>Breve descripción</b>	Describe al proceso principal de la aplicación del modelo de minería de datos y la generación de información estratégica para la toma de decisiones del área de negocios.
<b>Flujo básico</b>	<p>1.- El analista de propuestas recopila el plan estratégico del departamento (mínimo de HH para postular a una propuesta, prioridad entre los tipos de propuestas, prioridad por tipo de cliente, etc.).</p> <p>2.-El analista de propuestas recopila los requerimientos del cliente.</p> <p>3.- El analista de propuestas ingresa el feedback disponible para utilizarse en el proceso de ETL.</p> <p>4.- El analista de minería de datos recopila y analiza la información que le fue entregada.</p>

	<p>5.- El analista de minería de datos ingresa por la GUI del sistema la información que alimentará al modelo de minería de datos ingresando los datos en el formulario de aplicación del modelo.</p> <p>6.- Se aplica el modelo de minería de datos con los datos históricos que contiene el DWH o SGBD.</p> <p>7.- El modelo de minería de datos devuelve los resultados del modelo en forma de reporte a la GUI.</p> <p>8.- La GUI del sistema despliega el reporte con los resultados de la aplicación del modelo.</p> <p>9.- El analista de DM analiza los resultados de la aplicación del modelo y se envía al analista de propuestas.</p>
<b>Flujos alternativos</b>	<p>1.1- El analista no puede ingresar al sistema.</p> <p>2.1- El analista no cuenta con toda la información que el modelo necesita para un buen funcionamiento.</p> <p>3.1.- El analista no tiene feedback de otras propuestas que ingresar</p> <p>4.1- El modelo rechaza los datos ingresados o estos no ajustarse a la lógica de negocios necesaria.</p> <p>4.2- El modelo no se aplica.</p> <p>5.1- El modelo de minería de datos no devuelve resultados concluyentes.</p>
<b>Requisitos especiales</b>	El modelo debe estar bien desarrollado para su buen funcionamiento.
<b>Condiciones previas</b>	<p>El sistema debe contener datos históricos.</p> <p>Debe existir una licitación abierta para evaluar el desarrollo de una propuesta.</p>
<b>Condiciones posteriores</b>	Los analistas poseen información que les permite tomar decisiones estratégicas para evaluar de mejor forma la propuesta.

### 6.3.2 Diagramas de Secuencia

A continuación, se generarán los diagramas de secuencia del sistema en donde podemos ver a un detalle más global cómo interactúan las entidades con el sistema de aplicación del modelo de minería de datos. Para un mejor análisis se dividieron los diagramas en distintas partes que en total forman el caso de uso “aplicación del modelo de minería de datos y generación de información estratégica”.

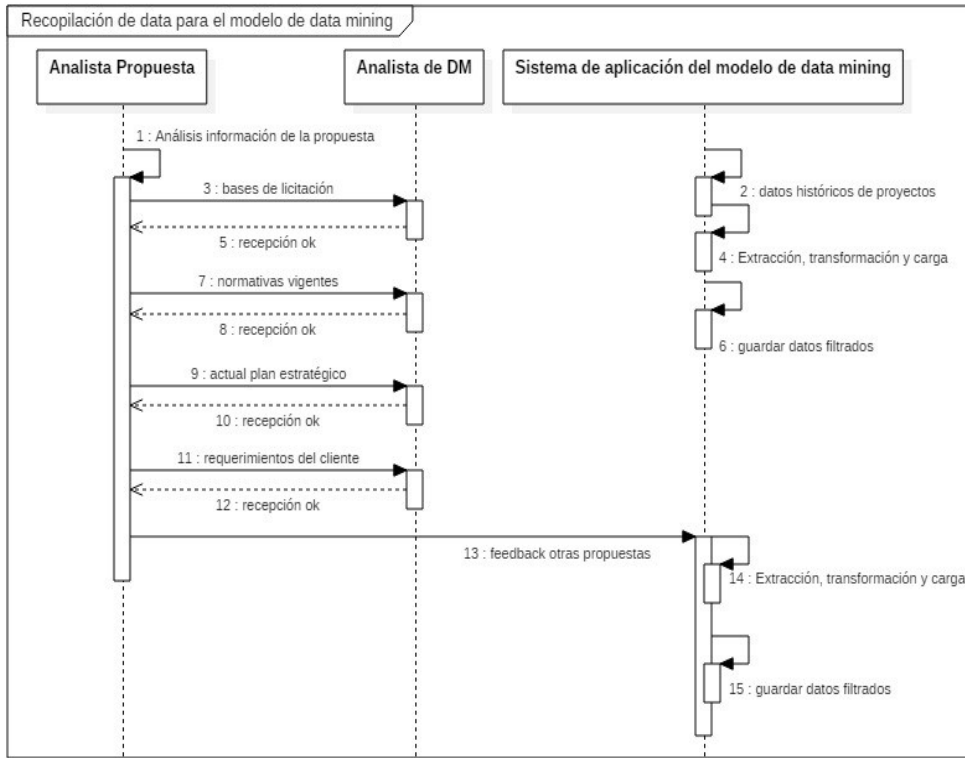


**Figura 58.** Diagrama de secuencia “aplicación del modelo de minería de datos y generación de información estratégica”.

Se observa en el diagrama que el analista de propuestas y el analista de minería de datos interactúan con el sistema de aplicación del modelo de minería de datos, entregando los datos de la propuesta y otros datos al sistema. El sistema utiliza esos datos como entrada y, en base a los datos que el modelo ya tiene de distintos proyectos, aplica el modelo y entrega resultados para su análisis.

Diagrama de secuencia: “Recopilación de data para el modelo de minería de datos”.

El diagrama del sistema “Recopilación de data para el modelo de minería de datos” muestra cómo se recopila la información para luego ser ingresada al sistema de aplicación del modelo de minería de datos. A diferencia de otros diagramas se muestra el proceso de extracción, transformación y carga de datos, para obtener como resultado datos limpios y listos para usarse en otras etapas del proceso [3].

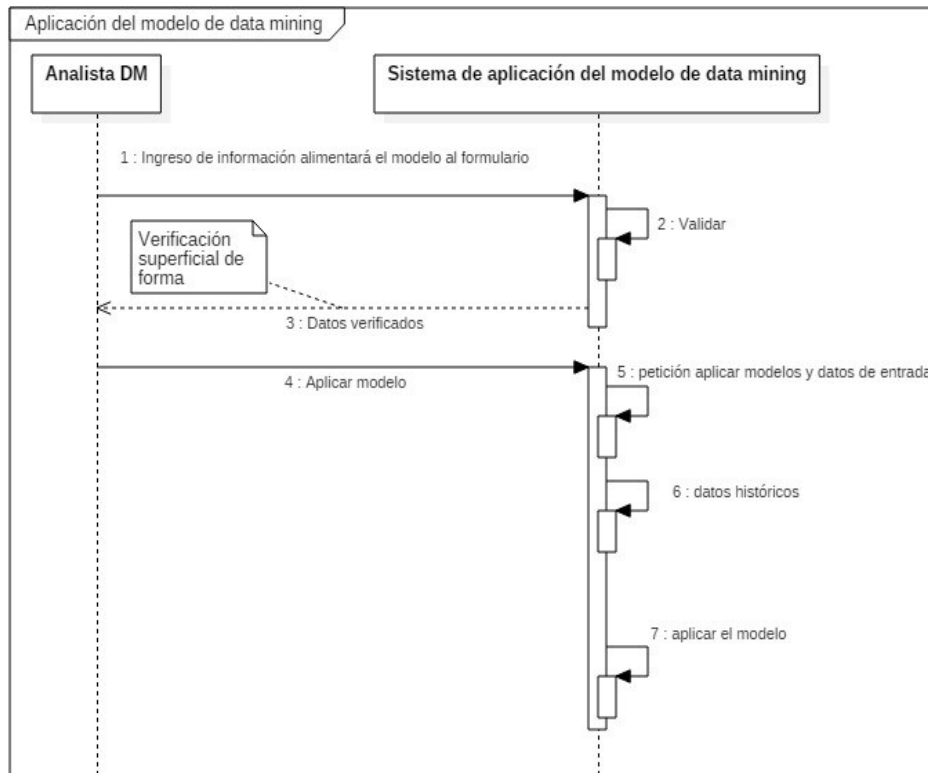


**Figura 59.** Diagrama de secuencia “Recopilación de data para el modelo de minería de datos”.

Diagrama de secuencia: “Aplicación del modelo de minería de datos”.

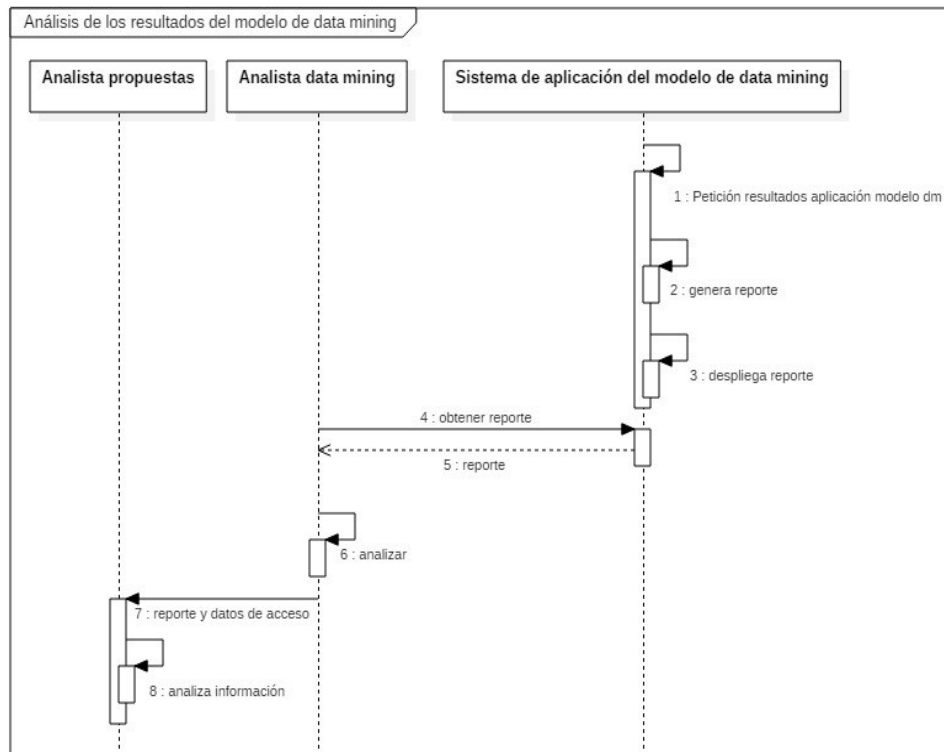
Se observa en el diagrama de sistema la interacción del analista de minería de datos con el sistema de aplicación del modelo de minería de datos, en particular la aplicación del modelo, que comienza con el ingreso de la información que alimentará al modelo, las

respectivas validaciones, la utilización de los datos históricos para finalmente aplicar el modelo.



**Figura 60.** Diagrama de secuencia “Aplicación del modelo de minería de datos”.

Diagrama de secuencia: “Análisis de los resultados del modelo de minería de datos”.



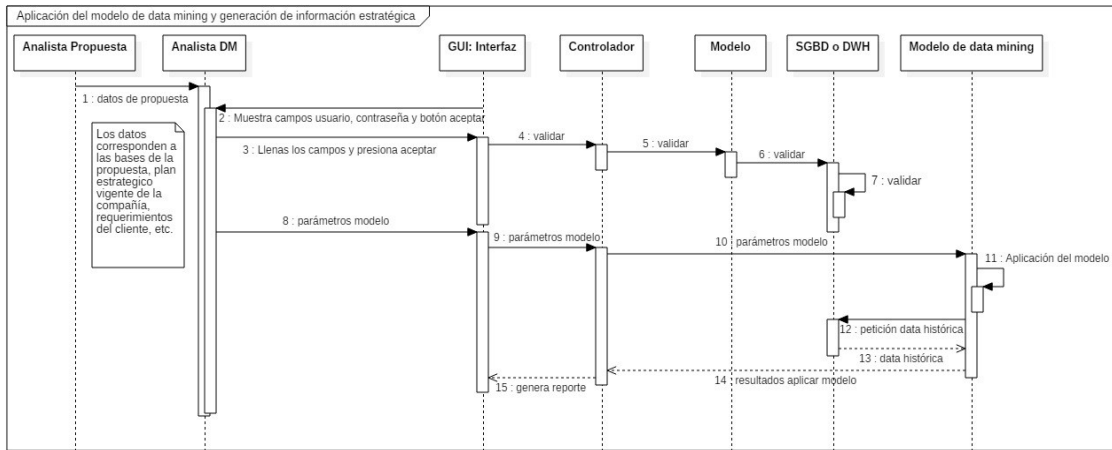
**Figura 61.** Diagrama de secuencia “Análisis de los resultados del modelo de minería de datos”.

Después de la aplicación del modelo podemos observar en el diagrama de análisis de los resultados del modelo de minería de datos que se emite una petición, por parte del analista de minería de datos, de los resultados por parte del modelo, estos resultados son desplegados por la interfaz y analizados por los analistas de minería de datos y de propuestas.

#### Diagramas de secuencia extendida

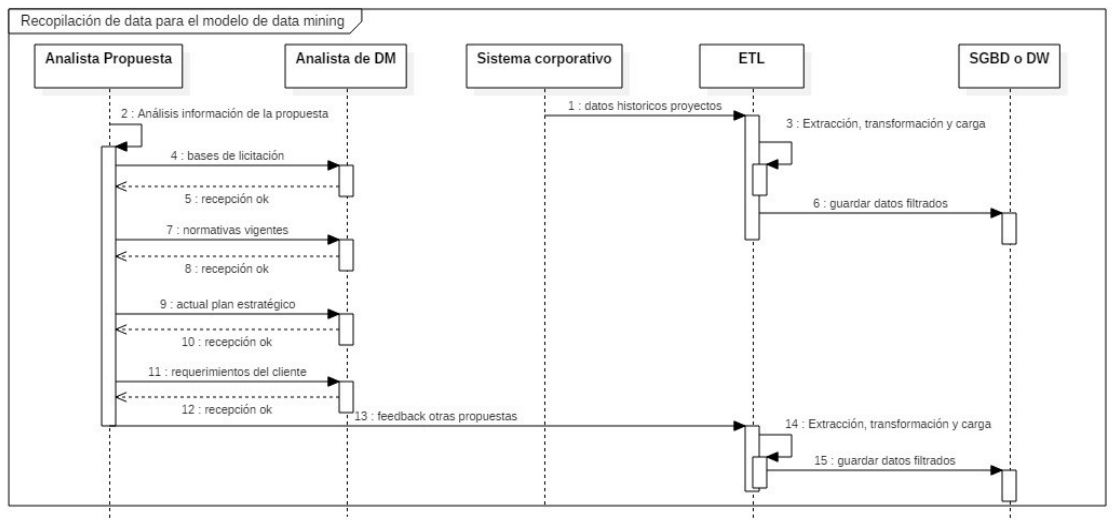
Los diagramas de secuencia extendidos son similares a los diagramas de sistemas, pero tiene un mayor detalle sobre lo que sucede en el proceso de aplicación del modelo de minería de datos y todas las entidades que interactúan con este. A continuación, los distintos diagramas de secuencia extendida.

Diagrama de secuencia extendida: “Aplicación del modelo de minería de datos y generación de información estratégica”.



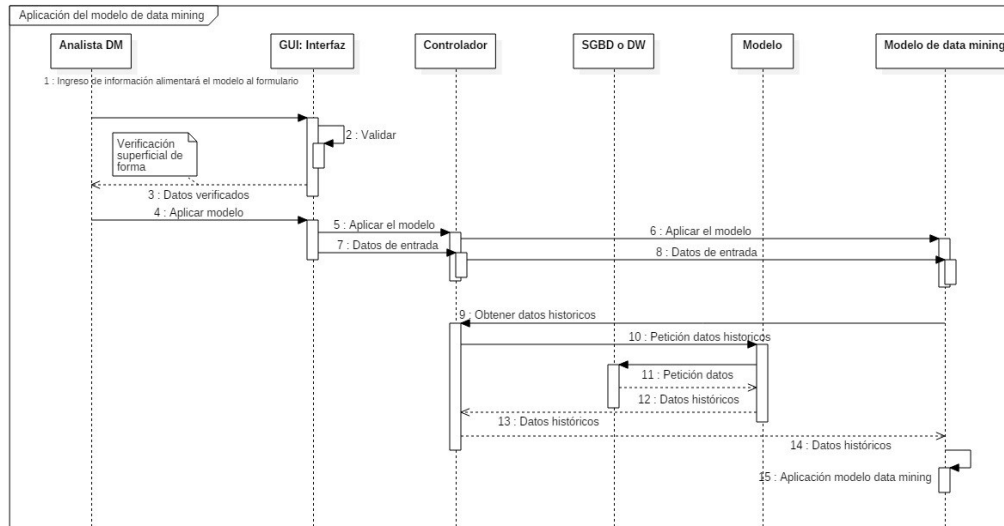
**Figura 62.** Diagrama de secuencia “Aplicación del modelo de minería de datos y generación de información estratégica”.

Diagrama de secuencia extendida: “Recopilación de data para el modelo de minería de datos”.



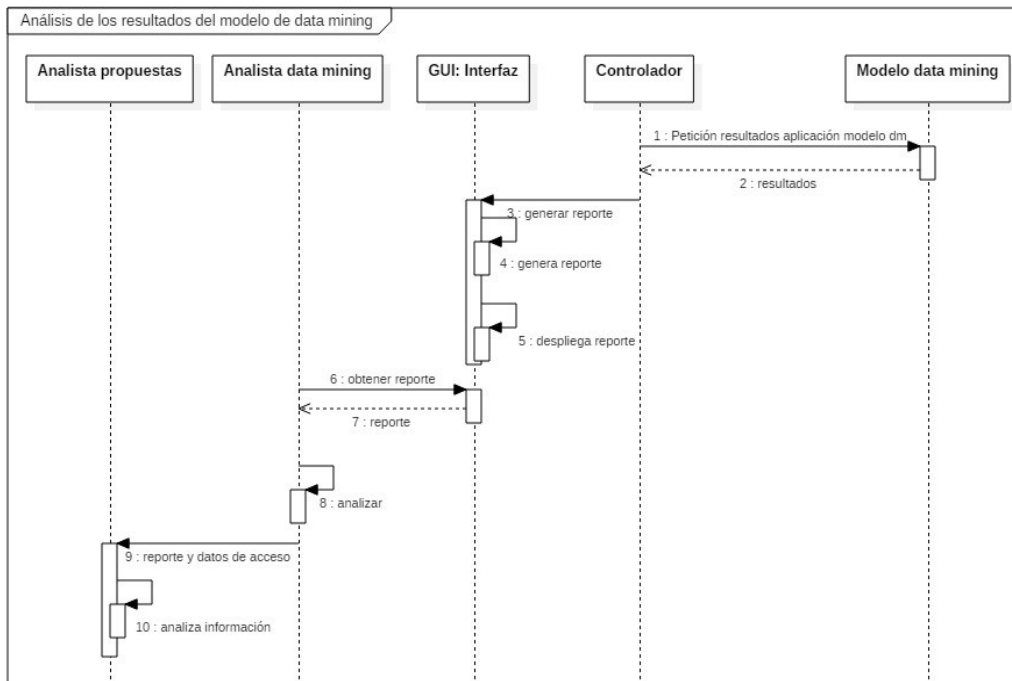
**Figura 63.** Diagrama de secuencia “Recopilación de data para el modelo de minería de datos”.

Diagrama de secuencia extendida: “Aplicación del modelo de minería de datos”.



**Figura 64.** Diagrama de secuencia “Aplicación del modelo de minería de datos”.

Diagrama de secuencia extendida: “Análisis de los resultados del modelo de minería de datos”.

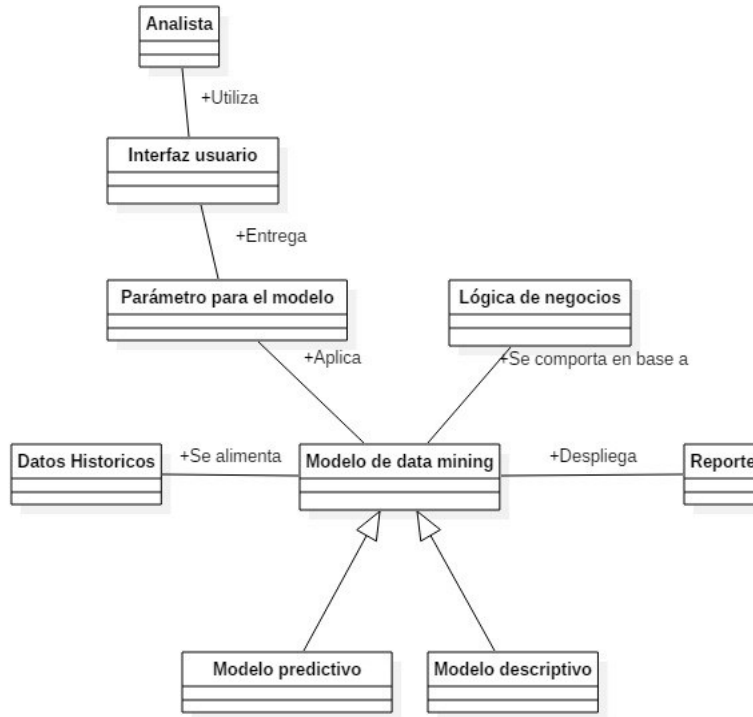


**Figura 65.** Diagrama de secuencia “Análisis de los resultados del modelo de minería de datos”.



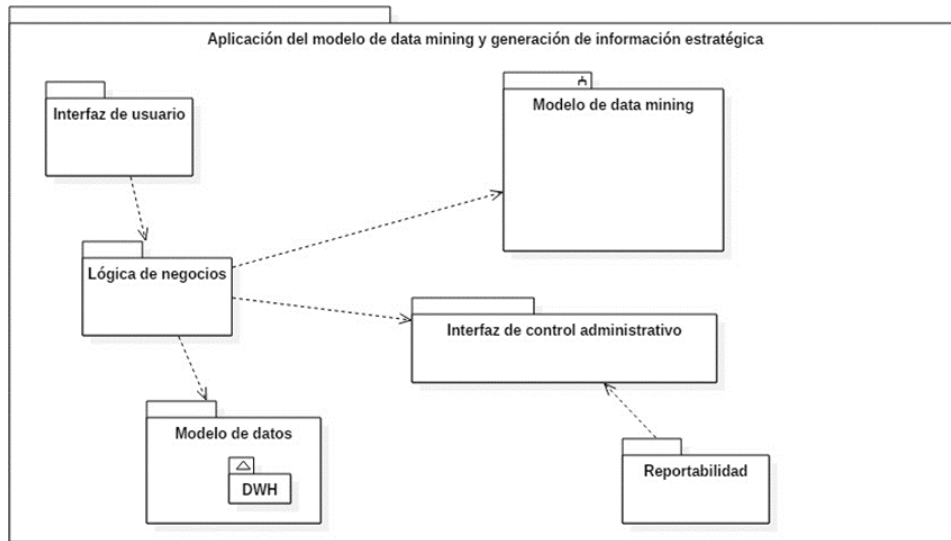
### 6.3.3 Diagramas de Clases

Como una vista inicial al modelo de clases se pueden observar los distintos objetos sin profundizar en el detalle de su implementación ni métodos, ya que corresponde a una mirada más general de cómo debería relacionarse los diferentes actores de la problemática en estudio:



**Figura 66.** Diagrama de clases.

A continuación, el diagrama de paquetes del sistema que tiene directa relación con el diagrama de clases, esto corresponde a una primera mirada que será detallada en las siguientes entregas de este informe.



**Figura 67.** Diagrama de paquetes del sistema.

## 6.4 Prototipo Funcional Desarrollado

En el presente estudio se decidió desarrollar dos modelos de clasificación de proyectos de ingeniería para la minería utilizando inteligencia de negocios y gestión del conocimiento. La razón fundamental es que uno de los puntos clave en el rediseño de procesos propuesto es el apoyo tecnológico mediante un modelo de clasificación. Otro punto a favor de esta decisión es que se cuenta con los datos recopilados de años de proyectos, desde el 2014 al 2016. Adicionalmente y en base a estándares extranjeros, conocimientos del negocio e información del mercado nacional, se generó un estándar en Chile de entregables por fases de ingeniería. Esta mejora para la organización nace gracias al presente estudio y se constituye en un aporte muy importante para la organización por sí mismo.

### 6.4.1 Análisis del estándar de entregables por fase de ingeniería

Es importante un breve análisis del estándar de entregables desarrollado en conjunto con un comité de expertos, ya que es un input fundamental para la generación del modelo de clasificación. El estándar fue generado en base a estándares oficiales de la

organización para otros mercados, como por ejemplo el estándar para el mercado americano, el canadiense y el europeo. Los estándares anteriores poseen características similares a la realidad del mercado local, pero no son aplicables en su totalidad a la realidad chilena. En reuniones con la gerencia general se llegó a la decisión que se debía implementar un estándar a nivel organizacional para Chile y Perú, de esta decisión nace un equipo multidisciplinario encabezado por el Gerente de Ingeniería y coordinado por el presente tesista, que después de varios meses de trabajo y aportes de los principales líderes de las distintas disciplinas y gerencias funcionales, se logró generar el estándar oficial que actualmente se encuentra vigente en la organización.

A continuación, se describirán las etapas de un proyecto de ingeniería<sup>9</sup> contempladas en el estándar:

### 6.4.1.1 Scope o Ingeniería de perfil

La fase de Scope corresponde a una etapa de identificación de las oportunidades para el desarrollo de los proyectos. En la siguiente imagen se puede observar un extracto del estándar generado para la fase Scope:

Phase	Disc. Descriptiva	Código	Descripción Entregable	Tipo Entregable	Opinión Experto	Dis. Leal	Spec. at Et.	Eng	Eng	Eng	Desq	Desq	Draf	Dis. Leal	Spec. at Et.	Eng	Eng	Eng	Desq	Desq	Draf	Sum. HH
Scoping	Electrical	DF00	Design Criteria	DSC	60	0,15	0,2857	0	0,5714	0	0	0	0	0	9	17	0	34	0	0	0	80
Scoping	Electrical	DF00	Calculations Medium complexity	CAL	48	0,1111	0	0,8889	0	0	0	0	0	5	0	0	43	0	0	0	0	48
Scoping	Civil	DD10	Design Criteria	DSC	20	1	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	20
Scoping	Civil	DD10	General Arrangement Drawing	GAD	30	0,6667	0	0	0	0,3333				20	0	0	0	0	0	0	10	30
Scoping	Civil	DD10	Specification - Engineering - Medium comp	SPC	20	1								20	0	0	0	0	0	0	0	20
Scoping	Civil	DD10	Material Take-Off - Medium complexity	MTO	40	1								40	0	0	0	0	0	0	0	40
Scoping	Civil	DD10	Layout Drawing	LYD	30	0,5	0	0	0	0	0,5	0	0	15	0	0	0	0	0	0	15	30
Scoping	Structural	DD20	Design Criteria	DSC	15	1								15	0	0	0	0	0	0	0	15
Scoping	Structural	DD20	Calculations Medium complexity	CAL	35	0,8571	0	0,1429	0	0	0	0	0	30	0	5	0	0	0	0	0	35
Scoping	Structural	DD20	Specification - Engineering - Medium comp	SPC	20	0,7	0	0,3						14	0	6	0	0	0	0	0	20
Scoping	Structural	DD20	Material Take-Off - Medium complexity	MTO	50	0,8	0	0,2	0	0	0	0	0	40	0	10	0	0	0	0	0	50
Scoping	Architecture	DD30	Report	RPT	30	0,8333	0	0,1667	0	0	0	0	0	25	0	5	0	0	0	0	0	30
Scoping	Architecture	DD30	Design Criteria	DSC	10	0,1	0	0,2	0	0	0,7	0	0	1	0	2	0	0	0	7	0	10
Scoping	Architecture	DD30	Specification - Engineering - Medium comp	SPC	15	0,6667	0	0,3333						10	0	5	0	0	0	0	0	15
Scoping	Architecture	DD30	Layout Drawing	LYD	40	0	0,75	0	0	0	0	0,25	0	0	30	0	0	0	0	0	10	40
Scoping	Mechanical	DE10	Report	RPT	10	1								10	0	0	0	0	0	0	0	10
Scoping	Mechanical	DE10	Plot Plan - 2D	PLP	60	0,1667	0	0,1667	0	0	0,6667	0	0	10	0	10	0	0	0	0	40	60
Scoping	Mechanical	DE10	Layout Drawing	LYD	70	0,1429	0	0,1429	0	0	0,7143	0	0	10	0	10	0	0	0	0	50	70
Scoping	Mechanical	DE10	Datasheet Main Equipment	DAT	10	0,2	0	0,8						2	0	8	0	0	0	0	0	10
Scoping	Mechanical	DE10	Specification - Main Equipment	SPC	15	0,2	0	0,8						3	0	12	0	0	0	0	0	15
Scoping	Hydraulic & Hidro	DU30/DUJ	Report	RPT	25	0,08	0	0,92	0	0	0	0	0	2	0	23	0	0	0	0	0	25
Scoping	Hydraulic & Hidro	DU30/DUJ	Design Criteria	DSC	15	0,1333	0	0,8667	0	0	0	0	0	2	0	13	0	0	0	0	0	15
Scoping	Hydraulic & Hidro	DU30/DUJ	Calculations Medium complexity	CAL	30	0,1667	0	0,8333	0	0	0	0	0	5	0	25	0	0	0	0	0	30
Scoping	Hydraulic & Hidro	DU30/DUJ	Layout Drawing	LYD	25	0,08	0	0,12	0	0	0,8	0	0	2	0	3	0	0	0	0	20	25

Figura 68. Extracto de entregables para la fase de Scope.

El estándar para la fase de Scope se compone de un pequeño número de disciplinas de ingeniería y para cada una de estas despliega los distintos entregables que las componen y la cantidad de HH totales para cada documento o plano.

<sup>9</sup> CODELCO: Etapas de un Proyecto Fuente: [https://www.codelco.com/etapas-de-un-proyecto/prontus\\_codelco/2011-07-03/195810.html](https://www.codelco.com/etapas-de-un-proyecto/prontus_codelco/2011-07-03/195810.html)

<b>Scoping</b>	<b>723</b>
Architecture	95
Civil	140
Electrical	108
Hydraulic & Hidrology	95
Mechanical	165
Structural	120

**Figura 69.** Resumen de HH para cada entregables para la fase de Scoupe.

### 6.4.1.2 Pre factibilidad o ingeniería conceptual

La fase de Pre factibilidad corresponde a la etapa de generación y selección de alternativas de proyectos. La cantidad de planos, documento y actividades es mucho mayor que la utilizada en la etapa anterior (Scoupe). A continuación, un extracto del estándar generado para esta fase:

Phase	Disc Descripti	Codigo Disc	Descripción Entregable	Tipo Entregable	Opinión Experto	Disar Lea	Speci list El	Eng	Eng	Eng	Desa	Desa	Draf	Dis Lea	Speci list El	Eng	Eng	Eng	Desa	Desa	Draf	Sur H	
Pre Factibilidad	Electrical	DF00	Report	RPT	55	14%	86%							8	47	0	0	0	0	0	0	0	55
Pre Factibilidad	Electrical	DF00	Design Criteria	DSC	40	12%	37%	0%	51%	0%	0%	0%	0%	5	15	0	20	0	0	0	0	0	40
Pre Factibilidad	Electrical	DF00	Datasheet	DAT	15	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0	0	0	15	0	0	0	0	0	15
Pre Factibilidad	Electrical	DF00	Lists - Medium complexity	LST	45	14%	0%	0%	86%					6	0	0	39	0	0	0	0	0	45
Pre Factibilidad	Electrical	DF00	Lists - Low complexity	LST	35	14%	0%	0%	86%					5	0	0	30	0	0	0	0	0	35
Pre Factibilidad	Electrical	DF00	Calculations Medium complexity	CAL	40	10%	20%	0%	70%	0%	0%	0%	0%	4	8	0	28	0	0	0	0	0	40
Pre Factibilidad	Electrical	DF00	Equip & Material Specification	SPE	35	6%	12%	82%						2	4	29	0	0	0	0	0	0	35
Pre Factibilidad	Electrical	DF00	Requisition	REQ	13	40%			60%					5	0	0	8	0	0	0	0	0	13
Pre Factibilidad	Electrical	DF00	Block Diagram - Medium complexity	BLD	40	8%		32%						3	0	13	0	0	0	24	0	0	40
Pre Factibilidad	Electrical	DF00	Single Line Diagram (complejidad media)	SLD	55	3%	9%	35%						2	5	19	0	0	0	29	0	0	55
Pre Factibilidad	Electrical	DF00	Material Take-Off - Medium complexity	MTO	45	12%	0%	0%	22%	0%	66%	0%	0%	5	0	0	10	0	0	30	0	0	45
Pre Factibilidad	Electrical	DF00	Layout Drawing	LVD	32	10%	0%	0%	30%	0%	60%	0%	0%	3	0	0	10	0	0	19	0	0	32
Pre Factibilidad	Electrical	DF00	Estimación	EST	35	50%		50%						18	0	18	0	0	0	0	0	0	35
Pre Factibilidad	I&C	DG00	Design Criteria	DSC	40	12%	37%	51%	0%	0%	0%	0%	0%	5	15	20	0	0	0	0	0	0	40
Pre Factibilidad	I&C	DG00	Lists - Low complexity	LST	20	10%			25%		65%			2	0	0	5	0	0	13	0	0	20
Pre Factibilidad	I&C	DG00	Block Diagram - Medium complexity	BLD	40	8%		32%			60%	0%	0%	3	0	13	0	0	0	24	0	0	40
Pre Factibilidad	I&C	DG00	Material Take-Off - Medium complexity	MTO	40	12%			12%		26%	50%		5	0	0	5	0	0	10	20	0	40
Pre Factibilidad	Telecoms	DG30	Report	RPT	70	33%	33%	34%						23	23	24	0	0	0	0	0	0	70
Pre Factibilidad	Telecoms	DG30	Diagram	DIA	30			25%						0	0	8	0	0	0	23	0	0	30
Pre Factibilidad	Telecoms	DG30	Equip & Material Specification	SPE	30	33%		67%						10	0	20	0	0	0	0	0	0	30
Pre Factibilidad	Telecoms	DG30	Block Diagram - Medium complexity	BLD	40	8%		32%			60%			3	0	13	0	0	0	24	0	0	40
Pre Factibilidad	Telecoms	DG30	Material Take-Off - Medium complexity	MTO	40	12%			12%		26%	50%		5	0	0	5	0	0	10	20	0	40
Pre Factibilidad	Telecoms	DG30	Wiring Diagram	WRD	35	14%		28%						5	0	10	0	0	20	0	0	0	35
Pre Factibilidad	Telecoms	DG30	Estimación	EST	35	50%		50%						18	0	18	0	0	0	0	0	0	35
Pre Factibilidad	Instrumentation	DG10	Report	RPT	70	33%	33%	34%						23	23	24	0	0	0	0	0	0	70
Pre Factibilidad	Instrumentation	DG10	Datasheet	DAT	20	25%		75%						5	0	15	0	0	0	0	0	0	20
Pre Factibilidad	Instrumentation	DG10	Philosophy	PHL	50	10%		20%	70%					5	0	10	35	0	0	0	0	0	50
Pre Factibilidad	Instrumentation	DG10	Diagram	DIA	30			25%			75%			0	0	8	0	0	0	23	0	0	30
Pre Factibilidad	Instrumentation	DG10	Lists - Medium complexity	LST	45	10%			20%		35%	35%		5	0	0	9	0	0	16	16	0	45
Pre Factibilidad	Instrumentation	DG10	Equip & Material Specification	SPE	45	22%	22%	56%						10	10	25	0	0	0	0	0	0	45
Pre Factibilidad	Instrumentation	DG10	Requisition	REQ	12	40%			60%					5	0	0	7	0	0	0	0	0	12
Pre Factibilidad	Instrumentation	DG10	Block Diagram - Medium complexity	BLD	40	8%		32%			60%			3	0	13	0	0	0	24	0	0	40
Pre Factibilidad	Instrumentation	DG10	Material Take-Off - Medium complexity	MTO	40	12%			12%		26%	50%		5	0	0	5	0	0	10	20	0	40
Pre Factibilidad	Instrumentation	DG10	Estimación	EST	35	15%		30%			55%			5	0	11	0	0	0	19	0	0	35
Pre Factibilidad	Instrumentation	DG10	Report	RPT	70	33%	33%	34%						23	23	24	0	0	0	0	0	0	70
Pre Factibilidad	Controls	DG20	Lists - Low complexity	LST	20	10%			25%		65%			2	0	0	5	0	0	13	0	0	20
Pre Factibilidad	Controls	DG20	Block Diagram - Medium complexity	BLD	40	8%		32%			60%			3	0	13	0	0	0	24	0	0	40
Pre Factibilidad	Controls	DG20	Material Take-Off - Medium complexity	MTO	40	12%			12%		26%	50%		5	0	0	5	0	0	10	20	0	40
Pre Factibilidad	Controls	DG20	Estimación	EST	35	50%		50%						18	0	18	0	0	0	0	0	0	35

**Figura 70.** Extracto de entregables para la fase de Pre Factibilidad

Como observa en la siguiente tabla resumen, se describen las disciplinas que participan, los entregables asociados y la cantidad de HH totales para cada una de estos.

Pre Factibilidad	3.442
Architecture	141
Civil	264
Controls	205
Electrical	485
Hydraulic & Hidrology	105
I&C	140
Instrumentation	422
Maintainability (MultiDiscipline)	147
Mechanical	685
Piping	397
Structural	171
Telecoms	280

Figura 71. Resumen de HH para cada entregables para la fase de Pre Factibilidad

### 6.4.1.3 Factibilidad

Es la etapa de desarrollo de la alternativa seleccionada. El siguiente corresponde a un extracto del estándar generado para la fase Factibilidad:

Phase	Disc Description	Uoorgo	Disc	Descripción Entregable	tipo Entregable	Uppion Experto	Uisc. Lead	Special at Eng.	Eng A	Eng B	Eng C	Desg A	Desg B	Drafter	Uisc. Lead	Special at Eng.	Eng A	Eng B	Eng C	Desg A	Desg B	Drafter	suma HH
Factibilidad	Electrical	DF00	Report	RPT		55	0,2	0,8							11	44	0	0	0	0	0	0	55
Factibilidad	Electrical	DF00	Design Criteria	DSC		40	0,12	0,37	0	0,51	0	0	0	0	5	15	0	20	0	0	0	0	40
Factibilidad	Electrical	DF00	General Arrangement Drawing	GAD		35	0,15			0,3					5	0	0	11	0	19	0	0	35
Factibilidad	Electrical	DF00	Datasheet	DAT		10	0	0	0	1					0	0	0	10	0	0	0	0	10
Factibilidad	Electrical	DF00	Technical Bid Evaluation	TBE		22	0,1	0,24		0,66					2	5	0	15	0	0	0	0	22
Factibilidad	Electrical	DF00	Lists - Medium complexity	LST		45	0,2	0	0	0,8					9	0	0	36	0	0	0	0	45
Factibilidad	Electrical	DF00	Calculations Medium complexity	CAL		48	0,1111	0	0	0,8889					5	0	0	43	0	0	0	0	48
Factibilidad	Electrical	DF00	Specification - Engineering - Medium comp	SPC		35	0,06	0,12	0,82						2	4	29	0	0	0	0	0	35
Factibilidad	Electrical	DF00	Equip & Material Specification	SPE		35	0,06	0,12	0,82						2	4	29	0	0	0	0	0	35
Factibilidad	Electrical	DF00	Single Line Diagram (complejidad media)	SLD		43	0,07	0,12	0,24		0,57				3	5	10	0	0	25	0	0	43
Factibilidad	Electrical	DF00	Material Take-Off - Medium complexity	MTO		70	0,07	0	0	0,14	0	0,79	0	0	5	0	0	10	0	55	0	0	70
Factibilidad	Electrical	DF00	Layout Drawing	LYD		28	0,0667	0	0	0,23	0	0,7	0	0	2	0	0	6	0	20	0	0	28
Factibilidad	Electrical	DF00	Calculations High complexity	CAL		65	0,0833	0,25	0	0,6667					5	16	0	43	0	0	0	0	65
Factibilidad	Electrical	DF00	Single Line Diagram (complejidad alta)	SLD		55	0,09	0,09	0,37			0,45			5	5	20	0	0	25	0	0	55
Factibilidad	Electrical	DF00	Specification - Engineering - High complex	SPC		45	0,22	0,22	0,56						10	10	25	0	0	0	0	0	45
Factibilidad	I&C	DG00	Report	RPT		40	0,25	0,5	0,25						10	20	10	0	0	0	0	0	40
Factibilidad	I&C	DG00	Design Criteria	DSC		40	0,12	0,37	0,51	0	0	0	0	0	5	15	20	0	0	0	0	0	40
Factibilidad	I&C	DG00	General Arrangement Drawing	GAD		30	0,1			0,3		0,6			3	0	0	9	0	18	0	0	30
Factibilidad	I&C	DG00	Datasheet	DAT		11	0,4		0,6						4	0	7	0	0	0	0	0	11
Factibilidad	I&C	DG00	Philosophy	PHL		50	0,1		0,2	0,7					5	0	10	35	0	0	0	0	50
Factibilidad	I&C	DG00	Piping & Instrumentation Diagram (Nota 1)	PI&ID		15	0,07	0	0,25	0	0	0,68	0	0	1	0	4	0	0	10	0	0	15
Factibilidad	I&C	DG00	Technical Bid Evaluation	TBE		30	0,16		0,33	0,51					5	0	10	15	0	0	0	0	30
Factibilidad	I&C	DG00	Lists - Medium complexity	LST		45	0,1			0,2		0,35	0,35		5	0	0	9	0	16	16	0	45
Factibilidad	I&C	DG00	Lists - High Complexity	LST		70	0,04			0,07		0,29	0,6		3	0	0	5	0	20	42	0	70
Factibilidad	I&C	DG00	Calculations Medium complexity	CAL		30	0,17	0,5		0,33					5	15	0	10	0	0	0	0	30
Factibilidad	I&C	DG00	Equip & Material Specification	SPE		30	0,15		0,22		0,63				5	0	7	0	19	0	0	0	30
Factibilidad	I&C	DG00	Requisition	REQ		12	0,4			0,6					5	0	0	7	0	0	0	0	12
Factibilidad	I&C	DG00	Block Diagram - Medium complexity	BLD		40	0,08		0,32			0,6			3	0	13	0	0	24	0	0	40
Factibilidad	I&C	DG00	Material Take-Off - Medium complexity	MTO		65	0,08			0,15		0,77			5	0	0	10	0	50	0	0	65
Factibilidad	I&C	DG00	Layout Drawing	LYD		30	0,03		0,03	0,11	0	0	0,84	0	1	0	11	31	0	0	25	0	30
Factibilidad	I&C	DG00	Technical Bid Evaluation - High complexity	TBE		50	0,2	0,3							10	15	0	0	25	0	0	0	50
Factibilidad	Civil	DD10	Design Criteria	DSC		20	0,25	0	0,75	0	0	0	0	0	5	0	15	0	0	0	0	0	20
Factibilidad	Civil	DD10	General Arrangement Drawing	GAD		40	0,125	0	0,25	0	0	0,625	0	0	5	0	10	0	0	25	0	0	40
Factibilidad	Civil	DD10	Specification - Engineering - Medium comp	SPC		20	0,1	0	0,9						2	0	18	0	0	0	0	0	20
Factibilidad	Civil	DD10	Material Take-Off - Medium complexity	MTO		45	0,0444	0	0,9556	0	0	0	0	0	2	0	43	0	0	0	0	0	45
Factibilidad	Civil	DD10	Layout Drawing	LYD		50	0,04	0	0,26	0	0	0,7	0	0	2	0	13	0	0	35	0	0	50

Figura 72. Extracto de entregables para la fase de Factibilidad

En esta etapa podemos encontrar distintas disciplinas y el total de HH correspondientes a cada plano, documento o actividad único incluido en el estándar desarrollado.



<b>Ingeniería Básica</b>	<b>5.226</b>
Architecture	375
Civil	769
Electrical	1.102
Hydraulic & Hidrology	160
I&C	820
Mecánica Manejo de Materiales	251
Mechanical	818
Piping	372
Structural	416
Structural Concrete	72
Structural Steel	72

**Figura 75.** Resumen de HH para cada entregables para la fase de Ingeniería Básica

### 6.4.1.5 Ingeniería de detalle

Es la etapa que completa el diseño detallado del activo que se va a construir. A continuación, se observa un extracto del estándar generado para la fase Ingeniería de detalle:

Phase	Disc Descript	Codigo Disc	Descripción Entregable	Tipo Entregable	Opinion Experto	Dis Lea	Spec at Et	Eng	Eng	Eng	Desq	Desq	Draf	Dis Lea	Spec at Et	Eng	Eng	Eng	Desq	Desq	Draf	Sur H
Ingeniería Detalle	HVAC	DE40	Construction Work Package Support	CWP	100	0,1	0	0,2	0	0	0,7	0	0	10	0	20	0	0	70	0	0	100
Ingeniería Detalle	HVAC	DE40	Report	RPT	85	0,1	0	0,2	0	0	0,7	0	0	9	0	17	0	0	60	0	0	85
Ingeniería Detalle	HVAC	DE40	Design Criteria	DSC	33	0,1	0	0,2	0	0	0,7	0	0	3	0	7	0	0	23	0	0	33
Ingeniería Detalle	HVAC	DE40	General Arrangement Drawing	GAD	40	0,1	0	0,2	0	0	0,7	0	0	4	0	8	0	0	28	0	0	40
Ingeniería Detalle	HVAC	DE40	Standard Notes & Details	STD	26	0,1	0	0,1	0	0	0,8	0	0	3	0	3	0	0	21	0	0	26
Ingeniería Detalle	HVAC	DE40	Datasheet	DAT	16	0,1	0	0,1	0	0	0,8	0	0	2	0	2	0	0	13	0	0	16
Ingeniería Detalle	HVAC	DE40	Schematic / Flow Diagrams	SCH	40	0,1	0	0,1	0	0	0,8	0	0	4	0	4	0	0	32	0	0	40
Ingeniería Detalle	HVAC	DE40	Technical Bid Evaluation	TBE	20	0,1	0	0,1	0	0	0,8	0	0	2	0	2	0	0	16	0	0	20
Ingeniería Detalle	HVAC	DE40	Isometric	ISO	5	0,1	0	0,1	0	0	0,8	0	0	1	0	1	0	0	4	0	0	5
Ingeniería Detalle	HVAC	DE40	Lists - Medium complexity	LST	54	0,1	0	0,1	0	0	0,8	0	0	5	0	5	0	0	43	0	0	54
Ingeniería Detalle	HVAC	DE40	Lists - High Complexity	LST	160	0,1	0	0,1	0	0	0,8	0	0	16	0	16	0	0	128	0	0	160
Ingeniería Detalle	HVAC	DE40	Calculations Medium complexity	CAL	31	0,75	0	0,25	0	0	0	0	0	23	0	8	0	0	0	0	0	31
Ingeniería Detalle	HVAC	DE40	Detail Drawings	DTL	44	0,1	0	0,1	0	0	0,8	0	0	4	0	4	0	0	35	0	0	44
Ingeniería Detalle	HVAC	DE40	Modeling	MOD	41	0,1	0	0,1	0	0	0,8	0	0	4	0	4	0	0	33	0	0	41
Ingeniería Detalle	HVAC	DE40	Specification - Engineering - Medium comp	SPC	30	0,1	0	0,1	0	0	0,8	0	0	3	0	3	0	0	24	0	0	30
Ingeniería Detalle	HVAC	DE40	Equip & Material Specification	SPE	30	0,1	0	0,1	0	0	0,8	0	0	3	0	3	0	0	24	0	0	30
Ingeniería Detalle	HVAC	DE40	Study	STY	40	0,1	0	0,1	0	0	0,8	0	0	4	0	4	0	0	32	0	0	40
Ingeniería Detalle	HVAC	DE40	Requisition	REQ	25	0,1	0	0,1	0	0	0,8	0	0	3	0	3	0	0	20	0	0	25
Ingeniería Detalle	HVAC	DE40	Engineering Database	EDB	20	0,1	0	0,1	0	0	0,8	0	0	2	0	2	0	0	16	0	0	20
Ingeniería Detalle	HVAC	DE40	Equipment Drawing	EGD	30	0,1	0	0,1	0	0	0,8	0	0	3	0	3	0	0	24	0	0	30
Ingeniería Detalle	HVAC	DE40	Layout Drawing	LYD	45	0,1	0	0,1	0	0	0,8	0	0	5	0	5	0	0	36	0	0	45
Ingeniería Detalle	HVAC	DE40	Factory Acceptance Test	FAT	60	0,1	0	0,1	0	0	0,8	0	0	6	0	6	0	0	48	0	0	60
Ingeniería Detalle	Maintainability (M)	DW00	Report	RPT	35	0,2857	0	0,7143	0	0	0	0	0	10	0	25	0	0	0	0	0	35
Ingeniería Detalle	Maintainability (M)	DW00	Design Criteria	DSC	35	0,1429	0	0,8571	0	0	0	0	0	5	0	30	0	0	0	0	0	35
Ingeniería Detalle	Maintainability (M)	DW00	Lists - Low complexity	LST	20	0,4	0	0,6	0	0	0	0	0	8	0	12	0	0	0	0	0	20
Ingeniería Detalle	Maintainability (M)	DW00	Specification - Engineering - Medium comp	SPC	15	0,3333	0	0,6667	0	0	0	0	0	5	0	10	0	0	0	0	0	15
Ingeniería Detalle	Hydraulic & Hidro	DU30/OU	Report	RPT	50	0,1	0	0,9	0	0	0	0	0	5	0	45	0	0	0	0	0	50
Ingeniería Detalle	Hydraulic & Hidro	DU30/OU	Design Criteria	DSC	20	0,25	0	0,75	0	0	0	0	0	5	0	15	0	0	0	0	0	20
Ingeniería Detalle	Hydraulic & Hidro	DU30/OU	Calculations Medium complexity	CAL	40	0,125	0	0,875	0	0	0	0	0	5	0	35	0	0	0	0	0	40
Ingeniería Detalle	Hydraulic & Hidro	DU30/OU	Layout Drawing	LYD	50	0,1	0	0,1	0	0	0,8	0	0	5	0	5	0	0	40	0	0	50
Ingeniería Detalle	Mechanical & Pip	DE00	Report	RPT	31	0,1	0	0,1	0	0	0,8	0	0	3	0	3	0	0	25	0	0	31
Ingeniería Detalle	Mechanical & Pip	DE00	Design Criteria	DSC	30	0,1	0	0,1	0	0	0,8	0	0	3	0	3	0	0	24	0	0	30
Ingeniería Detalle	Mechanical & Pip	DE00	Construction / Installation Specification	SPC	40	0,1	0	0,1	0	0	0,8	0	0	4	0	4	0	0	32	0	0	40
Ingeniería Detalle	Mechanical & Pip	DE00	General Arrangement Drawing	GAD	29	0,1	0	0,1	0	0	0,8	0	0	3	0	3	0	0	23	0	0	29
Ingeniería Detalle	Mechanical & Pip	DE00	Standard Notes & Details	STD	48	0,1	0	0,1	0	0	0,8	0	0	5	0	5	0	0	38	0	0	48
Ingeniería Detalle	Mechanical & Pip	DE00	Datasheet	DAT	40	0,1	0	0,1	0	0	0,8	0	0	4	0	4	0	0	32	0	0	40
Ingeniería Detalle	Mechanical & Pip	DE00	Details	DTL	29	0,1	0	0,1	0	0	0,8	0	0	3	0	3	0	0	23	0	0	29
Ingeniería Detalle	Mechanical & Pip	DE00	Piping & Instrumentation Diagram	PID	29	0,1	0	0,1	0	0	0,8	0	0	3	0	3	0	0	23	0	0	29
Ingeniería Detalle	Mechanical & Pip	DE00	Technical Bid Evaluation	TBE	39	0,1	0	0,1	0	0	0,8	0	0	4	0	4	0	0	31	0	0	39
Ingeniería Detalle	Mechanical & Pip	DE00	Isometric	ISO	29	0,1	0	0,1	0	0	0,8	0	0	3	0	3	0	0	23	0	0	29
Ingeniería Detalle	Mechanical & Pip	DE00	Tie-In Drawings	TID	29	0,1	0	0,1	0	0	0,8	0	0	3	0	3	0	0	23	0	0	29
Ingeniería Detalle	Mechanical & Pip	DE00	Lists - Medium complexity	LST	30	0,1	0	0,1	0	0	0,8	0	0	3	0	3	0	0	24	0	0	30
Ingeniería Detalle	Mechanical & Pip	DE00	Calculations Medium complexity	CAL	40	0,75	0	0,25	0	0	0	0	0	30	0	10	0	0	0	0	0	40
Ingeniería Detalle	Mechanical & Pip	DE00	Plot Plan - 2D	PLP	29	0,1	0	0,1	0	0	0,8	0	0	3	0	3	0	0	23	0	0	29
Ingeniería Detalle	Mechanical & Pip	DE00	Requisition	RFQ	39	0,1	0	0,1	0	0	0,8	0	0	4	0	4	0	0	31	0	0	39
Ingeniería Detalle	Mechanical & Pip	DE00	Material Take-Off - Medium complexity	MTO	30	0,1	0	0,1	0	0	0,8	0	0	3	0	3	0	0	24	0	0	30
Ingeniería Detalle	Mechanical & Pip	DE00	Layout Drawing	LYD	29	0,1	0	0,1	0	0	0,8	0	0	3	0	3	0	0	23	0	0	29

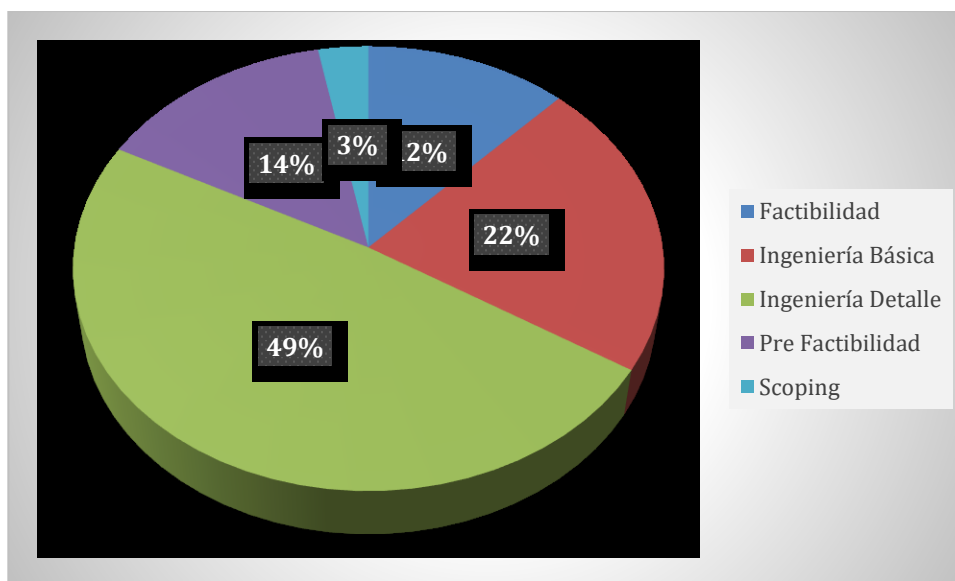
**Figura 76.** Resumen de HH para cada entregables para la fase de Ingeniería de Detalle

En esta etapa es donde existe una mayor cantidad de disciplinas comprometidas, dado que el nivel de cada entregable es prácticamente el definitivo para construcción.

☐ Ingeniería Detalle	11.742
Architecture	659
Civil	1.198
CSA	263
Electrical	1.396
HVAC	981
Hydraulic & Hidrology	160
I&C	1.449
Maintainability (MultiDiscipline)	105
Mecánica Manejo de Materiales	764
Mechanical	1.523
Mechanical & Piping	570
Piping	1.075
Structural	1.097
Structural Concrete	89
Structural Steel	99
Telecoms	315

**Figura 77.** Resumen de HH para cada entregables para la fase de Ingeniería Detalle

Si comparamos el tamaño de cada fase en relación a los entregables a desarrollar y sus HH correspondientes se observa lo siguiente:



**Figura 78.** Fases de Ingeniería y su complejidad en relación a la cantidad de HH necesario para su desarrollo.

La ingeniería detalle es la que contiene una mayor participación del total de HH unitarias por fase, con un 49% del total, lo que corresponde a más del doble de la fase que la



antecede, (factibilidad). La fase más pequeña en cantidad de HH unitaria de sus entregables es sin duda la fase de Scoupe, la cual aporta con el 3% del total de la torta. Analizando el comportamiento del negocio, el rediseño de procesos y la solución tecnológica requerida, se decidió generar modelos de clasificación supervisados tomando como variable objetivo la cantidad de HH.

#### **6.4.2 Categorización de la variable objetivo**

La selección de variables es fundamental para reducir el número de variables a un número menor que tenga mayor relación con la variable objetivo. Mediante la eliminación de variables sin mayor relación con la variable objetivo se consigue eliminar información redundante y se aumentan las opciones de obtener un modelo más adecuado.

La variable objetivo del negocio corresponde a la variable cantidad de HH que se debe invertir al producir un documento o plano para la disciplina y fase particular del proyecto. La cantidad de HH correspondientes para generar un plano o documento dependen de la cantidad de trabajo que se necesite para generarlos y del él o los especialistas que los realicen. No siempre el mismo entregable tendrá la misma cantidad de HH, depende del nivel del especialista, por ejemplo, un ingeniero senior puede demorarse 10 HH en una memoria de cálculo y un ingeniero intermedio puede demorarse 15 HH en realizarlo. Por definición de la organización se decidió categorizar en dos intervalos en relación a la cantidad de HH que el entregable necesite para su elaboración. Entonces para mejorar la clasificación se utilizó el rango completo de la variable HH, por ejemplo, trabajos que requieren de menos de una cantidad de HH se clasificarán como de baja cantidad y trabajos que requieran una cantidad mayor de HH se categorizarán como de alta cantidad. Para llegar a la decisión de cuál es la cantidad de HH límite en la categorización se utilizó el juicio experto de distintos líderes y jefes de proyectos, dando como resultado la siguiente definición de categorización de horas hombre como objetivo, con dos valores posibles, como se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 11:** Categorías por cantidad de Horas Hombre.

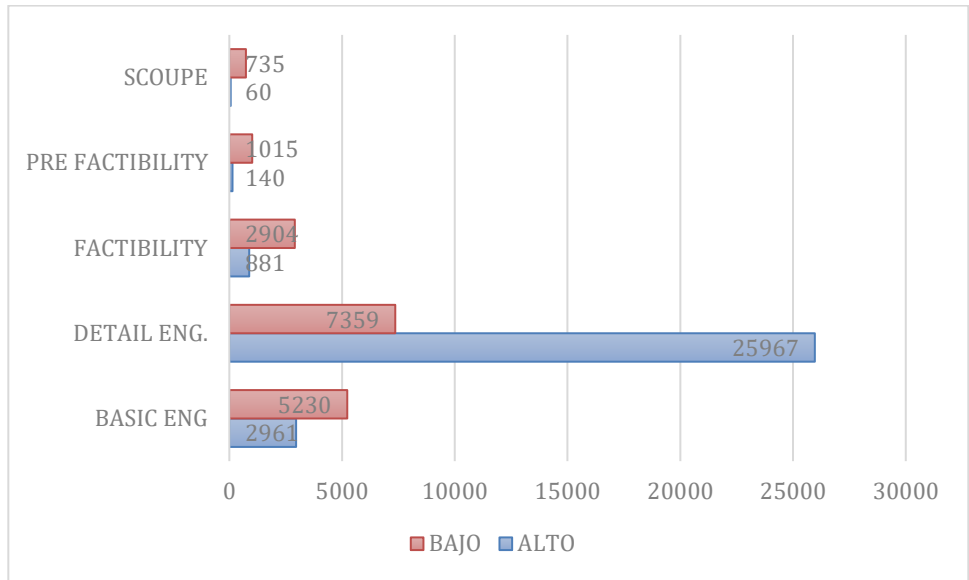
Cantidad de HH	Categoría
0-55	BAJO
> 55	ALTO

Se realizó el siguiente análisis de las variables de entrada para visualizar su impacto en cada una de las fases de proyectos de ingeniería:

**Tabla 12:** Fases de Ingeniería y su categorización.

Fase	ALTO	BAJO	TOTAL HH
BASIC ENG	2.961	5.230	8.191
DETAIL ENG.	25.967	7.359	33.326
FACTIBILITY	881	2.904	3.785
PRE FACTIBILITY	140	1.015	1.155
SCOUPE	60	735	795

Se observa en la tabla anterior que el gasto de HH que componen los entregables es mayor en la categoría BAJO para proyectos de ingeniería de una etapa más temprana, como en la fase de scoupe, pre factibilidad, factibilidad e Ingeniería básica. En el caso de los proyectos ingeniería de detalle la relación es inversa, dado que existe una mayor cantidad de entregables de alta complejidad, dado que son planos y documentos de un detalle mucho más específico. La relación señalada la podemos observar más a detalle en el siguiente gráfico:



**Figura 79.** Fases de Ingeniería y su complejidad en relación a la cantidad de HH.

La importancia del set de datos radica que, al momento de elaborar la propuesta de proyectos, el Q (cantidad de HH totales) influye directamente en el precio final de la propuesta, que es lo que permite diferenciarse frente a la competencia. Al llegar a un Q óptimo, la probabilidad de ganar una propuesta de negocios aumenta.

Veamos cómo se refleja esta categorización para un proyecto de ingeniería de detalle:

Phase	Disc Description	ALTO	BAJO	Total HH
DETAIL ENG.	Architectural	932	328	1.260
	Bldg Services	190	418	608
	Civil	2.875	475	3.350
	Conc		93	93
	Control		143	143
	Electrical	4.139	609	4.748
	Environmental & Regulatory	502	10	512
	Geotechnical & Survey	87		87
	HVAC	465	930	1.395
	Hydraulic & Hidrology		160	160
	I&C	2.508	797	3.305
	Maintainability (MultiDiscipline)	236	108	344
	Matl HdIng	1.191	311	1.502
	Mechanical	3.182	628	3.810
	Mining	1.989	505	2.494
	Piping	2.729	555	3.284
	Process	3.107	377	3.484
	Steel		103	103
	Structural	1.571	533	2.104
	Tech & Environmental Safety	107	27	134
Telecoms	157	241	398	
<b>Total DETAIL ENG.</b>		<b>25.967</b>	<b>7.350</b>	<b>33.317</b>

**Figura 80.** Ingeniería de detalle- disciplinas y categorías en relación a la cantidad de HH.

Para este ejemplo, en la imagen anterior, se observa que para la fase de ingeniería de detalle los entregables categorizados como ALTO corresponde a un 77,9% (25.967 HH) y categorizados como BAJO corresponde a un 22% (7.350 HH).

### 6.4.3 Modelos de clasificación

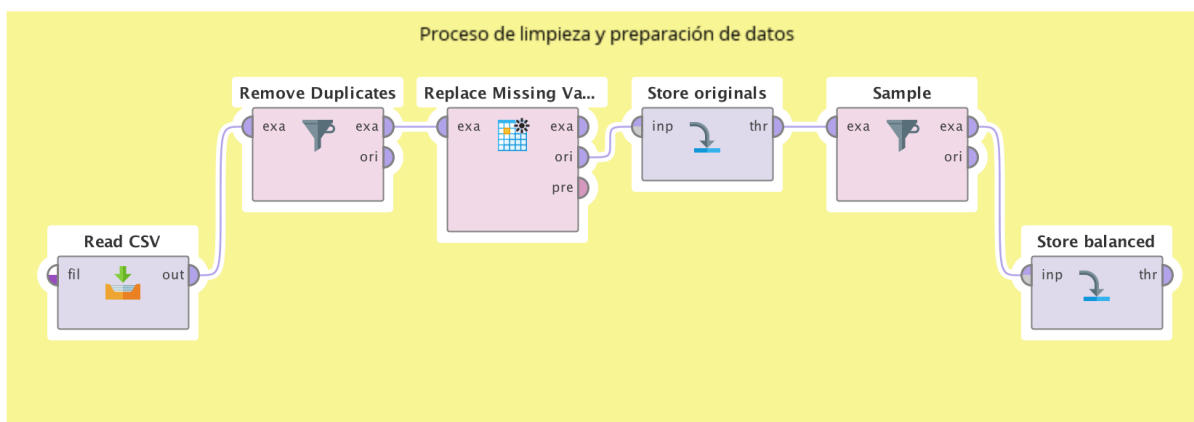
Se analizaron las distintas alternativas de modelos de clasificación de minería de datos, basándonos en la literatura, la calidad de los datos y el análisis experto, se definieron dos algoritmos para su implementación. Estos algoritmos corresponden a Random Forest y Redes Neuronales y en revisaremos la implementación de ambos más adelante. Basándonos en la metodología CRISP-DM como guía en la estructura de este estudio, observamos que para la etapa inicial de la comprensión del negocio se establecieron objetivos y se evaluó la situación actual de la organización, luego se realizó la generación del plan del proyecto seguido por el análisis de los datos, siempre alineados con los objetivos estratégicos de la organización. Las siguientes etapas que se definen en la

metodología CRISP-DM corresponden a la limpieza de los datos e implementación de los modelos de clasificación.

El prototipo fue desarrollado en la herramienta RapidMiner Studio y a continuación se describirá detalladamente los procesos de preparación de datos y modelos de clasificación.

#### 6.4.3.1 Preparación de los datos para su utilización en los modelos.

Para el desarrollo de los modelos se generó un gran repositorio de información, en donde se cuenta con la historia de proyectos y propuestas que la organización ha desarrollado desde el 2014 a diciembre del 2016. Para poder utilizar estos datos en los modelos que se desarrollaron, se generó un proceso de limpieza y preparación.



**Figura 81.** Proceso de limpieza y preparación de datos.

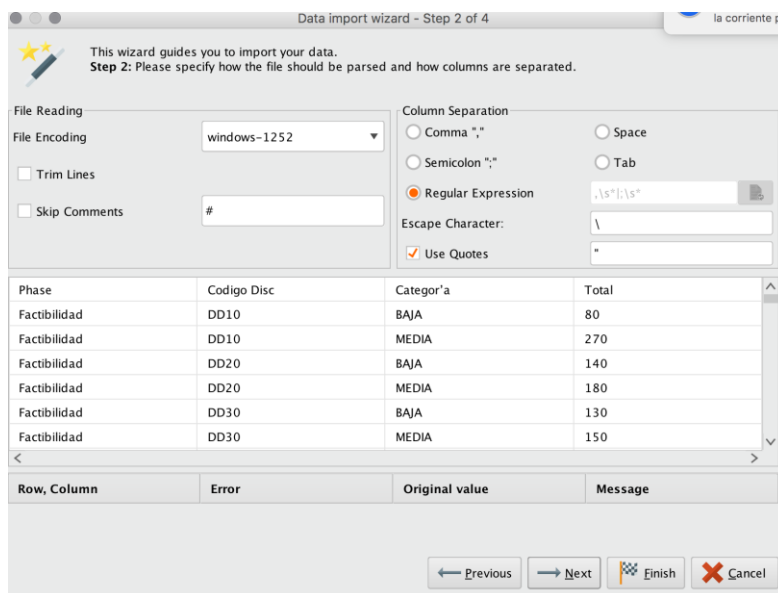
El proceso de limpieza y preparación de datos, que se observa en la imagen anterior, se constituye por seis módulos que se explican en la siguiente tabla:

**Tabla 13:** Módulos del proceso de limpieza y preparación de datos.

Módulo	Descripción
Read CSV	Realiza la lectura de los datos desde el archivo .csv
Remove Duplicates	remueve todos los registros duplicados
Read Missing Values	Se analizan los registros que están vacíos y se reemplazan según el tipo de dato.
Store	Almacena los registros.
Sample	El módulo permite extraer una muestra de los datos. De esta forma seleccionamos la misma cantidad para las dos variables de categorización.

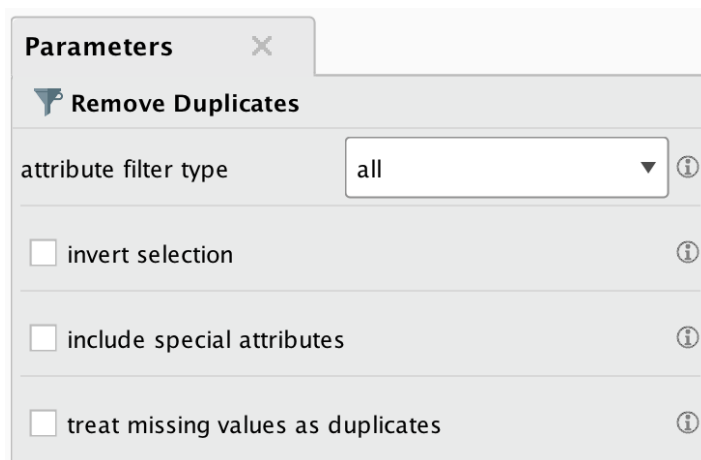
#### 6.4.3.1.1 Descripción de los elementos del modelo

El proceso comienza con el módulo Read CSV realizando la lectura de los datos desde el archivo .csv y luego los cargándolos al modelo. En este paso se debe cambiar los tipos de datos según corresponda a texto y datos numéricos, adicionalmente se debe indicar que variable de texto va a ser la clase label. La clase label es la clase cuyo valor es el que se desea predecir en función de los valores de otros atributos. En este caso la clase label será Categoría.



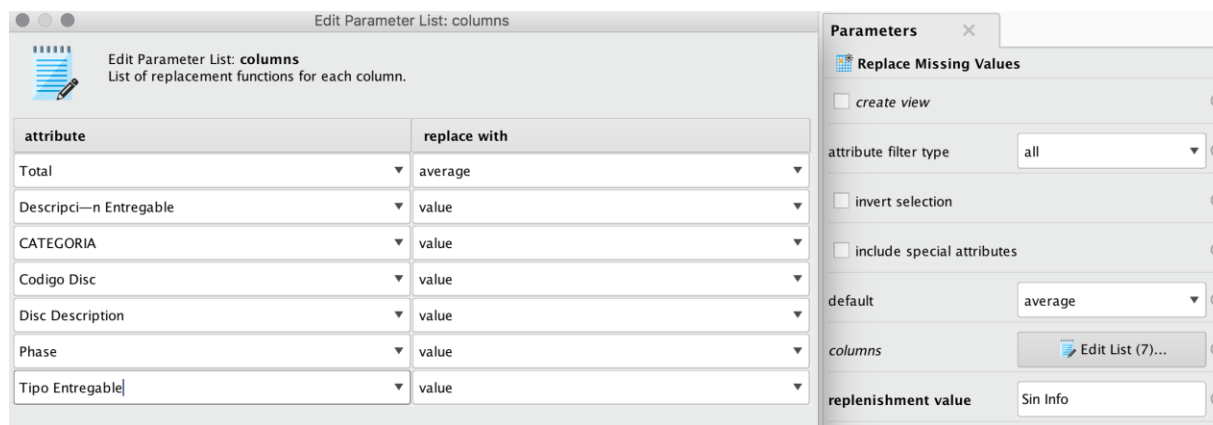
**Figura 82.** Módulo importación de datos.

El siguiente módulo es el de Remove Duplicates, el cual permite analizar los datos cargados al modelo y remover todos los registros que estén duplicados.



**Figura 83.** Parámetros del módulo remove duplicates.

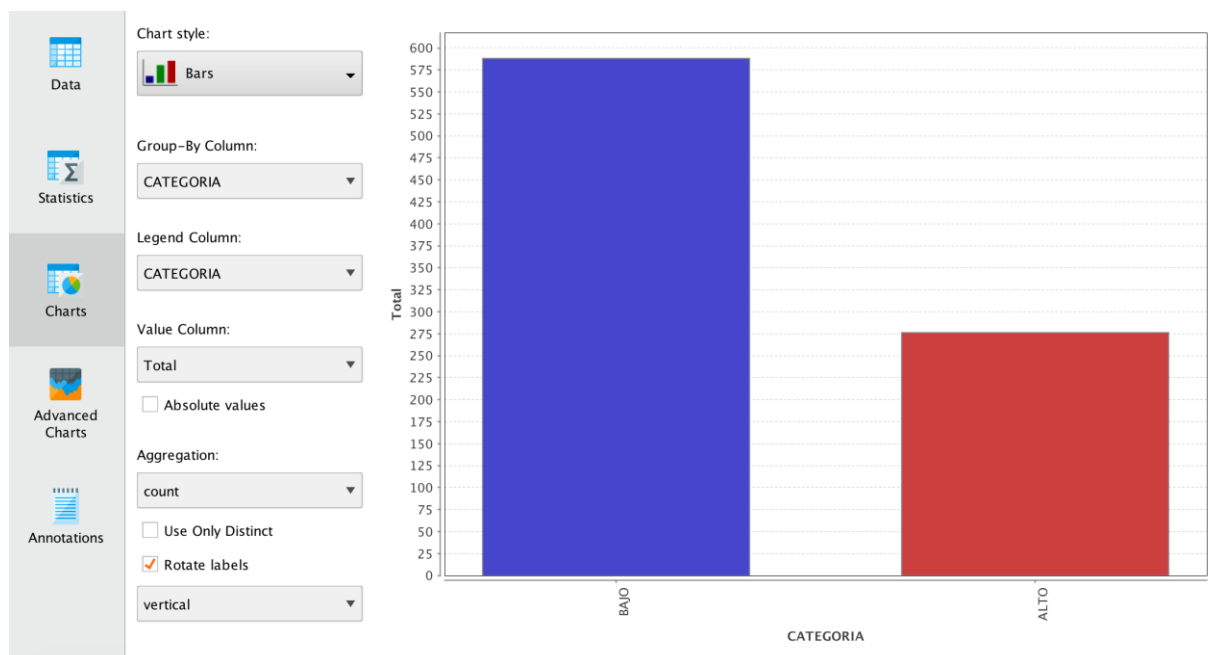
El siguiente módulo en el modelo es el de replace missing values, el cual utiliza el nuevo set de datos que ya se encuentran sin registros duplicados, analiza los registros y si encuentra variables vacías, los reemplaza. En caso de ser numéricos, se rellenan con el promedio. Para el caso de los campos de texto, para efectos de este ejercicio, se indica la fase "Sin Información".



**Figura 84.** Configuración módulo replace missing values.

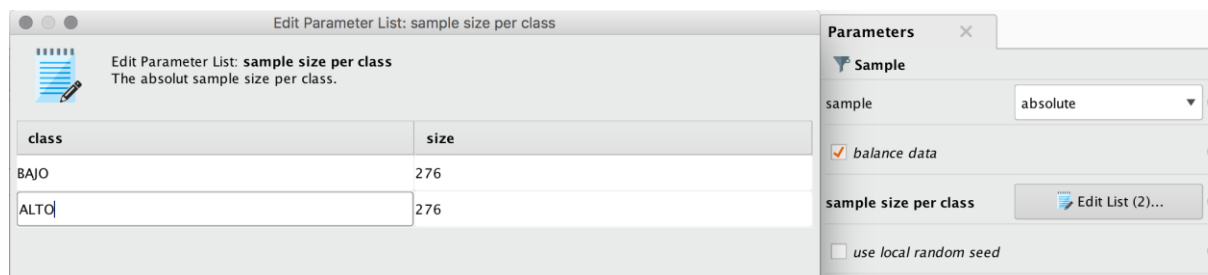
Es momento de guardar el set de datos como datos originales, para este propósito se usa el módulo store. Es importante destacar que hasta ahora tenemos un set de datos

más robusto y limpio, pero si observamos el siguiente gráfico vemos que la muestra no se encuentra balanceada.



**Figura 85.** Gráfica de los datos no balanceados por categoría de cantidad de HH unitaria.

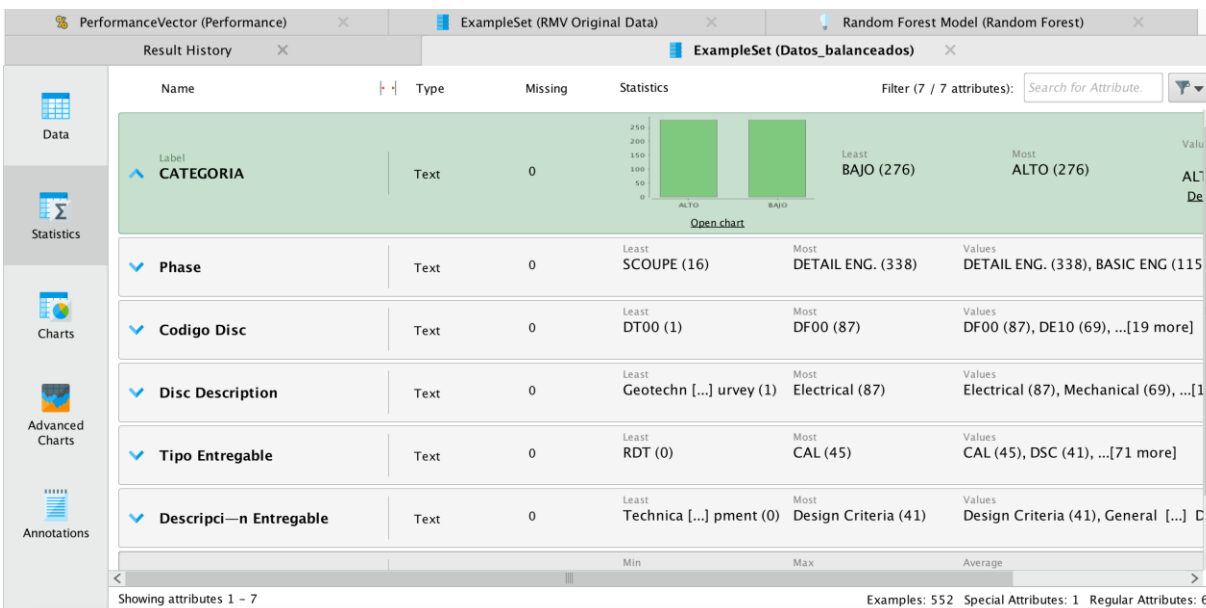
Cuando las clases están desbalanceadas los resultados no siempre son creíbles, pues el modelo se sobreajusta. Por lo que vamos a balancear los datos obteniendo una muestra significativa utilizando la técnica de undersampling, en donde nivelaremos las clases a una muestra de igual tamaño que la que contiene una cantidad menor de ese tipo en particular, en este caso la categoría ALTO con 276 registros.



**Figura 86.** Balanceo de datos undersampling.



Para realizar lo anterior se utilizó el módulo simple, el cual permite extraer una muestra de los datos. De esta forma seleccionamos la misma cantidad para las dos variables de categorización. Para generar el balanceo de los datos, indicamos al módulo que necesitamos una muestra de 276 registros para la categoría BAJO y 276 registros para la categoría ALTO. El resultado es un set de datos balanceados, como se muestra en la siguiente imagen.

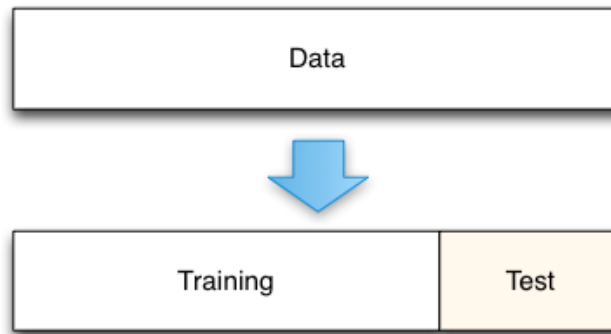


**Figura 87.** Set de datos balanceados.

Como etapa final del modelo de limpieza de datos, utilizaremos nuevamente el módulo store, en donde se almacena la muestra de datos que se utilizará para generar los dos modelos de clasificación.

### 6.4.3.2 Primera etapa: Generación de los modelos.

En esta primera etapa se realizará la división de los datos en un 50% para entrenar el modelo y un 50% de datos para pruebas de certeza (accuracy), precisión (precision) y sensibilidad (recall).



**Figura 88.** Esquema de división de los datos en entrenamiento y test.

Se utilizaron dos alternativas para la construcción de los modelos, diferenciándose en el comportamiento y resultados de los datos. Después de un análisis de distintas alternativas se definió generar los modelos:

- Random Forest
- Redes Neuronales.

Como se explicó anteriormente en el diseño de la lógica de negocios, las razones principales fueron de esta decisión fueron las siguientes:

- El desempeño de estos con problemas de clasificación y predicción
- Sus características de trabajo y la forma en que estos algoritmos se comportan y resuelven con los datos.

Para el prototipo se utilizará el set de datos balanceados anteriormente, (276 registros), en donde el 50% del set de datos se utilizará para entrenamiento y el otro 50% del set de datos se utilizará para validación de ambos modelos.

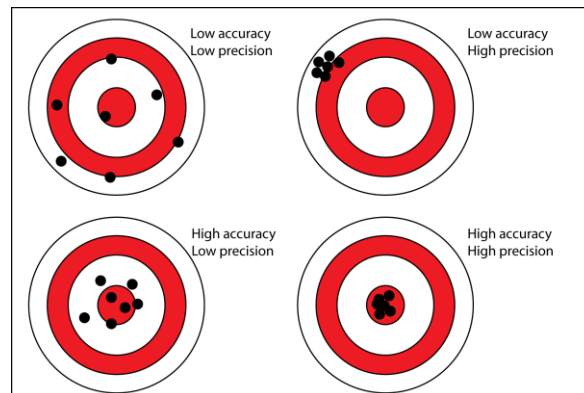
Datos de entrenamiento (Training data): Grupo de datos utilizados para entrenar el modelo. En este caso corresponde a un set de 138 registros para el entrenamiento.

Datos de validación (Validation data): Grupo de datos utilizados para ajustar el modelo. En este caso corresponde a un set de 138 registros para la validación.

### 6.4.3.3 Medición del error y medidas utilizadas

Al momento de evaluar el desempeño del algoritmo se utilizó la base para el análisis de la matriz de confusión, que fue explicada anteriormente en el capítulo del marco teórico. Las principales medidas que se utilizarán para el análisis del prototipo son las siguientes:

- Recall (Sensibilidad)
- Specificity (Especificidad)
- Precisión
- Accuracy (Certeza)

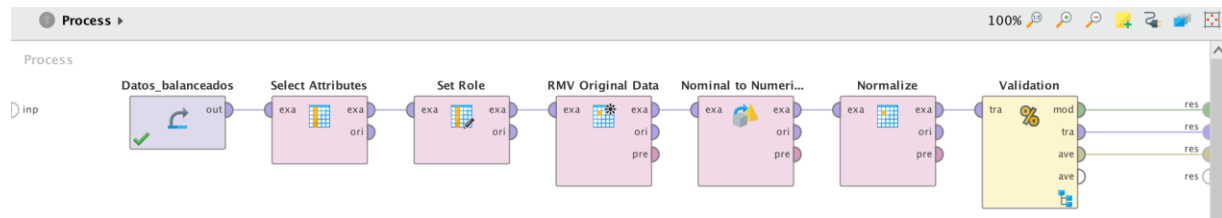


**Figura 89.** Ejemplo gráfico de las combinaciones entre certeza y precisión.

Se busca tener una alta precisión y una alta certeza en el modelo seleccionado para lograr resultados esperados en el presente estudio.

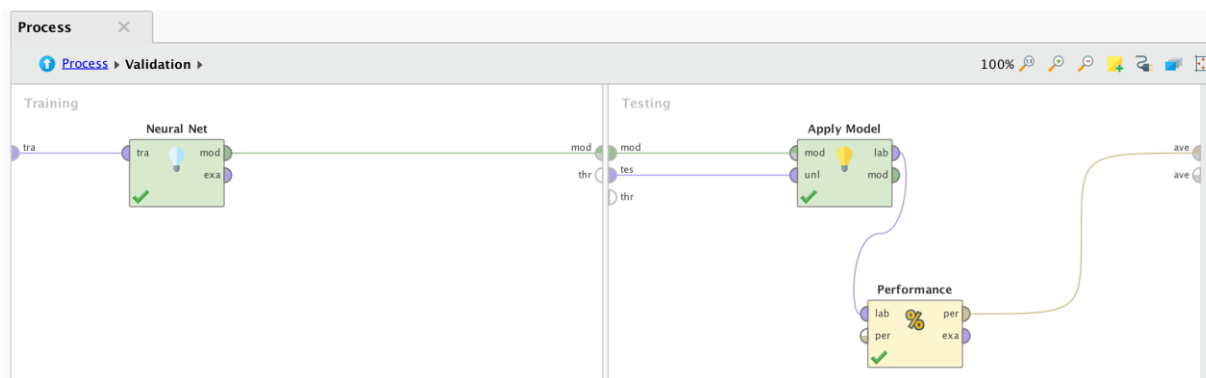
### 6.4.3.4 Modelo de clasificación Redes Neuronales

Este operador aprende un modelo por medio de una red neuronal feed-forward entrenada por un algoritmo de retropropagación (perceptrón multicapa). El proceso será de la siguiente forma:



**Figura 90.** Modelo de clasificación Redes Neuronales.

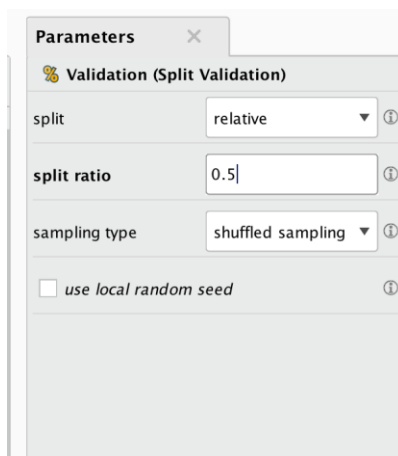
Se realizará la conversión de las variables de nominales a numericas y luego aplicaremos una normalización de ellas. Una vez realizado este tratamiento al set de datos se aplicará el modelo de redes neuronales.



**Figura 91.** Módulo de validación aplicando Redes Neuronales

En las imágenes anteriores se describe el diseño del modelo de Redes Neuronales construido, los módulos que lo componen y sus conectores. Se utilizó un 50% de los datos para su aprendizaje y un 50% de los datos testeo. Todos los elementos de la muestra tienen igual probabilidad de ser escogidos. Se les asigna un número y se seleccionan aleatoriamente (por lotería) los n elementos necesarios.

Al balancear la muestra de datos aplicando el concepto de undersampling



**Figura 92.** División de la muestra de datos en 50% testeo y 50% validación.

En la siguiente tabla revisaremos los módulos y la descripción de sus funciones:

**Tabla 14:** Módulos del proceso de clasificación aplicando Redes Neuronales.

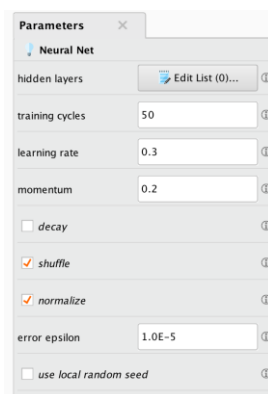
MÓDULO	DESCRIPCIÓN
READ EXCEL	Realiza la lectura de datos desde la fuente de datos Excel, y los carga al modelo
SELECT ATTRIBUTES	Selecciona los atributos de entrada al modelo que fueron cargados en el módulo anterior.
SET ROLE	Este operador se utiliza para cambiar el rol de uno o más atributos
REPLACE MISSING VALUES	Reemplaza las variables que están vacías, sean tipo texto, numérico o booleano.
NOMINAL TO NUMERICAL	Cambia de atributos no numéricos a tipo numéricos
NORMALIZE	Normaliza las variables de los atributos seleccionados ajustándolas a rangos específicos
VALIDATION	Se realiza la partición en un % para aprendizaje y otro % para testeo.
NEURAL NET	Operador Redes Neuronales
APPLY MODEL	Aplica el modelo generado a los datos de testeo
PERFORMANCE	Permite visualizar los resultados de rendimiento del modelo y la matriz de confusión que entrega la visualización del desempeño del algoritmo.

En la siguiente tabla revisaremos la descripción de los parámetros del módulo Neural Net.

**Tabla 15:** Parámetros del módulo Neural Net.

PARÁMETRO	SELECCIÓN	CRITERIO
Hidden layers	0	Describe el nombre y el tamaño de todas las capas escondidas.
Training cycles	50	Este parámetro especifica el número de ciclos de entrenamiento usado.
Learning rate	0.3	Determina que tanto puede cambiar el peso de cada paso.
momentum	0.2	Se agrega una fracción de la actualización de peso anterior a la actual. esto evita los máximos locales y suaviza las direcciones de optimización
decay	-	
shuffle	Activo	Este es un parámetro experto. Indica si los datos de entrada deben ser mezclados antes de aprender
normalize	Activo	Se utiliza para normalizar los parámetros antes de aprender
error epsilon		1.0E-5
use local random seed	-	

En la siguiente imagen se describe los parámetros indicados anteriormente en la tabla:



**Figura 93.** Parámetros de la Neural Net.

accuracy: 70.48%

	true BAJO	true ALTO	class precision
pred. BAJO	78	43	64.46%
pred. ALTO	6	39	86.67%
class recall	92.86%	47.56%	

**Figura 94.** Matriz de confusión modelo de clasificación de Redes Neuronales

De los resultados obtenidos se puede indicar las siguientes observaciones:

### Sensibilidad

- Verdaderos BAJO: 78 de 84, lo que significa un **92,86%**
- Falsos BAJO: 6 de 84, lo que significa un 7,14%
- Verdaderos ALTO: 39 de 82 lo que significa un **47,56%**
- Falsos ALTO: 43 de 82, lo que significa un 52,43%

### Precisión

- Verdaderos BAJO: 78 de 121, lo que significa un **64,46%**
- Falsos BAJO: 43 de 121, lo que significa un 35,54%
- Verdaderos ALTO: 6 de 45 lo que significa un 13,33%
- Falsos ALTO: 39 de 45, lo que significa un **86,67%**

### Certeza: 70,48%

Visualizando los resultados de rendimiento y visualización del desempeño del algoritmo, se observa que obtuvo un 70,48% de certeza en la predicción de categorías de cantidad de HH necesarias para cada tipo de entregables correspondiente a cada fase, disciplina y tipo de entregable.

En la matriz de confusión podemos observar que la sensibilidad del modelo resulto muy alta para la categoría BAJO, con un 92,86%, posiblemente dado porque la mayor parte de los entregables en una fase temprana caen en esta categoría, resultando muy lógico.

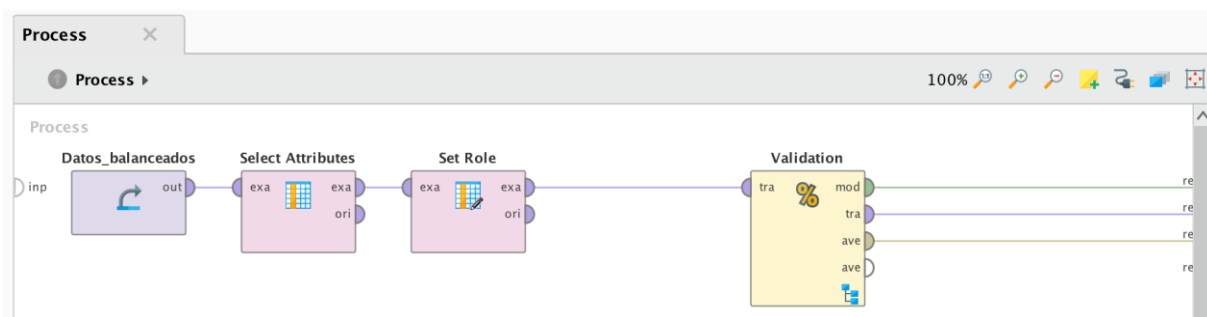
Ahora si observamos los verdaderos ALTO corresponden a un 47,56%, resultado muy razonable para la categoría ALTO.

Los casos de la precisión también son lógicos en relación a la distribución de los entregables en cada fase. Para la categoría BAJO la precisión fue de un 64,46% y un 86,67% para el caso de la categoría ALTO.

#### 6.4.3.5 Modelo de clasificación Random Forest

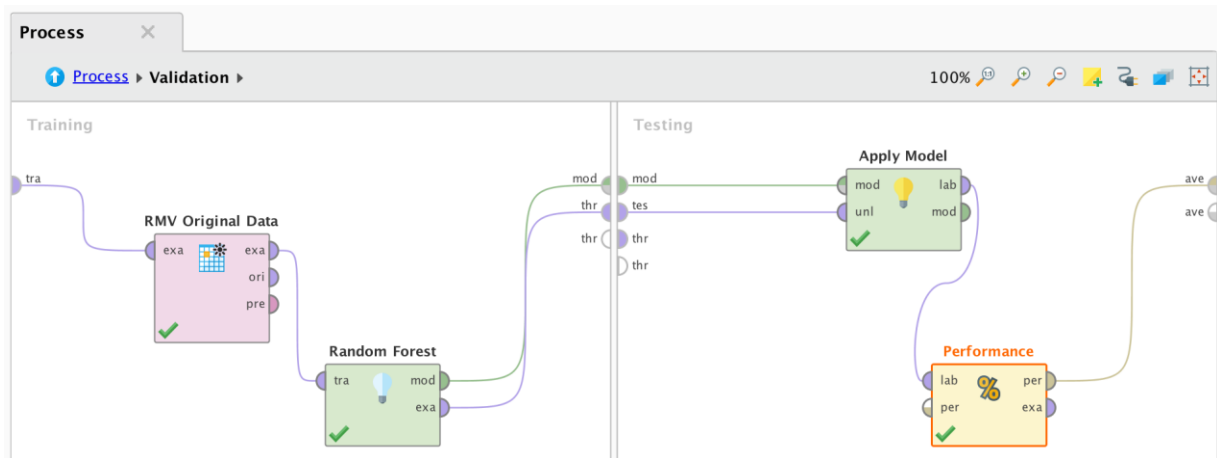
Como se analizó en el marco teórico, Random Forest es una combinación de árboles predictores tal que cada árbol depende de los valores de un vector aleatorio probado independientemente y con la misma distribución para cada uno de estos. Construye una larga colección de árboles no correlacionados y luego los promedia. Random Forest tiene un rendimiento especialmente bueno para datos de alta dimensionalidad.

El proceso completo del modelo generado se puede visualizar en las siguientes imágenes:



**Figura 95.** Proceso completo del modelo de clasificación Random Forest





**Figura 96.** Módulo validación aplicando Random Forest

Se observa el diseño del modelo de Random Forest, los módulos que lo componen y sus conectores. Para la construcción del modelo se utilizaron los mismos filtros y datos que en modelo anterior. Igualmente se utilizó un 50% de los datos para su aprendizaje y un 50% de los datos testeo. De esta forma se mantiene la constancia entre la comparación de ambos. En la siguiente tabla revisaremos los módulos y la descripción de sus funciones:

**Tabla 16:** Módulos y funciones del proceso de clasificación aplicando Random Forest.

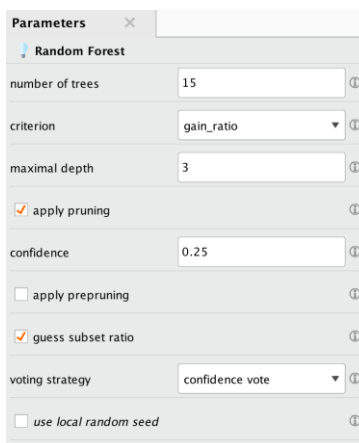
MÓDULO	DESCRIPCIÓN
READ EXCEL	Realiza la lectura de datos desde la fuente de datos Excel, y los carga al modelo
SELECT ATTRIBUTES	Selecciona los atributos de entrada al modelo que fueron cargados en el módulo anterior.
SET ROLE	Este operador se utiliza para cambiar el rol de uno o más atributos
VALIDATION	Se realiza la partición en un % para aprendizaje y otro % para testeo.
REPLACE MISSING VALUES	Reemplaza las variables que están vacías, sean tipo texto, numérico o booleano.
RANDOM FOREST	Operador Random Forest
APPLY MODEL	Aplica el modelo generado a los datos de testeo
PERFORMANCE	Permite visualizar los resultados de rendimiento del modelo y la matriz de confusión que entrega la visualización del desempeño del algoritmo.

En la siguiente tabla revisaremos la descripción de los parámetros del módulo Random Forest:

**Tabla 17:** Parámetros del módulo Random Forest.

PARÁMETRO	SELECCIÓN	CRITERIO
Number of trees	15	Número de árboles que se aplicarán.
criterion	gain ratio	Se selecciona el criterio para la separación. Gain ratio es el método más ajustado a la realidad para mayor certeza en la predicción dado que se ajusta a la ganancia que se obtiene de cada atributo permitiendo uniformidad y amplitud en los valores.
maximal depth	3	Corresponde a la profundidad del arbol.
apply pruning	Activo	Se considera poda dado que se cortan los elementos que pueden distorsionar los resultados
confidence	0.25	Especifica el nivel de confianza usado para el cálculo pesimista de error en la poda
apply pre pruning	-	
guess subset ratio	Activo	Activo dado que no se especifica el grado de distintas variables para los datos de la muestra.
voting strategy	confidence vote	En caso de no estar concordar con la predicción el modelo elige la predicción que tiene un mayor grado de certeza.
use local random seed	-	

En la siguiente imagen se describe los parámetros indicados anteriormente en la tabla.



**Figura 97.** Parámetros del módulo de Random Forest

Los resultados de rendimiento y visualización del desempeño del algoritmo se muestran en la siguiente imagen:

accuracy: 90.96%

	true BAJO	true ALTO	class precision
pred. BAJO	69	0	100.00%
pred. ALTO	15	82	84.54%
class recall	82.14%	100.00%	

**Figura 98.** Matriz de confusión Random Forest

De los resultados obtenidos se puede indicar las siguientes observaciones:

### Sensibilidad

- Verdaderos BAJO: 69 de 84, lo que significa un **82,14%**
- Falsos BAJO: 15 de 84, lo que significa un 17,86%
- Verdaderos ALTO: 82 de 82 lo que significa un **100%**
- Falsos ALTO: 0 de 82, lo que significa un 0%

### Precisión

- Verdaderos BAJO: 69 de 69, lo que significa un **100%**
- Falsos BAJO: 0 de 69, lo que significa un 0%
- Verdaderos ALTO: 15 de 97 lo que significa un 15,46%
- Falsos ALTO: 82 de 97, lo que significa un **84,54%**

### Certeza: 90,96%

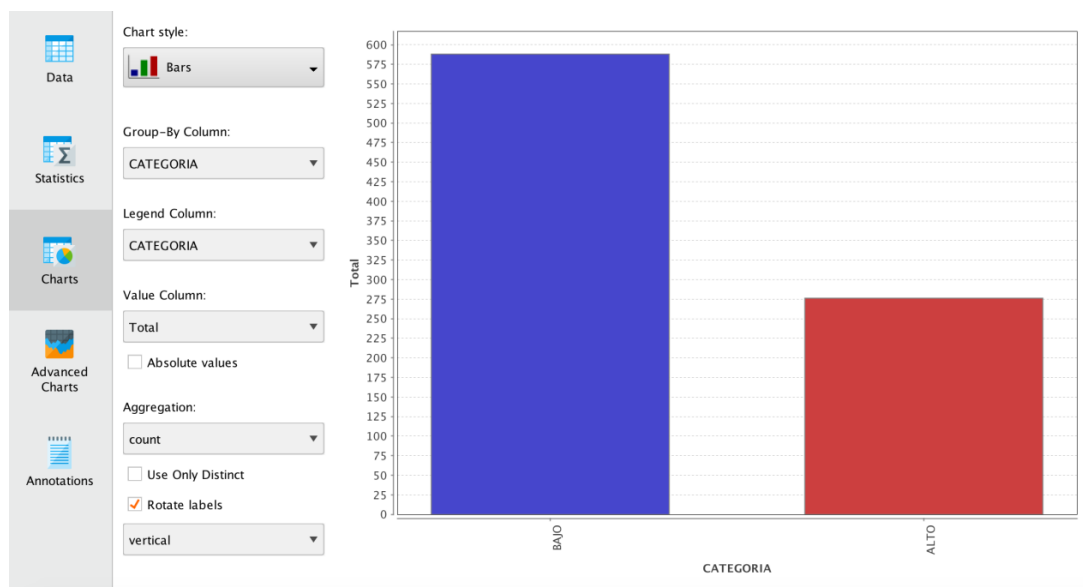
Se obtuvo un 90,96% de certeza en la predicción de categorías de cantidad de HH necesarias para cada tipo de entregables correspondiente a cada fase, disciplina y tipo de entregable. La matriz de confusión describe que la sensibilidad del modelo resulto muy alta para la categoría BAJO, con un 82,14% y la sensibilidad para clasificar la categoría ALTO fue de un 100%. Si observamos la precisión distinguimos que para la categoría BAJO fue de un 100% y un 84,54% para el caso de la categoría ALTO.

### 6.4.3.6 Segunda etapa: Evaluación de los modelos

En esta etapa vamos a validar los algoritmos un set de datos desbalanceado de 867 registros correspondientes a la mayor parte de los proyectos.

Los datos de evaluación (Test data) son un grupo de datos utilizados únicamente para evaluar el modelo entrenado.

Los datos están desbalanceados, en donde se tienen 575 registros categorizados como BAJO y 276 como ALTO.



**Figura 99.** Set de datos desbalanceados

Se observa de mejor forma en la siguiente imagen para la categoría BAJO. La estructura del set de datos se conforma de categoría, fase, cód. disciplina, descripción de la disciplina, tipo de entregable, descripción del tipo de entregable y el total de horas hombre.

Row No.	CATEGORIA	Phase	Codigo Disc	Disc Descri...	Tipo Entre...	Descripci—...	Total
1	BAJO	SCOUPE	DD10	Civil	DSC	Design Crite...	20
2	BAJO	SCOUPE	DD10	Civil	GAD	General Arr...	30
3	BAJO	SCOUPE	DD10	Civil	LYD	Layout Draw...	30
4	BAJO	SCOUPE	DD20	Structural	DSC	Design Crite...	15
5	BAJO	SCOUPE	DD20	Structural	MTO	Material Tak...	50
6	BAJO	SCOUPE	DD20	Structural	SPC	Specification...	20
7	BAJO	SCOUPE	DD30	Architectural	LYD	Layout Draw...	40
8	BAJO	SCOUPE	DD30	Architectural	RPT	Report	30
9	BAJO	SCOUPE	DE10	Mechanical	DAT	Datasheet M...	10
10	BAJO	SCOUPE	DE10	Mechanical	LST	Equipment L...	45
11	ALTO	SCOUPE	DE10	Mechanical	PLP	Plot Plan - 2D	60
12	BAJO	SCOUPE	DF00	Electrical	CAL	Calculations	40
13	BAJO	SCOUPE	DF00	Electrical	DSC	Design Crite...	20
14	BAJO	SCOUPE	DU30	Hydraulic & ...	CAL	Calculations	30
15	BAJO	SCOUPE	DU30	Hydraulic & ...	DSC	Design Crite...	15
16	BAJO	SCOUPE	DU30	Hydraulic & ...	RPT	Report	25
17	BAJO	PRE FACTIBL...	DD10	Civil	DSC	Design Crite...	20

**Figura 100.** Muestra de los datos categorizados que se utilizaron en el algoritmo

Los datos serán probados en los dos modelos de clasificación vistos anteriormente manteniendo los mismos filtros, operadores y parámetros para comparar los resultados.

### 6.4.3.7 Resultados con el modelo de Redes Neuronales

accuracy: 87.15%

	true BAJO	true ALTO	class precision
pred. BAJO	549	72	88.41%
pred. ALTO	39	204	83.95%
class recall	93.37%	73.91%	

**Figura 101.** Matriz de confusión modelo de clasificación de Redes Neuronales utilizando datos desbalanceados

Los resultados con datos no balanceados son aún mejores para el caso del modelo de redes neuronales, dado que la certeza en la predicción de categorías aumentó en un 16,67% en relación al resultado anterior. En el caso de la sensibilidad aumentó en la clasificación de los BAJO positivos 0,51% y el error tipo 1 corresponde a un 6,63%. Para

el caso de la precisión el modelo disminuyó en un 2,72% su clasificación para la categoría ALTO, pero también aumento levemente el error tipo 2 en un 23,95%.

### 6.4.3.8 Resultados con el modelo de Random Forest

accuracy: 99.54%

	true BAJO	true ALTO	class precision
pred. BAJO	588	4	99.32%
pred. ALTO	0	272	100.00%
class recall	100.00%	98.55%	

**Figura 102.** Matriz de confusión Random Forest utilizando datos desbalanceados.

Los resultados con datos no balanceados mejoraron respecto al ejercicio anterior, dado que la certeza en la predicción de categorías aumentó en un 8,58% en relación al resultado anterior. En el caso de la sensibilidad aumentó en la clasificación de los BAJO positivos clasificándolos perfectamente aumentando en un 17,86% en relación al resultado anterior y el error tipo 1 desapareció completamente. En el caso de la clasificación para la categoría ALTO disminuyó en un 1,45%. Para el caso de la precisión el modelo mejoró su clasificación para la categoría ALTO, verdaderos positivos, aumentando en un 15,46%. El error tipo 2 disminuyó en un 0,68% respecto al resultado anterior.

#### Aplicación de los modelos en datos reales

Después de haber realizado pruebas en resultados históricos en datos balanceados y no balanceados, es momento de aplicar los resultados en proyectos actuales, es por eso que se realizó un análisis conjunto con el departamento de desarrollo de propuestas y la gerencia de ingeniería, concluyendo con la selección de los proyectos a los cuales someteremos a los modelos generados. El objetivo de esta validación es comprobar su efectividad y certeza en datos reales.

### 6.4.4 Validación de los modelos

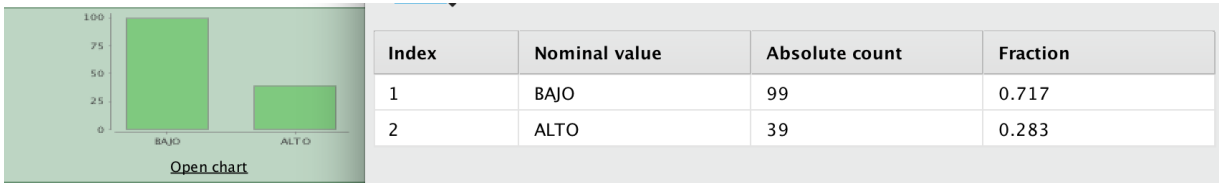
Para el ejercicio se seleccionaron dos proyectos activos a diciembre del 2016, el primer seleccionado corresponde al proyecto M40217 que pertenece a la fase de ingeniería básica y el segundo seleccionado corresponde al proyecto M40286 que también pertenece a la fase de ingeniería básica. Vamos a probar ambos modelos y comparar sus clasificaciones en relación a la realidad.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos:

#### 6.4.4.1 Redes Neuronales | Proyecto de Ingeniería básica M40217

Datos reales:

- Categoría BAJO = 99 entregables (72% del total)
- Categoría ALTO = 39 entregables (28% del total)



**Figura 103.** Datos reales del proyecto M40217

accuracy: 81.16%

	true BAJO	true ALTO	class precision
pred. BAJO	73	0	100.00%
pred. ALTO	26	39	60.00%
class recall	73.74%	100.00%	

**Figura 104.** Matriz de confusión del modelo de Redes Neuronales del proyecto M40217

Como se ve en la matriz de confusión el modelo arroja un 81,16% de certeza en la predicción, como conocemos los resultados reales de los proyectos, vamos a revisar la comparación a continuación:

**Tabla 18:** Resultados Modelo Redes Neuronales en proyecto M40217

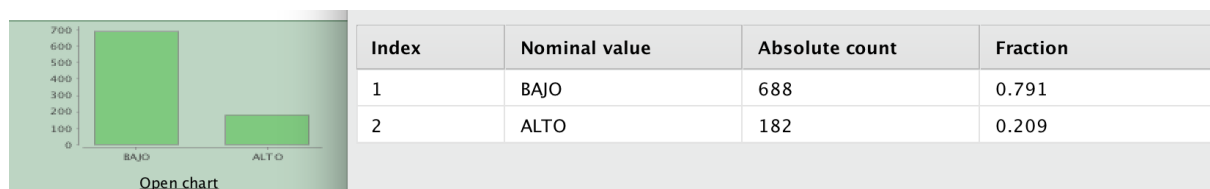
	MODELO	PROYECTO	CATEGORIA	CANTIDAD	%
SI	REDES NEURONALES	M40217	ALTO	39	100
			BAJO	73	73,74
ALTO			26	26,26	
BAJO			0	0	
NO					

La predicción acertada en la clasificación fue de un 73,74% de sensibilidad y un 100% en precisión para la categoría BAJO, en donde existe una clasificación del 100% es en la clase ALTO respecto a la sensibilidad de una precisión de un 60%.

#### 6.4.4.2 Redes Neuronales | Proyecto de Ingeniería básica M40286

Datos reales:

- Categoría BAJO = 688 entregables (79% del total)
- Categoría ALTO = 182 entregables (21% del total)



**Figura 105.** Datos reales del proyecto M40286

accuracy: 89.20%

	true BAJO	true ALTO	class precision
pred. BAJO	684	90	88.37%
pred. ALTO	4	92	95.83%
class recall	99.42%	50.55%	

**Figura 106.** Matriz de confusión del modelo de Redes Neuronales del proyecto M40286



Como se ve en la matriz de confusión el modelo arroja un 89,20% de certeza en la predicción, como conocemos los resultados reales de los proyectos, vamos a revisar la comparación a continuación:

**Tabla 19:** Resultados Modelo Redes Neuronales en proyecto M40286

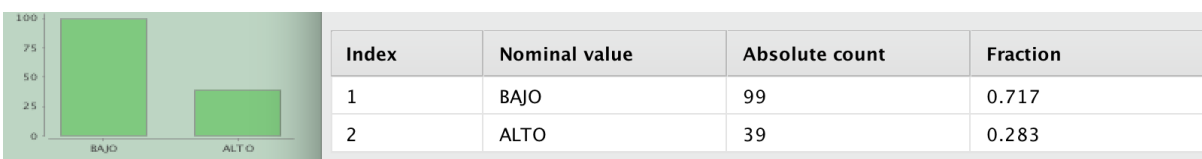
	MODELO	PROYECTO	CATEGORIA	CANTIDAD	%
SI	REDES NEURONALES	M40286	ALTO	92	50,55
			BAJO	684	99,42
NO			ALTO	4	0,58
			BAJO	90	49,45

La predicción acertada en la clasificación fue de un 99,42% de sensibilidad para la categoría BAJO, lo que es muy cercano al 100% y un 88,37% en la precisión. En donde existe un porcentaje de error mayor es al clasificar los entregables categorizados como ALTO, dado que se alcanzó una sensibilidad de un 50,55% y una precisión de un 95,83%.

#### 6.4.4.3 Random Forest | Proyecto de Ingeniería básica M40217

Datos reales:

- Categoría BAJO = 99 entregables (71% del total)
- Categoría ALTO = 39 entregables (28% del total)



**Figura 107.** Datos reales del proyecto M40217

accuracy: 100.00%

	true BAJO	true ALTO	class precision
pred. BAJO	99	0	100.00%
pred. ALTO	0	39	100.00%
class recall	100.00%	100.00%	

**Figura 108.** Matriz de confusión del modelo de Random Forest del proyecto M40217

**Tabla 20:** Resultados Modelo Random Forest en proyecto M40217

	MODELO	PROYECTO	CATEGORIA	CANTIDAD	%
SI	RANDOM FOREST	M40217	ALTO	39	100
			BAJO	99	100
NO			ALTO	0	0
			BAJO	0	0

Como se ve en la matriz de confusión el modelo arroja un 100% de certeza en la predicción de clasificación para el proyecto M40217, por lo que al compararlos con los resultados reales del proyecto vemos que no hay diferencias.

#### 6.4.4.4 Random Forest | Proyecto de Ingeniería básica M40286

Datos reales:

- Categoría BAJO = 688 entregables (79% del total)
- Categoría ALTO = 182 entregables (21% del total)



**Figura 109.** Datos reales del proyecto M40286

accuracy: 100.00%

	true BAJO	true ALTO	class precision
pred. BAJO	688	0	100.00%
pred. ALTO	0	182	100.00%
class recall	100.00%	100.00%	

**Figura 110.** Matriz de confusión del modelo de Random Forest del proyecto M40286

**Tabla 21:** Resultados Modelo Random Forest en proyecto M40286

	MODELO	PROYECTO	CATEGORIA	CANTIDAD	%
SI	RANDOM FOREST	M40286	ALTO	0	0
			BAJO	688	100
NO			ALTO	182	100
			BAJO	0	0

Para el caso del proyecto M40386, como se ve en la matriz de confusión, el modelo arroja un 100% de certeza en la predicción de clasificación, por lo que al compararlos con los resultados reales del proyecto vemos que el resultado es idéntico a la realidad en este caso en particular.

#### **6.4.5 Análisis general del desempeño de los modelos**

Como parte del proceso de aprendizaje durante el estudio, se generó una versión anterior de prototipo al recién presentado, este prototipo fue implementado de forma exitosa, con un enfoque totalmente diferente, pero resultados muy por debajo de lo aceptable, por lo que se decidió buscar un nuevo enfoque que permitirá lograr el objetivo definido durante el estudio y con un % de error aceptable de un máximo del 25%.

#### **Prototipo Anterior**

Se generó un prototipo para aplicar dentro del departamento, de pequeño alcance, que principalmente tiene como objetivo aplicar el estudio a propuestas de negocios para validar los datos, dado que pasar a un ambiente de producción es un proyecto de una dificultad y envergadura mayor.

Escenario:

- Departamento de desarrollo de negocios.

Roles:

- Gerente de Negocios
- Analista de propuestas

Se seleccionaron dos propuestas de negocios que su tiempo de generación era de alrededor de 3 a 4 semanas.

Tipo de propuestas de test:

- Ingeniería Básica
- Prefactibilidad

Se trabajó con dos analistas de negocios, uno de cada proyecto, quienes se capacitaron en el uso del prototipo, siempre con asistencia del tesista.

El prototipo anterior implementado en el departamento de nuevos negocios se utilizó por dos meses y a continuación el detalle de su estructura:

*Metodología:* Modelos de clasificación

*Modelos:* Random Forest y Redes Neuronales

*Set de datos:* El total del set de datos fue de alrededor de 1238 registros.

*Enfoque anterior:* Sin generación de categorías en las HH, se utilizó una clasificación directa por atributos. La cantidad de atributos del set de datos fue de 23 y por cada modelo se generaron dos variantes de cada modelo y por cada variante distintos porcentajes del set de datos para entrenamiento y distintos % del set de datos para validación.

Los resultados del prototipo fueron los siguientes:

**Tabla 22:** Cumplimiento de los objetivos.

Técnica	Variante	Datos Training	Resultado	Promedio
Técnica 1: Random Forest	Variante 1	70%	80,56%	43,99%
Técnica 1: Random Forest	Variante 1	10%	7,41%	
Técnica 1: Random Forest	Variante 1	90%	66.67%	
Técnica 1: Random Forest	Variante 2	70%	80,56%	45,99%
Técnica 1: Random Forest	Variante 2	10%	7,41%	
Técnica 1: Random Forest	Variante 2	90%	50%	
Técnica 2: Redes Neuronales	Variante 1	70%	27,78%	31,79%
Técnica 2: Redes Neuronales	Variante 1	10%	25,93%	
Técnica 2: Redes Neuronales	Variante 1	90%	41,67%	
Técnica 2: Redes Neuronales	Variante 2	70%	33,33%	23,46%
Técnica 2: Redes Neuronales	Variante 2	10%	20,37%	
Técnica 2: Redes Neuronales	Variante 2	90%	16,67%	

Los resultados obtenidos cambian de forma dramática, en las dos técnicas se observan resultados muy extremos, por ejemplos variaciones de la técnica de Random Forest son desde un 67% al utilizar 90% de los datos para testing a un 7% al usar un 10% de los datos para testing. En el caso de la técnica de Redes Neuronales los resultados varían, pero en menor cantidad, desde un 42% al utilizar un 90% de los datos para testing a un 22% al utilizar un 10% de los datos par testing.

Los promedios fueron muy por debajo de los definidos por juicio experto de estar sobre un 75% de certeza en la predicción, por ende, los resultados son fallidos.

#### **6.4.6 El Prototipo Final**

En base al ejercicio del prototipo anterior, la experiencia del proceso, el conocimiento y enseñanzas que se adquirieron, se reformuló el enfoque a utilizar, cuyo resultado fue la generación de dos nuevos modelos de clasificación, que, a diferencia del proceso anterior, fueron validados como se revisó anteriormente.

Uno de los aspectos claves en el diseño de algoritmos de aprendizaje automático es la generalización, pero a la vez los modelos deben ajustarse al conjunto de entrenamiento y captar toda su información. La generalización corresponde a la capacidad del modelo de extender sus resultados cuando se aplica a otro conjunto de datos distinto y nuevo.

Si analizamos el caso de los modelos generados podemos concluir que aplican la generalización de forma transversal para las muestras en donde fueron aplicados. Para las pruebas y análisis se tuvo en cuenta el problema de la compensación sesgo-varianza; el sesgo mide el error medio del modelo utilizando distintos conjuntos de entrenamiento mientras que la varianza mide la sensibilidad del modelo a pequeños cambios en los datos de entrenamiento. Es decir, modelos muy complejos tienen sesgo bajo y varianza alta, lo cual se conoce por el término overfitting o sobreajuste, dicho en otras palabras, es el efecto que se produce cuando el modelo se ajusta perfectamente a los datos; “Se aprende los datos de memoria”. Por otro lado, modelos simples tienen sesgo alto, pero varianza muy baja. El overfitting clasifica muy bien los datos de entrenamiento, pero luego no sabe generalizar el conjunto test. Es debido a que aprende hasta el ruido del conjunto de entrenamiento, adaptándose a las regularidades del conjunto de entrenamiento. Por ello, que el overfitting es un indicador de evaluación importante que se tiene en cuenta para los este análisis de los resultados obtenidos. Dado lo anterior y en base al análisis de los dos modelos podemos decir que el desempeño es positivo al igual que el comportamiento en ambos, dado que el porcentaje de error para el caso del modelo de Redes neuronales es menor al 20% en todos las pruebas, siendo su mejor desempeño de 10,8% para el caso del proyecto M40286, estos resultados generales posicionan al modelo como una alternativa totalmente aceptable para su utilización con el objetivo clasificar mix de entregables para propuestas de negocios en distintas fases de ingeniería de forma exitosa. Para el caso del modelo de clasificación Random Forest se observa que la certeza en la clasificación fue siempre sobre el 90% en los distintos ejercicios, llegando a clasificar en un 100% de certeza en los proyectos M40217 y M40286, por lo que definitivamente el modelo tiene un desempeño excelente y se posiciona como la mejor opción entre los dos modelos dado que funciona mejor en este problema de clasificación. Se puede observar de los resultados que en comparación de los dos proyectos aplicados en ambos modelos existe una certeza de sobre el 81%, lo cual es muy positivo por concepto de visibilidad frente a dos proyectos reales, por ende,

los modelos son aplicables y se definen como una potente herramienta para la toma de decisiones estratégicas.

#### **6.4.7 Pasos siguientes en la organización**

Como se revisó anteriormente, el estudio contó con la generación de un prototipo inicial que se validó en el departamento de nuevos negocios de la organización, como los resultados no fueron exitosos se reformuló la estrategia y el enfoque de lo realizado y se generaron dos nuevos modelos aplicando una categorización de la variable objetivo dando como resultado dos modelos aplicables y aceptables, uno en base a Redes Neuronales y otro en base a Random Forest.

En base a los resultados y la evaluación del proyecto y las mejoras realizadas a la cultura organizacional y los procesos vigentes, todo indica que la implementación del estudio a nivel organizacional sería el siguiente paso, dado el apoyo y aceptación que se obtuvo en el proceso. Los pasos siguientes serían:

1. Desarrollo de la plataforma, lo que permitirá apoyar al modelo de clasificación generado, aportando una mayor cantidad de información a los usuarios, como tips por cliente, historia de los resultados de las propuestas anteriores, filtros de búsquedas, reportabilidad y dashboards en la plataforma, aplicar inteligencia de negocios etc. La plataforma debe ser rápida, multiplataforma, interactiva, funcional y visualmente atractiva.
2. Marketing interno y lanzamiento masivo, generar un lanzamiento de la plataforma a nivel regional con foco en la publicidad para los trabajadores y los clientes de la organización.
3. Implementar el modelo de clasificación en la organización de manera indefinida.
4. Seguir iterando y ajustando el modelo a la realidad del negocio.
5. Desarrollar aplicaciones que se basen en el modelo y generen aún más apoyo a los analistas de negocios.

Para la implementación del estudio a nivel de producción y los demás puntos, se necesita la aprobación de los recursos de parte de la gerencia multinacional. Se espera una decisión positiva, por lo que la implementación sería bajo el siguiente escenario:

Lugar físico:

- Dentro del departamento desarrollo de negocios, Santiago de Chile,

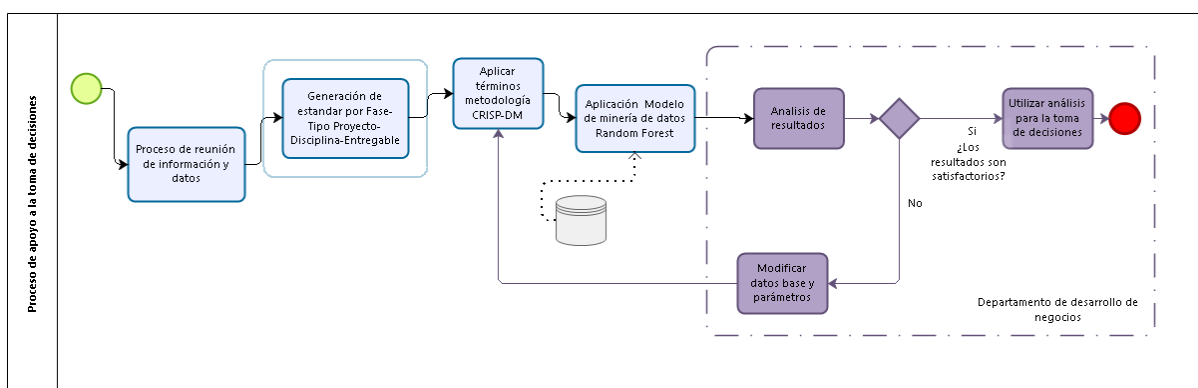
Roles:

- Gerente de Negocios
- Analista de propuestas

Procedimiento:

Como se indica en el rediseño de procesos, (A2122 | Preparación y ejecución del modelo de clasificación), se ejecutará la plataforma de apoyo tecnológico y se aplicará el modelo de clasificación, que, al ser un modelo supervisado, requiere que se mida el error y se produzcan iteraciones hasta que ese error sea reducido al valor esperado.

Se definirá un tiempo planificado para ir ajustando o corrigiendo el modelo, reflejando constante supervisión y regulación para su mejor funcionamiento acorde a los resultados esperados. Dado el excelente desempeño demostrado, se aplicará el modelo de clasificación Random Forest para el apoyo del área y la toma de decisiones por parte de la gerencia de propuestas. El proceso sería el siguiente.



**Figura 111.** Diagrama de flujo del proceso de apoyo a la toma de decisiones.



El alcance total del proyecto en un 100% sería una completa plataforma de apoyo al departamento de negocios, cuyo núcleo sería el modelo de clasificación, desplegando la mayor cantidad de información útil para desarrollar una propuesta, de esta forma el analista de propuestas cuenta con una herramienta útil y funcional para aprovechar la metodología en los datos disponibles en la organización.

## CAPÍTULO 7: EVALUACIÓN DEL PROYECTO

---

La organización de Ingeniería Minera es una empresa de servicios, por lo que ofrece al mercado son las horas hombre de su personal en proyectos. Es por esto que cada colaborador de la organización tiene un costo para la organización. Al vender sus servicios la organización debe cubrir ese costo y asociarle una tarifa de venta para ser rentable. A continuación, se desglosarán las dos tarifas para entender que alcance tiene cada una de ellas y como se componen.

Composición de los multiplicadores de costos y de ventas

El valor del multiplicado de cada trabajador de la organización está dado por los siguientes componentes:

Sueldo Base

Burden (40%)

- Vacaciones
- Seguros
- Feriados
- Décimo tercer sueldo

Overhead (57%)

- Costos indirectos no reembolsables

=Multiplicador de costo de un profesional para la organización

Nota: Los porcentajes los definidos por la organización para el año 2016, estos pueden variar anualmente.

De esta forma todos estos son los componentes que forman el costo de un profesional para la compañía, que se define como el multiplicador break even cost, fijado por finanzas anualmente y que para el año 2016 correspondiente a 1,97.

Ahora para calcular el multiplicador de venta de cada profesional, hay que sumar a estos componentes un fee, este fee está dado por un porcentaje de al menos un 6,6% dado por la compañía a nivel internacional, (% que piden los accionistas de la compañía como mínimo de ganancia).

Multiplicador de costo de un profesional para la organización

+ Fee

---

= Multiplicador de venta para un profesional de la organización

Esto nos da un multiplicador de venta total de un 2,11. En otras palabras, por cada HH vendida en cada propuesta, se debe multiplicar el sueldo del empleado por 2,11. Por ejemplo si un empleado tiene un sueldo base de 1 Millón de pesos, la compañía debe venderlo en 2 Millones 110 mil pesos como mínimo.

El monto final de la propuesta está dado por  $P$  (precio) \*  $Q$  (cantidad de HH).

Estrategia de evaluación del proyecto

La estrategia que se utilizará para la evaluación del estudio es evaluar el proyecto acotando el  $Q$  (cantidad de HH por cada propuesta). Al disminuir el  $Q$  se influirá directamente en monto final de la propuesta, ya que este monto final está dado por  $P*Q$ , lo que permitirá ser más asertivo y tener más posibilidades de adjudicación, siempre y cuando el precio este dentro del rango aceptado por el cliente.

La meta del proyecto es generar un aumento del 5% de las utilidades del año 2015. La definición de este % fue dada por el análisis de un comité experto.

Se analizarán dos alternativas, la alternativa sin proyecto y la alternativa con proyecto.

Para la evaluación se definen los siguientes supuestos:

- 1- El precio, ( $P$ ), está calculado a nivel de compañía de forma anual y que no se tiene mayor influencia directa en este ( $P$  fijo).
- 2- Dado el valor de la HH promedio de venta es de \$USD 82.61.

- 3- La conversión del dólar utilizado en la evaluación es equivalente a 666 pesos chilenos.
- 4- Para evaluar el proyecto se realizó la convergencia de la cantidad de HH por proyecto a un horizonte de estimación con beneficios de proyectos asociados a término del 2016.

Los puntos claves que componen la evaluación del estudio son:

- Determinar los beneficios y costos (se reflejará en el flujo de caja).
- Correcta definición de la tasa de descuento (CAPM).
- Indicadores de evaluación para la determinación económica de ejecutar el proyecto.
- Análisis de riesgo
- Optimización de variables

Alternativas de evaluación del proyecto

La alternativa sin proyecto corresponde a dejar a la organización sin cambios, en otras palabras, sin implementar proyecto alguno.

La alternativa con proyecto corresponde a implementar el proyecto en la organización. El proyecto principalmente apunta a mejorar la gestión de desarrollar propuestas en el departamento de negocios de la organización, a través de un rediseño de los procesos de negocios para mejorar el desempeño de este y así lograr beneficios tangibles, resultando en un Q más ajustado al momento de generar una propuesta. Para llegar a este ajuste se debe generar una adecuada gestión dentro del departamento y un flujo de información que nutra los procesos.

## **7.1 Definición de Beneficios y Costos**

Beneficios de la alternativa con proyecto

Se tienen los resultados del año 2015 de la organización, estos corresponden a la adjudicación de 1.060.213 HH equivalentes a UD\$78.514.751.

Se tiene que el precio de venta de una propuesta está dado por la multiplicación de P \* Q, entonces:

$$P * Q = \text{Venta}$$

$$P * 1.060.213 \text{ HH} = \text{UD\$78.514.751} \Rightarrow \text{USD\$74.06} = P$$

Entonces el precio de venta de un colaborador promedio es de USD\$74.06, que corresponde al multiplicador de venta (2.11).

Se conoce el multiplicador de costo dado por la organización, que corresponde a 1.97, entonces el costo promedio de un colaborador se calcula de la siguiente forma:

$$\text{USD\$74.06} * 1.97 = \text{USD\$69.1}$$

Entonces el costo del año 2015 sería de:

$$\text{USD\$69.1} * 1.060.213 \text{ HH} = \text{UD\$73.305.241}$$

Por lo que las utilidades fueron de:

$$\text{Ingresos} - \text{Costos} = \text{UD\$78.514.751} - \text{UD\$73.305.241} = \text{UD\$5.209.510}$$

La meta para la evaluación del proyecto sería de un aumento de las utilidades en un 5% anual, por lo que el beneficio del proyecto será de:

$$\text{UD\$5.209.510} * 5\% = \text{USD\$260.476} \Rightarrow \$173.476.668 \text{ CLP}$$

En la organización definió como un horizonte estratégico de evaluación del proyecto 16 meses, por lo que el beneficio del \$173.476.668 CLP se distribuirá en el horizonte de evaluación.

Costos de la alternativa con proyecto

A continuación, se visualizarán los costos asociados al rediseño:

Dentro de los costos fijos se incluye infraestructura, servicios básicos, equipos, vacaciones, décimo tercer sueldo, seguros, indemnizaciones, etc. Esto se encuentra calculados en el OVH y Burden asociado a cada tarifa del empleado (multiplicador break even cost).

Según la metodología “Total Cost of Ownership de Garner” se tienen los siguientes costos para un proyecto tecnológico:

**Costo Total** = Costo Personal + Costo de Hardware y Software + Costo de Mantenimiento y Soporte + Costos Indirectos.

A. Costos de personal.

Cálculo del personal necesitado

**Tabla 23:** Personal - HH.

Personal	Cantidad HH Mensual	Cantidad de Meses	Total
1 Ingeniero	172	16	2752
1 programador	172	6	1032

Para el cálculo se utilizaron los siguientes valores HH:

- \$USD 25 por el ingeniero
- \$USD 15 por el programador.

B. Costos de hardware y software.

Existe una inversión asociada a un servidor dedicado para el proyecto. (Vida útil legal de 3 años).

El software utilizado es de desarrollo propio y código libre, por lo que no tiene costo de licencias para la organización.

C. Costos de mantenimiento y soporte.

Otro costo asociado es el del personal senior de la organización que apoye la formulación, entendimiento, análisis de la información existente y definiciones del negocio que servirán para el proceso de rediseño. Para ello se necesitará la ayuda de diferentes personas asociadas al negocio, propuestas, proyectos, finanzas etc. El personal será necesitado principalmente en la etapa de levantamiento de la información.

Para esto se estima una cantidad de HH disponible para el apoyo, como se muestra a continuación:

**Tabla 24:** Cantidad horas estimada para apoyo.

16 meses
1500 HH

La hora promedio utilizada para el cálculo de las 1500 HH es de USD\$69.1

D. Costos indirectos (Papelería, insumos, etc.).

Existe un costo asociado a gestión del cambio. (Se asume un costo asociado a capacitación del personal, reuniones, campañas de marketing, demostraciones y presentaciones), este costo se encuentra incluido en el multiplicador de costo de cada colaborador.

## 7.2 Flujo de Caja

Para el enfoque del presente estudio, se utilizará la estrategia de la evaluación del flujo de caja en base a la diferencia entre la opción con proyectos y la sin proyectos, de esta forma nos enfocamos directamente en el delta entre los beneficios de ambos. Luego se sensibilizarán las variables fundamentales y se evaluarán dos escenarios, uno pesimista y otro optimista para sacar las respectivas conclusiones.

### Flujo de caja privado

El flujo de caja está dado por la diferencia entre los beneficios de la opción sin proyecto y la opción con proyecto, donde el beneficio corresponde a ese 5% de utilidades del año anterior, asociado al aumento de posibilidades de mayor para la organización por implementar el proyecto.

Datos relevantes:

El horizonte de evaluación corresponde a 16 meses.

El valor dólar de \$666 pesos.

Los flujos están en millones de pesos chilenos.

El capital de trabajo se estimó por el método del periodo de desfase, cuya fórmula sería:

$$\text{Capital de Trabajo} = \frac{\text{Meses de desfase}}{12 \text{ meses}} \text{Costo Operacional}_{\text{año 1}}$$

En este caso corresponde a los 4 meses en que no se recibirán beneficios, que equivale a \$27.569.185 CLP.

	MES 0	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6
Beneficios por aumento 5% Utilidades 2015	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 14,456,389	\$ 14,456,389
Costos de personal	\$ -	\$ 4,582,080	\$ 4,582,080	\$ 4,582,080	\$ 4,582,080	\$ 4,582,080	\$ 4,582,080
Costos de mantenimiento y soporte	\$ -	\$ 4,314,431	\$ 4,314,431	\$ 4,314,431	\$ 4,314,431	\$ 4,314,431	\$ 4,314,431
Depreciación	\$ -	\$ 11,111	\$ 11,111	\$ 11,111	\$ 11,111	\$ 11,111	\$ 11,111
Ganancia de Capital	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Interés	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
<b>Utilidad Antes de Impuesto</b>	\$ -	\$ -8,907,622	\$ -8,907,622	\$ -8,907,622	\$ -8,907,622	\$ 5,548,767	\$ 5,548,767
Impuesto a las empresas (22,5%)	\$ -	\$ -2,004,215	\$ -2,004,215	\$ -2,004,215	\$ -2,004,215	\$ 1,248,472	\$ 1,248,472
<b>Utilidad después de impuesto</b>	\$ -	\$ -6,903,407	\$ -6,903,407	\$ -6,903,407	\$ -6,903,407	\$ 4,300,294	\$ 4,300,294
Depreciación	\$ -	\$ 11,111	\$ 11,111	\$ 11,111	\$ 11,111	\$ 11,111	\$ 11,111
Ganancia de Capital	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
<b>Flujo Operacional</b>	\$ -	\$ -6,892,296	\$ -6,892,296	\$ -6,892,296	\$ -6,892,296	\$ 4,311,405	\$ 4,311,405
Inversión Fija	\$ 400,000	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Valor residual de los activos	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Capital de trabajo	\$ -27,569,185	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Recuperación del capital de trabajo	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Préstamo	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Amortización	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
<b>Flujo de Capitales</b>	\$ -27,169,185	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
<b>Flujo de Caja Privado</b>	\$ -27,169,185	\$ -6,892,296	\$ -6,892,296	\$ -6,892,296	\$ -6,892,296	\$ 4,311,405	\$ 4,311,405

**Figura 112.** Flujo de caja del delta entre alternativa con proyecto y sin proyecto para los primeros seis meses.

	MES 7	MES 8	MES 9	MES 10	MES 11	MES 12	MES 13	MES 14	MES 15	MES 16
Beneficios por aumento 5% Utilidades 2015	\$ 14,456,389	\$ 14,456,389	\$ 14,456,389	\$ 14,456,389	\$ 14,456,389	\$ 14,456,389	\$ 14,456,389	\$ 14,456,389	\$ 14,456,389	\$ 14,456,389
Costos de personal	\$ 2,863,800	\$ 2,863,800	\$ 2,863,800	\$ 2,863,800	\$ 2,863,800	\$ 2,863,800	\$ 2,863,800	\$ 2,863,800	\$ 2,863,800	\$ 2,863,800
Costos de mantenimiento y soporte	\$ 4,314,431	\$ 4,314,431	\$ 4,314,431	\$ 4,314,431	\$ 4,314,431	\$ 4,314,431	\$ 4,314,431	\$ 4,314,431	\$ 4,314,431	\$ 4,314,431
Depreciación	\$ 11,111	\$ 11,111	\$ 11,111	\$ 11,111	\$ 11,111	\$ 11,111	\$ 11,111	\$ 11,111	\$ 11,111	\$ 11,111
Ganancia de Capital	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Interés	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
<b>Utilidad Antes de Impuesto</b>	\$ 7,267,047	\$ 7,267,047	\$ 7,267,047	\$ 7,267,047	\$ 7,267,047	\$ 7,267,047	\$ 7,267,047	\$ 7,267,047	\$ 7,267,047	\$ 7,267,047
Impuesto a las empresas (22,5%)	\$ 1,635,085	\$ 1,635,085	\$ 1,635,085	\$ 1,635,085	\$ 1,635,085	\$ 1,635,085	\$ 1,635,085	\$ 1,635,085	\$ 1,635,085	\$ 1,635,085
<b>Utilidad después de impuesto</b>	\$ 5,631,961	\$ 5,631,961	\$ 5,631,961	\$ 5,631,961	\$ 5,631,961	\$ 5,631,961	\$ 5,631,961	\$ 5,631,961	\$ 5,631,961	\$ 5,631,961
Depreciación	\$ 11,111	\$ 11,111	\$ 11,111	\$ 11,111	\$ 11,111	\$ 11,111	\$ 11,111	\$ 11,111	\$ 11,111	\$ 11,111
Ganancia de Capital	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
<b>Flujo Operacional</b>	\$ 5,643,072	\$ 5,643,072	\$ 5,643,072	\$ 5,643,072	\$ 5,643,072	\$ 5,643,072	\$ 5,643,072	\$ 5,643,072	\$ 5,643,072	\$ 5,643,072
Inversión Fija	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Valor residual de los activos	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 222,222
Capital de trabajo	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Recuperación del capital de trabajo	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 27,569,185
Préstamo	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Amortización	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
<b>Flujo de Capitales</b>	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 27,791,407
<b>Flujo de Caja Privado</b>	\$ 5,643,072	\$ 5,643,072	\$ 5,643,072	\$ 5,643,072	\$ 5,643,072	\$ 5,643,072	\$ 5,643,072	\$ 5,643,072	\$ 5,643,072	\$ 33,434,479

**Figura 113.** Flujo de caja del delta entre alternativa con proyecto y sin proyecto del mes siete al diez y seis.

### Definición de la tasa de descuento

Se utilizó el modelo CAPM, el cuál asume una relación positiva entre el riesgo y la rentabilidad. Siendo Ri la rentabilidad esperada o exigida a las acciones, Rf la



rentabilidad del activo sin riesgo y  $R_m$  la rentabilidad anual del mercado de referencia de las acciones analizadas:

$$R_i = R_f + \beta (R_m - R_f) + \text{Riesgo País}$$

El componente beta correlaciona el riesgo del proyecto con el riesgo del mercado, es decir, la beta mide la rentabilidad del riesgo del retorno del proyecto ante las variaciones de la rentabilidad del mercado.

Es por eso que se calculará la tasa de descuento ajustada por el riesgo para evaluar el proyecto con los siguientes parámetros como se muestra a continuación:

- $R_f$  Tasa libre de riesgo nominal es de un 5,18% (anual). (Mensual 0.42%)
- $R_m$  Tasa rentabilidad nominal del mercado según el IPSA (40 acciones más transadas en Chile) tiene una rentabilidad de los últimos 25 años de un 14,4%. (Mensual 1.13%)
- $\beta$  Según los indicadores al 5 de enero del 2016 el beta para proyectos de desarrollo de software en países en vía de desarrollo, (sistemas y aplicaciones), es de 1.37. Al modelo se debe adicionar el riesgo a nivel país que es 0.7 para Chile.

Dado estos datos, el cálculo de la tasa de descuento da como resultado:

$$R_i + \text{Riesgo País Mensual} = 1.45$$

$$1.45 \% \text{ mensual, } 18.02\% \text{ anual}$$

El Costo de Oportunidad del Capital o Tasa de Descuento es de 1.45% mensual, con la cual calculamos el VAN del proyecto.

Indicadores financieros de evaluación

## VAN

Si se tiene una tasa de descuento del 1.45% mensual, un horizonte de evaluación de 16 meses y una inversión de más de 27 millones de pesos en el año 0, el VAN asociado al proyecto es:

$$\text{VAN} = \$24.169.573 \text{ CLP}$$

Se tiene que el VAN es  $> 0$ , por lo que el proyecto es conveniente, esto quiere decir:

El valor presente de los flujos futuros del proyecto (VAN), esta es la cantidad que aumenta la riqueza del accionista dado una tasa de descuento del 18% anual, 1,45% mensual, considerando el costo de oportunidad de similar riesgo.

Como es un proyecto tecnológico la tasa de descuento es elevada dado el riesgo asociado a estos tipos de proyectos.

## TIR

La TIR del proyecto es del 5% mensual, (79,6% anual), esto quiere decir que la rentabilidad efectiva de la inversión en el proyecto es mayor que la tasa de descuento que es de un 1.45%, por lo que el proyecto es conveniente.

### 7.3 Análisis de Sensibilidad

Se realizó una simulación de Montecarlo utilizando la herramienta Crystal Ball de Oracle, en donde las variables de la simulación fueron:

- Beneficios
- Costos de personal
- Costos de soporte
- Inversión

En donde se convirtieron las variables estáticas en probabilísticas, ya que se les asignó una distribución de comportamiento de la siguiente forma:

Beneficios – Distribución Normal

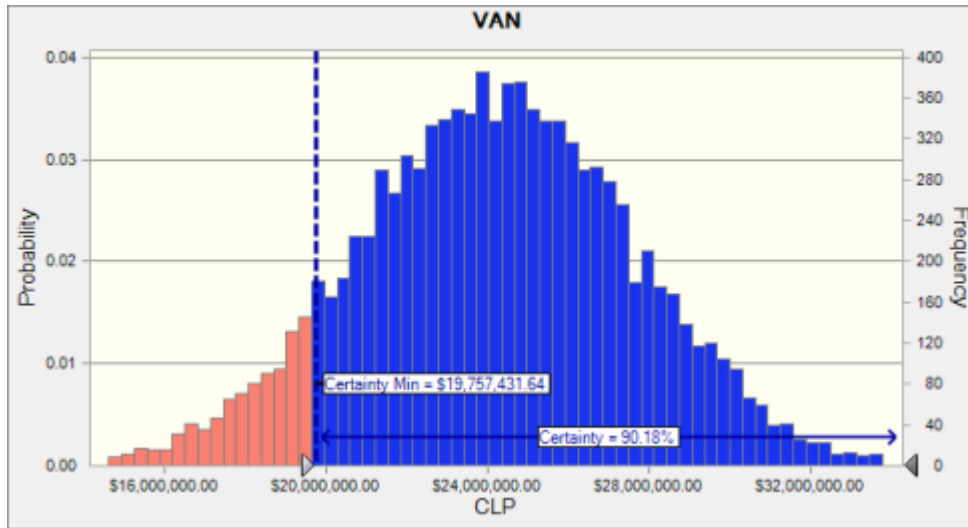
- ❑ Costos de personal – Distribución triangular con un margen de modificación de un 10% de aumento y un 10% de disminución.
- ❑ Costos de soporte – Distribución triangular con un margen de modificación de un 10% de aumento y un 10% de disminución.
- ❑ Inversión – Distribución triangular con un margen de modificación de un 10% de aumento y un 10% de disminución.

	MES 0	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6
Beneficios por aumento 5% Utilidades 2015	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 14,456,389	\$ 14,456,389
Costos de personal	\$ -	\$ 4,582,080	\$ 4,582,080	\$ 4,582,080	\$ 4,582,080	\$ 4,582,080	\$ 4,582,080
Costos de mantenimiento y soporte	\$ -	\$ 4,314,431	\$ 4,314,431	\$ 4,314,431	\$ 4,314,431	\$ 4,314,431	\$ 4,314,431
Depreciación	\$ -	\$ 11,111	\$ 11,111	\$ 11,111	\$ 11,111	\$ 11,111	\$ 11,111
Ganancia de Capital	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Interés	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
<b>Utilidad Antes de Impuesto</b>	\$ -	\$ -8,907,622	\$ -8,907,622	\$ -8,907,622	\$ -8,907,622	\$ 5,548,767	\$ 5,548,767
Impuesto a las empresas (22,5%)	\$ -	\$ -2,004,215	\$ -2,004,215	\$ -2,004,215	\$ -2,004,215	\$ 1,248,472	\$ 1,248,472
<b>Utilidad después de impuesto</b>	\$ -	\$ -6,903,407	\$ -6,903,407	\$ -6,903,407	\$ -6,903,407	\$ 4,300,294	\$ 4,300,294
Depreciación	\$ -	\$ 11,111	\$ 11,111	\$ 11,111	\$ 11,111	\$ 11,111	\$ 11,111
Ganancia de Capital	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
<b>Flujo Operacional</b>	\$ -	\$ -6,892,296	\$ -6,892,296	\$ -6,892,296	\$ -6,892,296	\$ 4,311,405	\$ 4,311,405
Inversión Fija	\$ 400,000	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Valor residual de los activos	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Capital de trabajo	\$ -27,569,185	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Recuperación del capital de trabajo	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Préstamo	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Amortización	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
<b>Flujo de Capitales</b>	\$ -27,169,185	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
<b>Flujo de Caja Privado</b>	\$ -27,169,185	\$ -6,892,296	\$ -6,892,296	\$ -6,892,296	\$ -6,892,296	\$ 4,311,405	\$ 4,311,405
1.45% VAN		\$24,169,573.40					

**Figura 114.** Análisis de sensibilidad del flujo de caja privado.

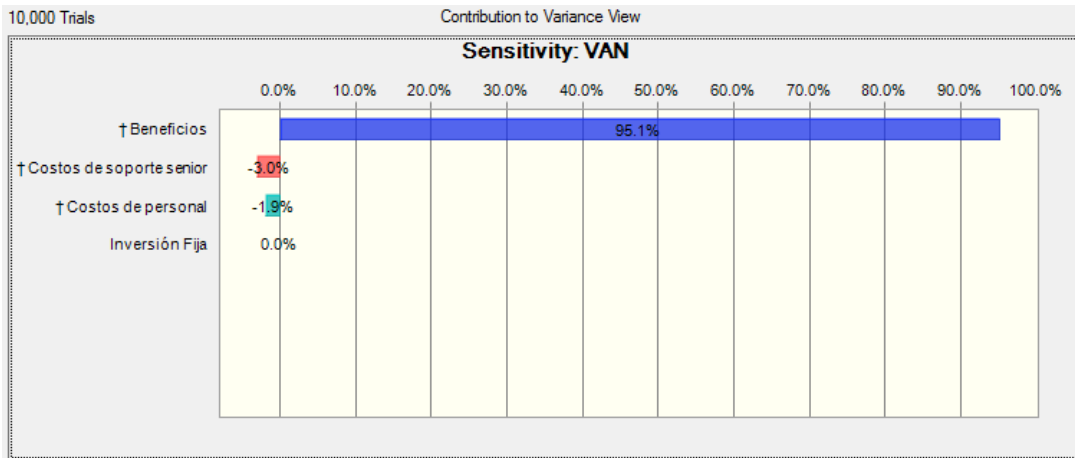
La variable de forecast utilizaremos para el análisis de riesgo es el VAN. Los resultados de la simulación con 10 mil iteraciones y un 90% de certeza fueron los siguientes:

Dado el comportamiento de las variables probabilísticas en la simulación de Monte Carlo con 10 mil iteraciones se puede afirmar que el VAN se encontrará entre los \$19.757.432 CLP a \$37.493.814 CLP, siendo nuestro caso base de un VAN de \$24.169.573 CLP.



**Figura 115.** Análisis de sensibilidad: VAN.

El análisis también arroja el grado de sensibilidad de las variables probabilísticas, en donde se observa que el comportamiento del modelo indica que sin lugar a dudas que la variable beneficios es la más sensible con un 95.1%.



**Figura 116.** Resultados de análisis de sensibilidad.

A continuación, se realizaron los análisis de escenarios pesimista y otro optimista, y al igual que el ejercicio anterior, se aplicó el análisis al delta flujos de caja, para la situación con proyecto menos la situación sin proyecto.

## Escenarios posibles

El análisis de estos escenarios se tomará en cuenta la disminución de la variable más sensible que nos arrojó la simulación anterior, esto quiere decir una disminución y un aumento de los beneficios.

Escenario 1: Pesimista (Beneficios asociados a un 4% de las utilidades del 2015)

Este escenario corresponde a un escenario recatado en donde el impacto de los beneficios asociados a las utilidades dados por la implementación del proyecto corresponde a un 4%. Los costos se mantienen constantes.

	MES 0	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6
Beneficios por aumento 5% Utilidades 2015	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 11,565,111	\$ 11,565,111
Costos de personal	\$ -	\$ 4,582,080	\$ 4,582,080	\$ 4,582,080	\$ 4,582,080	\$ 4,582,080	\$ 4,582,080
Costos de mantenimiento y soporte	\$ -	\$ 4,314,431	\$ 4,314,431	\$ 4,314,431	\$ 4,314,431	\$ 4,314,431	\$ 4,314,431
Depreciación	\$ -	\$ 11,111	\$ 11,111	\$ 11,111	\$ 11,111	\$ 11,111	\$ 11,111
Ganancia de Capital	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Interés	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
<b>Utilidad Antes de Impuesto</b>	\$ -	\$ -8,907,622	\$ -8,907,622	\$ -8,907,622	\$ -8,907,622	\$ 2,657,489	\$ 2,657,489
Impuesto a las empresas (22,5%)	\$ -	\$ -2,004,215	\$ -2,004,215	\$ -2,004,215	\$ -2,004,215	\$ 597,935	\$ 597,935
<b>Utilidad después de impuesto</b>	\$ -	\$ -6,903,407	\$ -6,903,407	\$ -6,903,407	\$ -6,903,407	\$ 2,059,554	\$ 2,059,554
Depreciación	\$ -	\$ 11,111	\$ 11,111	\$ 11,111	\$ 11,111	\$ 11,111	\$ 11,111
Ganancia de Capital	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
<b>Flujo Operacional</b>	\$ -	\$ -6,892,296	\$ -6,892,296	\$ -6,892,296	\$ -6,892,296	\$ 2,070,665	\$ 2,070,665
Inversión Fija	\$ 400,000	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Valor residual de los activos	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Capital de trabajo	\$ -27,569,185	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Recuperación del capital de trabajo	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Préstamo	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Amortización	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
<b>Flujo de Capitales</b>	\$ -27,169,185	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
<b>Flujo de Caja Privado</b>	\$ -27,169,185	\$ -6,892,296	\$ -6,892,296	\$ -6,892,296	\$ -6,892,296	\$ 2,070,665	\$ 2,070,665

Figura 117. Escenario pesimista Mes 0-6.

	MES 7	MES 8	MES 9	MES 10	MES 11	MES 12	MES 13	MES 14	MES 15	MES 16
Beneficios por aumento 5% Utilidades 2015	\$ 11,565,111	\$ 11,565,111	\$ 11,565,111	\$ 11,565,111	\$ 11,565,111	\$ 11,565,111	\$ 11,565,111	\$ 11,565,111	\$ 11,565,111	\$ 11,565,111
Costos de personal	\$ 2,863,800	\$ 2,863,800	\$ 2,863,800	\$ 2,863,800	\$ 2,863,800	\$ 2,863,800	\$ 2,863,800	\$ 2,863,800	\$ 2,863,800	\$ 2,863,800
Costos de mantenimiento y soporte	\$ 4,314,431	\$ 4,314,431	\$ 4,314,431	\$ 4,314,431	\$ 4,314,431	\$ 4,314,431	\$ 4,314,431	\$ 4,314,431	\$ 4,314,431	\$ 4,314,431
Depreciación	\$ 11,111	\$ 11,111	\$ 11,111	\$ 11,111	\$ 11,111	\$ 11,111	\$ 11,111	\$ 11,111	\$ 11,111	\$ 11,111
Ganancia de Capital	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Interés	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
<b>Utilidad Antes de Impuesto</b>	\$ 4,375,769	\$ 4,375,769	\$ 4,375,769	\$ 4,375,769	\$ 4,375,769	\$ 4,375,769	\$ 4,375,769	\$ 4,375,769	\$ 4,375,769	\$ 4,375,769
Impuesto a las empresas (22,5%)	\$ 984,548	\$ 984,548	\$ 984,548	\$ 984,548	\$ 984,548	\$ 984,548	\$ 984,548	\$ 984,548	\$ 984,548	\$ 984,548
<b>Utilidad después de impuesto</b>	\$ 3,391,221	\$ 3,391,221	\$ 3,391,221	\$ 3,391,221	\$ 3,391,221	\$ 3,391,221	\$ 3,391,221	\$ 3,391,221	\$ 3,391,221	\$ 3,391,221
Depreciación	\$ 11,111	\$ 11,111	\$ 11,111	\$ 11,111	\$ 11,111	\$ 11,111	\$ 11,111	\$ 11,111	\$ 11,111	\$ 11,111
Ganancia de Capital	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
<b>Flujo Operacional</b>	\$ 3,402,332	\$ 3,402,332	\$ 3,402,332	\$ 3,402,332	\$ 3,402,332	\$ 3,402,332	\$ 3,402,332	\$ 3,402,332	\$ 3,402,332	\$ 3,402,332
Inversión Fija	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Valor residual de los activos	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 222,222
Capital de trabajo	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Recuperación del capital de trabajo	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 27,569,185
Préstamo	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Amortización	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
<b>Flujo de Capitales</b>	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 27,791,407
<b>Flujo de Caja Privado</b>	\$ 3,402,332	\$ 3,402,332	\$ 3,402,332	\$ 3,402,332	\$ 3,402,332	\$ 3,402,332	\$ 3,402,332	\$ 3,402,332	\$ 3,402,332	\$ 31,193,739

Figura 118. Escenario pesimista Mes 7-16.

Beneficios: 138.781.334 CLP

VAN: \$1.024.297

TIR: 2% Mensual

Como se observa el delta VAN es positivo entre la situación con proyecto bajo condiciones pesimistas.

Escenario 2: Optimista (Beneficios asociados a un 8% de las utilidades del 2015)

Este escenario corresponde a un escenario optimista en donde el impacto de los beneficios asociados a las utilidades dados por la implementación del proyecto corresponde a un 8%. Los costos se mantienen constantes.

	MES 0	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6
Beneficios por aumento 5% Utilidades 2015	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 23,130,222	\$ 23,130,222
Costos de personal	\$ -	\$ 4,582,080	\$ 4,582,080	\$ 4,582,080	\$ 4,582,080	\$ 4,582,080	\$ 4,582,080
Costos de mantenimiento y soporte	\$ -	\$ 4,314,431	\$ 4,314,431	\$ 4,314,431	\$ 4,314,431	\$ 4,314,431	\$ 4,314,431
Depreciación	\$ -	\$ 11,111	\$ 11,111	\$ 11,111	\$ 11,111	\$ 11,111	\$ 11,111
Ganancia de Capital	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Interés	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
<b>Utilidad Antes de Impuesto</b>	\$ -	\$ -8,907,622	\$ -8,907,622	\$ -8,907,622	\$ -8,907,622	\$ 14,222,600	\$ 14,222,600
Impuesto a las empresas (22,5%)	\$ -	\$ -2,004,215	\$ -2,004,215	\$ -2,004,215	\$ -2,004,215	\$ 3,200,085	\$ 3,200,085
<b>Utilidad después de impuesto</b>	\$ -	\$ -6,903,407	\$ -6,903,407	\$ -6,903,407	\$ -6,903,407	\$ 11,022,515	\$ 11,022,515
Depreciación	\$ -	\$ 11,111	\$ 11,111	\$ 11,111	\$ 11,111	\$ 11,111	\$ 11,111
Ganancia de Capital	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
<b>Flujo Operacional</b>	\$ -	\$ -6,892,296	\$ -6,892,296	\$ -6,892,296	\$ -6,892,296	\$ 11,033,626	\$ 11,033,626
Inversión Fija	\$ 400,000	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Valor residual de los activos	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Capital de trabajo	\$ -27,569,185	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Recuperación del capital de trabajo	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Préstamo	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Amortización	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
<b>Flujo de Capitales</b>	\$ -27,169,185	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
<b>Flujo de Caja Privado</b>	\$ -27,169,185	\$ -6,892,296	\$ -6,892,296	\$ -6,892,296	\$ -6,892,296	\$ 11,033,626	\$ 11,033,626

Figura 119. Escenario optimista Mes 0-6.

	MES 7	MES 8	MES 9	MES 10	MES 11	MES 12	MES 13	MES 14	MES 15	MES 16
Beneficios por aumento 5% Utilidades 2015	\$ 23,130,222	\$ 23,130,222	\$ 23,130,222	\$ 23,130,222	\$ 23,130,222	\$ 23,130,222	\$ 23,130,222	\$ 23,130,222	\$ 23,130,222	\$ 23,130,222
Costos de personal	\$ 2,863,800	\$ 2,863,800	\$ 2,863,800	\$ 2,863,800	\$ 2,863,800	\$ 2,863,800	\$ 2,863,800	\$ 2,863,800	\$ 2,863,800	\$ 2,863,800
Costos de mantenimiento y soporte	\$ 4,314,431	\$ 4,314,431	\$ 4,314,431	\$ 4,314,431	\$ 4,314,431	\$ 4,314,431	\$ 4,314,431	\$ 4,314,431	\$ 4,314,431	\$ 4,314,431
Depreciación	\$ 11,111	\$ 11,111	\$ 11,111	\$ 11,111	\$ 11,111	\$ 11,111	\$ 11,111	\$ 11,111	\$ 11,111	\$ 11,111
Ganancia de Capital	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Interés	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
<b>Utilidad Antes de Impuesto</b>	\$ 15,940,880	\$ 15,940,880	\$ 15,940,880	\$ 15,940,880	\$ 15,940,880	\$ 15,940,880	\$ 15,940,880	\$ 15,940,880	\$ 15,940,880	\$ 15,940,880
Impuesto a las empresas (22,5%)	\$ 3,586,698	\$ 3,586,698	\$ 3,586,698	\$ 3,586,698	\$ 3,586,698	\$ 3,586,698	\$ 3,586,698	\$ 3,586,698	\$ 3,586,698	\$ 3,586,698
<b>Utilidad después de impuesto</b>	\$ 12,354,182	\$ 12,354,182	\$ 12,354,182	\$ 12,354,182	\$ 12,354,182	\$ 12,354,182	\$ 12,354,182	\$ 12,354,182	\$ 12,354,182	\$ 12,354,182
Depreciación	\$ 11,111	\$ 11,111	\$ 11,111	\$ 11,111	\$ 11,111	\$ 11,111	\$ 11,111	\$ 11,111	\$ 11,111	\$ 11,111
Ganancia de Capital	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
<b>Flujo Operacional</b>	\$ 12,365,293	\$ 12,365,293	\$ 12,365,293	\$ 12,365,293	\$ 12,365,293	\$ 12,365,293	\$ 12,365,293	\$ 12,365,293	\$ 12,365,293	\$ 12,365,293
Inversión Fija	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Valor residual de los activos	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 222,222
Capital de trabajo	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Recuperación del capital de trabajo	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 27,569,185
Préstamo	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Amortización	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
<b>Flujo de Capitales</b>	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 27,791,407
<b>Flujo de Caja Privado</b>	\$ 12,365,293	\$ 12,365,293	\$ 12,365,293	\$ 12,365,293	\$ 12,365,293	\$ 12,365,293	\$ 12,365,293	\$ 12,365,293	\$ 12,365,293	\$ 40,156,700

Figura 120. Escenario optimista Mes 7-16.

Beneficios: 277.562.669

VAN: \$93.605.402

TIR: 13% Mensual

Como se observa el delta VAN es positivo entre la situación con proyecto bajo condiciones optimistas.

### **Análisis general.**

El valor presente de los flujos futuros del proyecto (VAN), esta es la cantidad que aumenta la riqueza del accionista dado una tasa de descuento del 18,02% anual y un horizonte de evaluación de 16 meses, considerando el costo de oportunidad de similar riesgo. Como es un proyecto tecnológico la tasa de descuento es elevada dado el riesgo asociado a estos tipos de proyectos.

Como se observa el delta VAN es positivo en ambos escenarios, por lo que estamos en condiciones que el proyecto es conveniente.

Este beneficio asociado al proyecto en ambos escenarios está dado por ser más eficientes y efectivos, llegando a un Q más competitivo y por ende un precio final más atractivo para los clientes ( $P*Q$ ). Esta mejora en la tarifa final de la propuesta trae otros beneficios como:

- Un aumento del target objetivo del mercado, (la torta es mayor), mejorando las oportunidades de generar mayores negocios.
- Un aumento en la posibilidad de ganar más propuestas si el mercado lo permite.

### **Otra alternativa para generar mayores beneficios:**

Influir en el precio.

(Esta opción escapa del estudio, pero es una práctica que debe ser evaluada por la compañía, por lo que se describirá a continuación).

La estrategia de influir en el precio (P) significa modificar una de las variables que lo componen, estas son el sueldo base, burden y el overhead.

La organización ha tomado algunas medidas para ajustarse al mercado, (como disminuir un 10% a los salarios más altos), pero un mayor cambio significaría prácticamente reinventarse. Algunas de las medidas que pueden ser tomadas para realizar esta disminución de P serían:

- Disminuir el sueldo base del personal
- Influir en el burden (Modificar beneficios actuales como seguros, eliminar el décimo tercer sueldo, etc.)
- Disminuir el overhead (Despedir personal, modificar las jornadas laborales, recontractar con un % menor de sueldo, disminuir la cantidad de jefaturas, etc.)

Una medida directa en la disminución del OVH, sería un impacto directo a la disminución del P, dado que actualmente el OVH representa el 57% del multiplicador.

El resultado esperado sería una disminución considerable del valor final de la propuesta. Posiblemente esta alternativa tendrá un potente impacto en la probabilidad de la organización de aumentar las propuestas ganadas.

Como nota aparte: Después de implementado el proyecto, el resultado de su implementación puede ser una influencia indirecta en la modificación del P, generando mayor posibilidad de adjudicación de proyectos (ventas) y, por ende, posiblemente el personal tendría una mayor ocupación en las propuestas adjudicadas, lo que significaría una reducción del overhead y posiblemente generará una disminución indirecta en el multiplicador de break even cost. Esta disminución hace que se reduzca el valor de la HH que necesita la compañía para cubrir el costo total del empleado. Una vez que se agregue el fee el valor del multiplicador de venta será menor y por ende más competitivo en el mercado. Esta disminución pasará a ser un beneficio futuro extra asociado al rediseño de procesos del departamento, puesto que supuestamente influirá en el aumento del wining rate, (el cual actualmente es de un 10% (2016)).



## CAPÍTULO 8: CONCLUSIONES

---

En el sector minero es esencial poder adaptarse a un mercado cambiante controlado por variables volátiles y estructuras legales que lo norman, en donde es necesario contar con conocimientos del negocio que permitan disminuir el riesgo y faciliten la toma de decisiones estratégicas.

Los ingresos de la organización están dados por la cantidad de proyectos que se realizan. La principal razón por la que el departamento de desarrollo de negocios de la organización toma una gran importancia es porque principalmente de él depende generar proyectos que sustenten a la organización, mediante las propuestas de negocios que se conviertan en proyectos de ingeniería.

Para apoyar a la organización a ser más competitiva, generando una diferenciación en el mercado se realizó este estudio que consiste en un rediseño de los procesos del negocio con un apoyo tecnológico, el cuál buscó demostrar, mediante un prototipo, la factibilidad de aplicar una solución que busque otorgar mejores probabilidades de ganar propuestas mediante una mejor la gestión del departamento, utilizando de mejor manera los recursos y el conocimiento disponible.

Los conocimientos adquiridos durante el magister de ingeniería de negocios con tecnologías de la información, permitieron generar un estudio sólido, en donde se aborda la problemática de los procesos de negocios dado los patrones de procesos de negocios que nos apoyan como un inicio estructurado, que una vez instanciado en la organización, nos permite obtener una radiografía de la situación actual basada en un contexto cierto, y desde ahí, buscar el mejor rediseño modelando las actividades que deben componer la solución, cubriendo la necesidad que la organización busca, apoyada por la solución tecnológica que aplica la inteligencia de negocios en base a un modelo de minería de datos basado en clasificación y una plataforma que apoye el modelo. El poner en práctica los conocimientos adquiridos permitió realizar un correcto planteamiento a nivel de procesos antes de proponer una solución, también permitió diseñar un enfoque ordenado de búsqueda de posibles soluciones de negocio con apoyo TI, y entender que las buenas

prácticas no nacen de ideas sin sustento, se basan a través de experiencias reales y necesidades no cubiertas.

## **8.1 El prototipo y mejoras en la organización**

Apoyar con una herramienta tecnológica las labores del personal de la empresa es un aporte en la visibilidad, el control, el orden y la toma de decisiones que mejoran la operatividad y apoyan directamente a una mejor forma de alcanzar los objetivos establecidos. En el caso de la minería de datos en particular, se convirtió en un aporte al generar visibilidad y limpieza en los datos, generando transparencia y claridad en la información del proceso de generación de propuestas. Bajo este contexto se generó un prototipo para aplicar dentro del departamento de desarrollo de propuestas de negocios. El prototipo principalmente tuvo como objetivo aplicar el un modelo de clasificación a los datos de la organización, logrando mejorar la posibilidad de generar propuestas más certeras y acotadas y así adjudicarlas para la organización. Otro objetivo de la implementación de este prototipo con datos reales es que la empresa tome la decisión de llevar a cabo el estudio a un nivel macro, implementando el proyecto en un ambiente de producción con un alcance total, lo que conlleva una dificultad y envergadura mayor.

El desempeño de los algoritmos con datos históricos del 2014 al 2016 mostraron una certeza en la predicción de categorías de un 87,15% para el modelo de redes neuronales y un 99,54% de certeza en la clasificación para el caso del modelo de random forest. Cuando se llevó a pruebas con dos proyectos en ejecución, los resultados fueron aún mejores, siendo el mejor resultado para el algoritmo de clasificación de redes neuronales de un 89,2% y para el caso del algoritmo de clasificación de random forest de un 100%.

Durante el proceso del desarrollo del estudio se generó un estándar de entregables de ingeniería en la empresa que anteriormente no existía, el cuál sirvió como base para para el presente estudio, ya que se genera un marco de acción muy específico que apoya a los analistas e ingenieros a tomar decisiones con mayor fundamento, dando como posible resultado una generando mayor posibilidad de adjudicación de proyectos y por ende, posiblemente el personal tendría una mayor ocupación en las propuestas ganadas.

Los buenos resultados y la generación de importantes mejoras como la generación de un estándar con el apoyo de todo un equipo de ingenieros multidisciplinarios, posicionó el estudio como un importante aporte a la operación local. Se concluye que el proyecto llevado a producción es factible y corresponde a un apoyo fundamental para los analistas y toda la organización.

## **8.2 Evaluación de proyecto.**

El proyecto permite mejorar la posibilidad de ganar propuestas mediante disponer de un modelo de clasificación en base a un algoritmo entrenado.

En base a resultado del prototipo en la organización se evaluó expandir el proyecto a toda la organización dando como resultado de la evaluación que el proyecto de rediseño es viable. Principalmente apoya la meta fijada por la organización de generar un 5% de aumento de las utilidades en relación al año 2015, se obtiene un beneficio posible de 173.476.668 CLP anuales, este beneficio está dado por ser más eficientes y efectivos, llegando a un Q más competitivo y por ende un precio final más atractivo para los clientes ( $P*Q$ ). Esta mejora en la tarifa final de la propuesta trae otros beneficios como:

- Un aumento del target objetivo del mercado, (la torta es mayor), mejorando las oportunidades de generar mayores negocios.
- Un aumento en la posibilidad de ganar más propuestas si el mercado lo permite.

En relación al análisis económico del proyecto se tiene que el valor presente de los flujos futuros del proyecto es positivo, por lo que el proyecto es viable. La riqueza del accionista aumenta en \$24.169.573 CLP, dado una tasa de descuento del 1.45% mensual y un horizonte de evaluación de 16 meses, considerando el costo de oportunidad de similar riesgo.

La TIR del proyecto es del 5%, esto quiere decir que la rentabilidad efectiva de la inversión en el proyecto es mayor que la tasa de descuento que es de un 1.45% mensual, por lo que el proyecto es conveniente.

### **8.3 Efectos del proyecto en la organización**

La ingeniería de negocios aporta enormemente en facilitar el diseño del negocio y la arquitectura necesaria para que la organización diseñe los procesos de trabajo que permitan lograr buenos resultados y agregar valor a toda la organización. Para lograr lo anterior se deben instanciar patrones de negocios, macroprocesos, que entregan referencia de que debe componer u negocio para alcanzar análisis y resultados esperados. Los efectos positivos del rediseño de procesos que sugiere el presente estudio se pueden medir principalmente a corto y largo plazo y en forma de tangibles e intangibles.

A corto plazo se tiene los siguientes efectos:

- Un efecto es el impacto en la percepción colectiva de los colaboradores de la organización, ya que es una poderosa señal mostrar que cualquier colaborador puede aportar a la organización, independiente de la posición que posea, dado que se trabaja en solucionar actuales problemas que afectan a todos en la organización, este fenómeno comunicacional es beneficioso para la cultura organizacional existente.
- Los trabajadores directos que sean afectados por el proyecto verán que sus opiniones fueron escuchadas y tomadas en cuenta al momento de generar nuevas formas de hacer las cosas, en un esfuerzo por mejorar los procesos existentes en la organización, transparencia y mejores prácticas.
- La imagen de la organización se ve beneficiada, ya que si bien para el cliente es transparente el cómo logramos cumplir con las metas, siempre es bueno mostrar que la organización está constantemente generando valor e intenta mejorar sus procesos que se verán reflejados en una mejor manera de hacer las cosas.

A largo plazo se describen estos otros efectos:

- Una mejor gestión dentro de los departamentos que tienen directa relación con el cliente y son parte de la cadena de valor deberá verse reflejado en la

performance al administrar la cartera de proyectos por parte de las gerencias generales y en la cantidad de proyectos adjudicados, resultando en un mayor ingreso para la organización y participación en el mercado.

- La confianza de nuestros clientes es fundamental para la organización y al hacer mejor las cosas esta confianza se ve reforzada ya que se profesionaliza aún más la organización y sus empleados.
- Mayores ingresos permitirán tener más posibilidades de crecimiento de la organización y parte de estos beneficios debieran verse reflejados hacia sus empleados, beneficiando a ambas partes.
- Mejores decisiones a nivel gerencial es clave en el éxito y cumplimiento de los objetivos fijados por la dirección.

El desarrollo del proyecto viene a ayudar a la organización a ser más competitiva en el mercado, beneficiándola al generar flujos de información dentro de los procesos, que sean utilizados en desarrollar mejores propuestas de negocios, logrando llegar a un resultado final en el precio de las propuestas más competitivo, aumentando las probabilidades de ganar propuestas. La implementación de un modelo matemático de minería de datos que apoye a una mejor gestión de las propuestas es clave para generar mejoras en el departamento de negocios y en el proceso de generación de propuestas.

En términos generales se puede concluir que los resultados obtenidos desde el punto de vista del negocio fueron altamente satisfactorios puesto que las pruebas realizadas en base al histórico de proyectos balanceados, luego el set de datos históricos desbalanceados y las dos pruebas en proyectos reales que se encontraban activos nos demuestra que los modelos funcionaron, destacándose el modelo de Random Forest por sus excelentes resultados. Existe la completa confianza que llevando el rediseño de procesos a la organización se generará un aumento considerable en las posibilidades de generar mayor posibilidad de ganar más propuestas, dado la relevancia que adquiere esta herramienta para el analista de propuestas.

A siguiente tabla muestra los resultados obtenidos y los logros alcanzados al implementar el prototipo en la organización.

**Tabla 25:** Cumplimiento de los objetivos.

ITEM	DESCIPCIÓN	RESULTADO
Objetivo General	Generar un 26% o más la cantidad de propuestas ganadas a diciembre del 2016	En caso de ser implementado en la organización y en base a resultados del prototipo y la evaluación del proyecto se estima se hubiese generado un aumento entre un 2% y 5% en las propuestas ganadas.
Objetivo Específico	Generar un 20% o más de retención de conocimiento en base a los proyectos realizados a diciembre del 2016	Se generó un estándar oficial para Chile y Perú, se disminuyó tareas que no generaban valor en distintos procesos y se instauraron reuniones de lecciones aprendidas durante el estudio. Se estima un aumento en la retención de un 35%.
Objetivo Específico	Ganar al menos 800.000 MH en proyectos dentro del año 2016 para proyectos de minería y metales Chile.	Logrado, resultado no directamente asociado al estudio
Objetivo Específico	Adjudicar un 20% más de proyectos sobre 5 M \$USD dentro del año 2016 con respecto al año 2015 en proyectos de minería y metales Chile.	Logrado, resultado no directamente asociado al estudio
Objetivo Específico	Generar ingresos totales en al menos un 10% superior a los obtenidos el año 2015 en proyectos de minería y metales Chile.	Al finalizar el estudio a fines del 2016, la organización generó un aumento de sus ingresos en relación al año anterior, los cambios en los procesos, la visibilidad lograda, el repositorio de información y la generación de estándar en la organización influyó positivamente en el logro de este objetivo.
Objetivo Específico	Analizar la viabilidad de implementar el proyecto en la organización de forma permanente	Se generó una evaluación del proyecto de rediseño de procesos de negocios en base a distintos escenarios, siendo positivo el resultado con un VAN >0, por lo que es factible.
Objetivo Específico	Desarrollar e implementar las pruebas funcionales con datos reales de proyectos.	Se generó un prototipo con dos modelos de excelente desempeño, seleccionándose el modelo de clasificación de Random Forest.
Objetivo Específico	Mejorar la estimación de HH por cada propuesta, utilizando la experiencia	El modelo de clasificación genera una certeza sobre un 90% en la categorización de la cantidad de HH por tipo de entregable para las distintas fases de los proyectos

## 8.4 Lecciones aprendidas

Durante el transcurso del proyecto surgieron varias experiencias y problemáticas que tienen relación al importante impacto que el estudio generó en la organización, dado que por primera vez se observaron procesos, tareas que tenían ningún nivel de automatización o se realizaban sin mayor tecnología, lo que permitió ver la enorme cantidad de oportunidades de mejora en la forma de hacer las cosas. Otro punto importante es que se ordenaron muchas tareas y se generaron mejores prácticas para ciertos procesos reiterativos. Un resumen de los principales tópicos claves que generaron que el presente estudio fuese todo un éxito, están englobados en las siguientes lecciones aprendidas:

- Los proyectos deben apoyarse con un proceso de gestión del cambio desde un principio.
- La comunicación es fundamental, el generar marketing del proyecto y el lobby con las autoridades de la empresa aumentan las posibilidades de éxito.
- En todo proceso de cambio se deben integrar todas las personas que tengan algún grado de participación, dado que las personas son el motor fundamental de toda organización.
- Se debe identificar los roles estratégicos en las organizaciones, me refiero a personas con cierta influencia en resultado del éxito del proyecto, líderes y actores que pueden ser un riesgo para el proyecto. El sumar a los actores claves de cada área en el proyecto, es fundamental, dado que la motivación y el hacerlos parte es una ventaja para el apoyo del proyecto y en las posibilidades de éxito de este.
- Tomar en cuenta la gestión del cambio dentro de los departamentos como un proyecto en paralelo, que se debe trabajar día a día dada su gran importancia en el éxito de la iniciativa.
- Fomentar la participación de los involucrados en el proyecto para que éstos aporten su visión de las lecciones aprendidas y sus ideas.

- Publicar avances, para que todos los involucrados en el proyecto conozcan su contenido.
- Generar comunicación y marketing entre las áreas para que exista un apoyo al proyecto y siempre esté presente apoyando a la estrategia de la organización.
- Generar minutas y seguimiento a los participantes, visibilidad de los resultados y accesibilidad a la información, para así asegurarse de que la organización y los equipos de trabajo puedan disponer cuando sea necesario.

## **8.5 Trabajos futuros**

Dentro del desarrollo del presente estudio existieron actividades que no se completaron, pero que forman parte de la implementación a nivel corporativo del proyecto y también oportunidades que surgieron, que en un principio no habían sido detectadas o se generaron en base a los múltiples cambios y mejoras que se realizaron en la organización. Entre los posibles trabajos futuros se pueden destacar:

- Mejorar la visibilidad de los proyectos en la organización, aumentando los procedimientos y el registro de la información dentro del repositorio de información y conocimiento generado.
- Mayor control, limpieza en los datos de proyectos para alimentar el modelo y seguir mejorando los resultados.
- Aumentar la seguridad de la información en base a una política de seguridad corporativa.
- Maximizar la cantidad de lecciones aprendidas en los proyectos, alimentando el ciclo de información para gestionar el conocimiento en la organización.
- Implementar el modelo de clasificación en la organización de manera indefinida.
- Seguir iterando y ajustando el modelo a la realidad del negocio.
- Desarrollar aplicaciones que se basen en el modelo y generen aún más apoyo a los analistas de negocios.
- Mejorar aún más los estándares de ingeniería en base a entregables y horas hombre asociadas a los entregables.



En resumen, el estudio fue completamente exitoso, dado que logró superar el objetivo principal de aumentar la posibilidad de generar mayor grado de éxito en la adjudicación de propuestas, se generaron cambios importantes en la organización que ayudaron a cerrar un año exitoso en la rentabilidad en comparación al año anterior y mejoraron el desempeño de roles claves dentro de la estructura funcional. Se logró demostrar a las autoridades de la organización, que, si se trabaja en equipo, se apoya el talento y liderazgo que poseen sus trabajadores, se generan los espacios para debates y ambientes de desarrollo, se entregan las herramientas para apoyar procesos claves y se empodera al equipo correcto, se pueden lograr mejoras sustanciales en los procesos de las organizaciones y en el clima organizacional.

## CAPÍTULO 9: BIBLIOGRAFÍA

---

- [1]. Davenport, T. H. & Dyché, J (2013). Big Data in Big Companies. Boston, Massachusetts, SAS Institute Inc.
- [2]. Crisis del cobre obliga a cerrar a 200 pequeños proveedores de Enami  
Recuperado de <http://www.emol.com/noticias/Economia/2016/02/14/788240/Crisis-del-cobre-deja-sin-trabajo-a-al-menos-1400-personas-y-obliga-a-cerrar-a-pequenos-mineros.html>
- [3]. Muñoz, L., Mazón, J.N, Trujillo, J. (2010) Systematic Review and comparison of modeling ETL processes in Data Warehouse. Santiago de Compostela, Spain. Information Systems and Technologies (CISTI), 2010 5th Iberian Conference on Information Systems and Technologies.
- [4]. Nestorov, S. & Jukić, N. (2003) Ad-Hoc Association-Rule Mining within the Data Warehouse. Big Island, HI, USA, USA. Proceedings of the 36th Annual Hawaii International Conference on System Sciences.
- [5]. Sharma, S. & Kweku-Muata, O.B. (2008) Organization-Ontology Based Framework for Implementing the Business Understanding Phase of Data Mining Projects. Virginia Commonwealth University.
- [6]. Shital, L. & Bora, P. (2011). Data Mining and Ware Housing. Kanyakumari, India. Department of Computer Science and Application, Sardar Patel College.
- [7]. Yanling, C. (2013). Evaluation and Empirical Research on the Performance of Enterprise Knowledge Collaboration Management Based on Knowledge Collaboration Process. Xi'an, China.
- [8]. Davis, J., Subrahmanian, E., Westerberg, A. (2005) Knowledge Management-Organizational and Technological Dimensions. Springer Science & Business Media.

- [9]. Barros, O. (2015). Ingeniería de Negocios: Diseño Integrado de Servicios, sus Procesos y Apoyo TI. Santiago de Chile.
- [10]. Han, J., Kamber, M., Pei, J. (2011) Data Mining-Concepts and Techniques. Elsevier Inc.
- [11]. North, K. & Kumta, G. (2014) Knowledge Management-Value Creation Through Organizational Learning. Heidelberg Springer
- [12]. Snowden, D. (2002) Third Generation KM: Separating Content, Narrative, Context. IBM.
- [13]. Canals, A., La gestión del conocimiento (2003). Recuperado de <http://www.uoc.edu/dt/20251/>
- [14]. Yepes, V., ¿Qué es y para qué sirve una red neuronal artificial? (2017). Recuperado de <http://victoryepes.blogs.upv.es/2017/01/07/que-es-y-para-que-sirve-una-red-neuronal-artificial/>
- [15]. IN71J Diseño de Modelos y Procesos de Negocios con TI - (2011). Recuperado de [https://www.u-cursos.cl/ingenieria/2011/1/IN71J/1/material\\_docente/](https://www.u-cursos.cl/ingenieria/2011/1/IN71J/1/material_docente/)
- [16]. Minería Chilena (CBS) (2016). Recuperado de <http://www.mch.cl/2016/06/20/cbc-inversion-minera-prevista-para-2016-2020-llega-a-menor-nivel-en-8-anos/>
- [17]. Sitio Web del Consejo Minero. Reporte anual (2015). Recuperado de <http://www.consejominero.cl/chile-pais-minero/panorama-economico-de-la-mineria/>
- [18]. Mayol, A. Calidad de vida en zonas mineras: La Mirada estructural (2015). Recuperado de <http://slideplayer.es/slide/10231270/>
- [19]. Altmann, A., Tolosi, L., Sander, O., Lengauer, T. (2010). Permutation importance: a corrected feature importance measure. Recuperado de <https://academic.oup.com/bioinformatics/article-lookup/doi/10.1093/bioinformatics/btq134>

- [20]. Castillo N., (2015). Técnicas de Machine Learning para el Post-Proceso de la predicción de la Irradiancia. Recuperado de [http://masteres.ugr.es/moea/pages/curso201415/tfm1415/tfm\\_castillo\\_gonzalez\\_nuriav/](http://masteres.ugr.es/moea/pages/curso201415/tfm1415/tfm_castillo_gonzalez_nuriav/)
- [21]. Bustamante, A. (2008) Uso de tic para el rediseño de procesos y la gestión del conocimiento en empresas pequeñas y medianas. Recuperado de <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/101956>
- [22]. Breiman, L. (2001). Random Forests. Machine Learning 45 (1): 5–32.
- [23]. Garrido N, (2015) Tesis MBE: Mejora en los procesos de planificación, control y monitoreo del servicio de urgencia del hospital clínico de la universidad de chile. Recuperado de <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/132689/Mejora-en-los-procesos-de-planificacion-control-y-monitoreo-del-servicio-de-urgencia-de....pdf?sequence=1>
- [24]. Pedroza Del Toro, E.M. (2015) Rediseño del proceso informe favorable para la construcción (cambio de uso de suelo y subdivisiones prediales) incorporando gestión del conocimiento para las secretarías regionales ministeriales de agricultura (seremis) de la subsecretaria de agricultura de Chile. Recuperado de <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/137782>
- [25]. Vargas Perez, E. G. (2012) Diseño de línea de trabajo para el desarrollo de consultorías e integración tecnológica apoyada en gestión de conocimiento en I2B Technologies. Recuperado de <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/102781>
- [26]. Vásquez Barría, D. A. (2012) Rediseño del proceso para la producción de defensa incorporando gestión del conocimiento para el Ejército de Chile. Recuperado de <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/115176>
- [27]. Inversión minera prevista para 2015 y 2017 baja en más de US\$ 3 mil millones. Recuperado de <http://www.economiaynegocios.cl/noticias/noticias.asp?id=121410>
- [28]. Villalón, X. (2010) Arnoldo Hax: el cliente debe ser el centro de la estrategia de negocios. Recuperado de: <http://www.uc.cl/la-universidad/noticias/1957-arnoldo-hax-el-cliente-debe-ser-el-centro-de-la-estrategia-de-negocios>

## CAPÍTULO 10: ANEXOS

---

### **ANEXO A: Introducción a la Gestión del Cambio**

Actualmente, debido principalmente a razones como desinformación, desorganización y falta de foco en lo realmente importante, se tiene que alrededor de un 70% de los proyectos fracasa (Fuente: Modelo de Gestión del Cambio – Eduardo Olguín), generando indeseadas consecuencias a nivel económico, organizacional, humano, etc. En otras palabras, de lo anterior se puede desprender que, bajo los paradigmas actuales comúnmente usados para afrontar un proyecto, se tiene una probabilidad de un 70% de fracasar.

Por esto, al emprender el desafío de desarrollar un proyecto, ya sea a nivel individual o colectivo (organizacional, institucional, etc.), e independientemente de su naturaleza, se debe tener en cuenta que existe un proceso de cambio derivado de su implementación, el cual es esencial poder gestionar adecuadamente en pos de un resultado exitoso, debiendo para ello tomar decisiones y llevar a cabo diversas acciones que conllevan modificaciones y/o conservaciones respecto a la situación base previa al momento de idear el proyecto y comenzar el respectivo proceso de cambio, existiendo distintos procesos y responsabilidades en torno a dichas decisiones y acciones. Dicho esto, es importante poder evaluar e identificar cuál será el impacto de estos cambios en las áreas de negocio y, principalmente, en las personas involucradas, de manera de poder monitorear, gestionar e impulsar sus desempeños tanto individuales como colectivos en beneficio tanto de ellos mismos como del proyecto.

Si bien en algunas ocasiones los procesos de cambio en las organizaciones se comportan de forma natural, pasando desapercibidos y sin presentar mayores dificultades durante su desarrollo, en muchos otros casos ocurre todo lo contrario, donde en base a aspectos como el nivel de complejidad del proyecto (estratégicos), los procesos y/o áreas que afecta y las personas que se ven involucradas, surgen diversas dificultades provenientes de la cultura organizacional, resistencias al cambio, intereses colectivos, intereses individuales, cuyo origen principal radica en dichas personas,

quienes lejos de actuar como recursos habilitadores y facilitadores de los cambios del proceso, representan dificultades o impedimentos a su desarrollo.

En este sentido, para diseñar y aplicar exitosamente cualquier procesos de cambio ya sea individualmente o al interior de una organización, es de suma importancia determinar adecuadamente su propósito y las diferentes estrategias, planes y acciones a llevar a cabo en torno a este, teniendo siempre presente la relevancia del contexto en el que se desarrolla, los distintos aspectos y dimensiones involucradas, y las dinámicas humanas que lo rodean, de manera de identificar las condiciones necesarias para lograr llevar el proceso a la práctica de la mejor manera posible; siendo necesario para ello lograr gestionar, además de recursos temporales, económicos, de infraestructura, etc.; recursos humanos, lo cual es de suma importancia a la hora de alcanzar éxito del proceso de cambio debido a que, en última instancia, son las personas quienes llevan a cabo el proyecto y toman las decisiones en torno a este ya sea individualmente o en conjunto.

Por ello, y dada la complejidad intrínseca de los seres humanos y la enorme variedad de habilidades, personalidades, intereses, etc.; potencialmente existentes entre quienes se vean involucrados ya sea directa o indirectamente en un proyecto, el gestionarlo visto como un proceso de cambio enfocado en las personas se convierte en algo crítico y es ahí donde entra en juego la Gestión del Cambio al establecer diversas directrices que resultan claves para abordar cualquier proyecto, enfocándose en las personas involucradas, sus características, sus roles y las relaciones entre ellas.

Finalmente, la Gestión del Cambio como metodología, permite comprender profundamente las dinámicas de funcionamiento y la cultura organizacional en torno a un proyecto, así como las personas involucradas y sus realidades individuales y colectivas, con el fin de que los cambios y los nuevos procesos puedan ser abordados desde el mejor ángulo posible, garantizando una mejor respuesta a estos y mejorando sustancialmente las opciones de éxito.

**Problemáticas que aborda la gestión del cambio.**

Dentro de los proyectos que hoy existen en las organizaciones, uno de los problemas principales es generar los cambios a nivel organizacional, donde muchas veces la resistencia y la incertidumbre llevan a que estos se aborden en base al impacto que generan. Esto quiere decir, definidos por su taxonomía, que pueden ser cambios de primer orden (aprendizaje técnico), o de segundo orden (aprendizaje transformacional), siendo su influencia en las personas y la cultura, el principal foco a tratar.

El gran desafío que existe es cómo llegar a lograr resultados a partir de los cambios y que las personas no se sientan invadidas. Esto no es un proceso trivial, puesto que el principal recurso para hacer exitoso el proceso es el recurso humano dentro de la organización, siendo las personas las principales afectadas y, de igual forma, las principales cooperadoras para que esto se lleve a cabo de una manera satisfactoria. En este sentido, es de suma importancia considerar la realidad y la dinámica de funcionamiento de las organizaciones y sus líneas de negocio desde el punto de vista de las personas que las componen, de manera de enfrentar de la mejor manera posible el periodo de shock, resistencia y aceptación racional, y de esta forma amortiguar de mejor manera el Valle de la Tristeza, el cual es eventualmente inevitable, pero sin embargo posible de reducir su impacto, para lo cual resulta relevante actuar de manera proactiva y poseer las herramientas y metodologías idóneas.

En este sentido, la Gestión del cambio busca dar respuesta a cuatro preguntas fundamentales:

¿Quiénes son las personas y/o actores involucrados?

Busca establecer y conocer a todas las personas o actores en mayor o menor medida involucrados en un proyecto o proceso de cambio (o afectados directa o indirectamente por este), estableciendo quiénes son, sus gustos, habilidades, roles, costumbres, responsabilidades y metas; sus pensamientos, preocupaciones, aprehensiones y opiniones en torno al proyecto; y las relaciones entre ellas.

¿Cuál es el potencial impacto que tendría el proyecto?

Busca establecer los efectos directos o indirectos que podrían tener las distintas decisiones en torno al proceso de cambio tanto a nivel organizacional como personal, para lo cual es de suma importancia conocer la respuesta a la pregunta anterior.

¿Qué dejar?

Esta es una de las preguntas más importantes a responder en torno a cualquier proceso de cambio, resaltando la importancia en definir qué dejar o mantener antes de establecer qué cambiar.

¿Qué tipo de proceso de cambio se llevará a cabo?

La Gestión del Cambio establece dos tipos de cambio a llevar a cabo por las personas durante un proceso de cambio: de primer orden o de orden técnico y de segundo orden o de orden transformacional; siendo el segundo mucho más complejo que el primero.

Diagnóstico (Rediseño de Procesos de Negocio con TI)

Todo proceso de cambio y de conservación tiene un objetivo a lograr, pero es importante destacar el movilizador o la razón de fondo de por qué se está llevando a cabo el cambio, el porqué de estas modificaciones y sus efectos [21]. Normalmente, se encuentran en las organizaciones prácticas metamorfoseadas, las cuales iniciaron de una manera ordenada y coordinada, pero debido al tiempo y a los múltiples cambios inadecuados o no debidamente gestionados, fueron mutando hasta llegar a ser prácticas no convenientes o que no se adecúan a las necesidades ni de la organización ni de las personas involucradas, pudiendo ser potencial foco de un proceso de cambio. Luego de ello, lo primero que se debe abordar es cómo estas prácticas están siendo realizadas, por qué se realizan y luego ver la alternativa de menos impacto para cambiarlas. Teniendo la información de dirección de cambio, es importante tener diferentes visiones de las prácticas actuales con las prácticas objetivo. Una herramienta interesante mencionada en la literatura del curso es la matriz de cambio, la cual ayuda a tener una visibilidad del grado de dificultad para llegar desde el estado actual hasta el que se desea alcanzar.



En base a lo anterior y a lo mencionado en las secciones previas, se tiene que cuando de generar cambios de procesos, cambios y rutinas, potencialmente surgen miedos, temores, inseguridades e incertidumbre en el o los individuos involucrados y/o afectados, tanto a nivel personal como colectivo; que surgen de las distintas responsabilidades y decisiones que se deben tomar, así como del impacto directo o indirecto que ellas tendrán (nuevas exigencias, cambios de roles, cambios de responsabilidades, etc.), siendo de suma importancia las habilidades, el liderazgo, comunicación, control, el escuchar, y gestionar actividades al interior de los equipos de trabajo y entre los actores involucrados, debiendo estos aspectos ir de la mano con los diversos cambios a implementar.

En este sentido, cuando de proyectos de rediseño de procesos se trata, y más aún cuando dicho rediseño implica el uso de tecnologías de información muchas veces desconocidas, se está en presencia de un proceso de cambio complejo, que junto a presentar la necesidad de modificar prácticas y/o procesos, requieren de la implementación y utilización de nuevas tecnologías para ello, cuya rápida obsolescencia requiere de procesos de cambio muchas veces acotados en el tiempo, con una alta exigencia para las personas involucradas en términos de desarrollo de habilidades y aprendizaje de nuevas herramientas, al tiempo de requerir equipos de trabajo alineados en pos de una incorporación adecuada de las tecnologías consideradas.

El gran problema de hoy en día en relación a este tipo de proyectos, radica en que se centran en los procesos a modificar y las tecnologías a implementar, y no en las personas involucradas en dichos procesos y en el uso de tales nuevas tecnologías, quienes junto con asumir distintas responsabilidades y roles, y tomar diversas decisiones en relación al proceso de cambio, durante su desarrollo deben afrontar un proceso de aprendizaje continuo a lo largo de cada etapa del proceso, con cambios de primer y segundo orden tanto a nivel individual como a nivel de equipos de trabajo, surgiendo en el camino diversas preocupaciones, aprehensiones, emociones, estados de ánimo, inseguridades, etc., a nivel individual en torno al proyecto; y diversas problemáticas al interior de los equipos de trabajo relacionadas con las dinámicas de poder, la comunicación, intereses,

motivaciones; que si no se gestionan adecuadamente pueden provocar en desalineamiento de los diferentes actores en relación a los objetivos buscados, llevando potencialmente a un fracaso del proyecto.

Además, el estar consciente de las personas involucradas y sus realidades personales y colectivas en torno al proyecto, así como de sus habilidades, capacidades y conocimientos, permite establecer de una forma más precisa los aspectos a mantener y aquellos a cambiar durante el proceso de cambio, orientando de mejor manera el uso de los recursos disponibles para su ejecución, siendo clave también definir objetivos o metas a corto plazo, delimitadas por ciertos hitos establecidos, como un mecanismo de control en el avance del proceso de cambio en cuestión.

Así, en base a lo anteriormente expuesto, se tiene como diagnóstico general, que el desarrollo de proyectos de rediseño de procesos con tecnologías de información, requiere de enfrentarlos como procesos de cambio complejos, donde estar consciente de los recursos humanos y su realidad, resulta clave a la hora de definir los lineamientos del proceso en términos de qué mantener y qué cambiar, al tiempo de definir directa o indirectamente los procesos de cambio de primer y segundo orden a enfrentar y los distintos hitos a alcanzar, tarea titánica en la que una adecuada gestión de dicho proceso de cambio resulta indispensable, aportando la Gestión del Cambio para ello una serie de herramientas necesarias para lograr los objetivos del proyecto, logrando unir el mundo de la gestión con el mundo de las tecnologías en un lenguaje común.

### **Liderazgo y Gestión Estratégica**

A continuación, se abordará el tópico de liderazgo y gestión estratégica relacionada con la gestión del cambio de un proceso de cambio en una organización o proyecto. Cabe señalar que se el tópico será abordado en el contexto del proyecto de tesis "Rediseño del Proceso de Preparación de Propuestas del Departamento de Desarrollo de Negocios del Área de Minería y Metales Chile". Como introducción al trabajo de tesis, podemos describir a la organización en donde se lleva a cabo el rediseño como una empresa del sector de servicios a la minería que se dedica a la extracción y refinación de petróleo-

gas, energía y minería en la mayor parte del planeta. Los ingresos de la organización están dados, principalmente, por la cantidad de nuevos proyectos que se ganan dentro del año y su exitosa realización. Generar un posible aumento la fuente de ingresos de la organización es un tema clave, y es precisamente este punto el que se tratará de apoyar con un rediseño del proceso de creación de propuestas de negocios a través de un modelo de clasificación de minería de datos y la gestión del conocimiento en el departamento de Minería y Metales. Se generará un plan de rediseño de los procesos del área de nuevos negocios de la organización y se demostrará la potencialidad del apoyo tecnológico por medio de la implementación de un prototipo funcional de la aplicación que apoyará la toma de decisiones, a través de un modelo de clasificación de minería de datos y la gestión del conocimiento, que optimizará la utilización del conocimiento mediante la creación de las condiciones necesarias para que los flujos de información circulen mejor dentro de la organización. La estrategia que se utilizará para la evaluación del estudio es evaluar el proyecto acotando el Q (cantidad de HH por cada propuesta). Al disminuir el Q se influirá directamente en monto final de la propuesta, ya que este monto final está dado por  $P \cdot Q$  (donde P corresponde al precio de las HH), lo que permitirá ser más asertivo y tener más posibilidades de adjudicación, siempre y cuando el precio esté dentro del rango aceptado por el cliente.

De acuerdo a lo mencionado en la introducción, se sabe que el 30% de los procesos de cambio no son exitosos. Para aumentar esa probabilidad de éxito se debe trabajar bajo la premisa de que se debe liderar el proceso de cambio bajo una orientación deseada. Eso quiere decir que desde el momento actual en que se encuentra el proyecto se debe reflejar una dirección que combata la derivación natural ontogénica, con una orientación más apegada al plan que se tiene bajo una estrategia definida.

Bajo este marco se definen algunos conceptos relevantes con este punto:

Comunicar: Capacidad de construir vínculo bidireccional que permita expresarse y escuchar, incluyendo conversaciones, opiniones, ideas, sensaciones, emociones, acciones a realizar, etc.

Liderar: Capacidad de instalar interpretaciones, generar sentido, dirigir y aunar esfuerzos en alguna dirección comprendida y compartida por el equipo.

Trabajar en equipo: Capacidad de coordinar y colaborar con otros miembros del equipo en pos de un objetivo común. Esto considera la capacidad de llevar adelante proyectos y coordinaciones, en forma eficaz, eficiente y con bienestar, en condiciones de diversidad y multiculturalidad de los miembros del equipo.

Diseñar: Capacidad de producir los contextos, condiciones y los procesos que permitan lograr un propósito determinado, anticipando posibles problemas u obstáculos.

Para hacerlo se tienen los siguientes principios y fundamentos basados en el modelo ontológico de la gestión del cambio visto en clases:

Nueva concepción del cambio y el aprendizaje

Tiene que ver con los cambios de primer y segundo orden en la organización o proyecto derivados del proceso de cambio. En el caso de la tesis del MBE, el cambio tiene estos dos componentes, dado que el rediseño obliga a trabajar con una herramienta de apoyo tecnológico que las personas deberán aprender a usar, y el cambio de segundo orden principalmente tiene que ver con las nuevas tareas de gestión que tendrá que realizar el personal, las cuales cambian totalmente la forma en que hacen las cosas actualmente y deberán aprender a relacionarse con distintos roles que antes no se relacionaban, además de adquirir un mayor grado de poder y responsabilidad dentro de la cultura y la organización que antes no poseían.

Las personas y las relaciones entre ellas en el centro

En relación a la mirada integral de los dominios de la existencia humana, las personas se mueven bajo conceptos de espiritualidad, emociones, corporalidad, percepción y lenguaje, y cada individuo posee diferentes características de cada uno de estos conceptos, dando lugar a un ser humano único.

En una organización son muchas las personas y las relaciones entre ellas que se forman, estas se construyen bajo vínculos, escuchares y confianza. Todos tienen diferentes

intereses personales y compartidos, que se dan bajo inquietudes, preocupaciones y cuidados. También se dan relaciones de poder entre individuos y también existe un lado oscuro entre las relaciones en donde se generan conflictos derivados de envidia, cobranzas, egoísmos y ambiciones. En particular en el proyecto MBE se han generado relaciones entre las gerencias para el apoyo del proyecto y los distintos participantes de este, se ha cuidado el hecho de generar espacios para debatir los alcances del proyecto y cultivado el hecho de que es una ayuda para la organización y facilitará el acceso de la información para apoyar al personal directo y los gerentes en tomar decisiones.

Orientación y foco en el diseño y la anticipación

En apoyo al diseño podemos decir:

- Se deben generar contextos en los procesos de cambio
- Es activo, dinámico y continuo
- Foco en la observación y atención (conexiones sistémicas)
- Rediseñar
- Se debe tener la capacidad de anticipar:
  - Prácticas de anticipación
  - Anticipar quiebres

En el contexto del proyecto MBE se logró llevar a cabo la mayor parte de las etapas, en especial la anticipación, dado el estudio de los roles y el lobby dentro de la organización.

Nuevos paradigmas de comprensión de las organizaciones

Se deben coordinación de acciones para misión estratégica común en la organización, dado que las organizaciones son redes conversacionales y de compromisos.

El Estilo es la forma en que se hacen las cosas dentro de la cultura organizacional y el desarrollo del estilo es muy importante para las personas. Los proyectos que desarrollamos están conectados con el futuro de la compañía.

Con orientación a las acciones y las prácticas

El foco es estar orientados a la acción y que acciones generamos para hacernos cargo. La generación de prácticas, son un elemento fundamental en la generación de cambio en la organización.

Se pueden definir dos categorías, que son:

Orientado a la acción ->Hacerse cargo

Orientado a las prácticas -> Generadoras de hábitos y cambios

En todo proceso de cambio debe haber un liderazgo de parte del equipo de trabajo y la capacidad de coordinarse produciendo reacción efectiva, o sea, que una la gestión del cambio. El liderazgo tiene que ver con producir compromiso, sentido, apropiación, orientación y estilo, esto implica tener todas las instancias necesarias para producir ese liderazgo dentro del proyecto con todos los mecanismos para generar la coordinación y seguimiento de compromisos: Procesos de negocios, estrategias de cómo se pide las cosas, las reuniones de coordinación y las plataformas. En el proyecto del MBE se realizaron las gestiones de coordinación entre las disciplinas y los actores que tienen relación con el proyecto, logrando resultados concretos en base a reuniones de coordinación y por la necesidad de generar un estándar de HH para documentos y actividades separadas por fase de proyecto y disciplina. Este estándar es la base para poder generar una clasificación con la minería de datos aplicada en el estudio. Cabe destacar un hito en particular, bajo el marco de liderazgo y coordinación, que corresponde a una reunión que se tuvo con las principales autoridades de la compañía a nivel sudamericano, como el vicepresidente de Minería y Metales de Sudamérica, el Gerente General de Chile y todas las gerencias de la plana alta.

La gestión del cambio implica cambiar, más allá de la nueva gente o los nuevos procesos se debe “instalar” un cambio en la mentalidad de la organización y de sus directivos. El cambio debe venir acompañado de nuevas y más efectivas formas de participación de los empleados.

Para gestionar el cambio exitosamente se indujo una mayor participación de la gente, dado que es clave su integración al proyecto para que el cambio ocurra y se mantenga

en el tiempo. Se observó una resistencia inicial al proceso de cambio, pero una vez que se les hizo parte de la solución, esta resistencia fue disminuyendo.

En particular el proyecto del MBE apunta, como el objetivo final, a apoyar los roles de la organización, a tomar mejores decisiones estratégicas para la organización por medio de utilizar la información de la empresa y del mercado en base a un modelo matemático y apoyo tecnológico. Es parte de generar un apoyo a liderazgo dentro de la organización y generar una mayor posibilidad de ganar propuestas en base a un marco de acción dado por el rediseño de los procesos del negocio.