



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

REDISEÑO DE UN PROCESO DE PREDICCIÓN DE FALLAS DE
EQUIPOS DE IMPRESIÓN

PROYECTO DE GRADO PARA OPTAR AL GRADO DE MAGISTER
EN INGENIERIA DE NEGOCIOS CON TECNOLOGIAS DE LA
INFORMACIÓN

CARLOS JOSÉ ESPINOSA LAGOS

PROFESOR GUÍA:
MARCEL GOIC FIGUEROA

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:
LUIS ABURTO LAFOURCADE
LUCIANO VILLAROEL PARRA

SANTIAGO DE CHILE
2018

Resumen

El presente trabajo describe un proyecto piloto de re-diseño de los procesos de mantenimiento preventiva de máquinas de impresión para la empresa Dimacofi S.A. en el contexto del *Magíster de Ingeniería de Negocios con Tecnologías de la Información* de la Universidad de Chile (MBE).

Este trabajo pretende demostrar la factibilidad de generar planes preventivos de visitas técnicas para la empresa, cuyo objetivo de mejorar la eficiencia en la provisión de los servicios que la empresa entrega, y con esto reducir los costos operativos, y a la vez mejorar la imagen marca de la empresa.

La solución propuesta contempla el diseño e implementación de un proceso de predicción de fallas de máquinas de impresión, utilizando técnicas de minería de datos, y de un proceso de planificación de visitas preventivas que exploten los modelos desarrollados. Junto con esto, se contempla la construcción de la plataforma TI que da soporte a esta solución y un plan de adquisición que contempla técnicas de gestión del cambio.

En efecto se logra un resultado que generaría un ahorro potencial de 107,17[UF] en un mes, extrapolando la predicción obtenida al total del parque de máquinas de la empresa. Proyectando este resultado al parque total, considerando ineficiencias y latencias en las adquisiciones, se espera obtener un VAN de proyecto de 10,79 MM. Esto indica lo positivo de una posible implementación en producción de la solución.

Dedicatoria

*Dedicado a Pia, Francisco y Elisa,
la forma más bella y perfecta
que tiene el destino de decirme
que la vida es hermosa y
vale la pena vivirla*

Agradecimientos

A mi esposa, Pía quien fue la impulsora original de este proyecto y soporte en los momentos más difíciles de la misma. Sin ella hubiese sido difícil soportar el exigente ritmo de estudio y la menor disposición de tiempo para mi familia. Mi esfuerzo fue también tú esfuerzo.

A mis hijos, Francisco y Elisa por ser una fuente inagotable de inspiración, orgullo y felicidad.

A los profesores, Marcel Goic, Luis Aburto y Luciano Villarroel por su guía y ayuda en especial en la etapa final de la elaboración de este trabajo de tesis. También debo agradecer el apoyo de Monica Cortes, que como tutor en las primeras etapas de esta Tesis, guio de buena forma este trabajo.

A los gerentes de la Gerencia de Tecnología de la empresa, Cristian Gálvez y Domingo Valdés, por tener la disposición de que pudiera dedicar tiempo a este proyecto.

Al personal de la Gerencia de operaciones de la empresa por su valiosa información práctica y técnica entregada, sin esta ayuda me hubiera sido muy difícil llegar a puerto con este trabajo. En especial agradecer la ayuda de Rodrigo Salazar y Giovanni Annibale por su disposición y tiempo en las múltiples consultas efectuadas.

Al personal de la Gerencia de tecnología de Dimacofi por su ayuda en el desarrollo de este proyecto. En especial a Fabián Rodríguez, Ivan Dreyfus, Rodrigo Torrens y Jorge Vargas que no dudaron en prestar su ayuda no solo en la implementación, sino que también en el análisis del problema.

Agradecer enormemente a Laura Saez y Ana María Valenzuela por su enorme paciencia. Gracias por comprender mis atrasos y apoyarme en todo momento.

A los compañeros y profesores del Magíster con los cuales he compartido esta bella etapa. Un deseo de éxito a todos ellos, tengo la certeza de que todos son grandes profesionales y personas.

En forma especial, quiero agradecer a mis padres quienes me infundieron los valores y el rigor necesario para enfrentar grandes desafíos. Sin sus enseñanzas, motivación y sacrificios no hubiese sido posible alcanzar este logro.

A la Casa de Bello.

Tabla de Contenido

Resumen	I
Dedicatoria	II
Agradecimientos	III
1. Planteamiento del Proyecto	1
1.1. Antecedentes de la Industria	1
1.1.1. Contexto de la Industria en Chile	3
1.2. Antecedentes de la Empresa	4
1.3. Objetivos del Proyecto	5
1.3.1. Objetivo General	5
1.3.2. Objetivos Específicos	5
1.3.3. Metodología utilizada	5
1.3.4. Resultados esperados	6
1.3.5. Alcances	6
1.3.6. Riesgos Potenciales	6
2. Marco Teórico-Conceptual y Metodológico	7
2.1. Marco Teórico	7
2.1.1. Minería de Datos	7
2.1.2. Modelos de Aprendizaje Supervisado	7
2.2. Marco Metodológico	11
2.2.1. Ingeniería de Negocios	11
2.2.2. Cross-Industry Standard Process for Data Mining	12
3. Análisis Estratégico	17
3.1. Mision y Vision de la Empresa	17
3.1.1. Misión	17
3.1.2. Visión	18
3.2. Análisis del Medio Externo	18
3.2.1. Amenazas de Nuevos Competidores	18
3.2.2. Poder de Negociación de los Proveedores	19
3.2.3. Poder de Negociación de los Compradores	19

3.2.4.	Amenaza de Productos Sustitutos	19
3.2.5.	Rivalidad entre Competidores	19
3.2.6.	Conclusión	20
3.3.	Análisis del Medio Interno	20
3.3.1.	Modelo Delta de Hax	20
3.3.2.	Conclusión	21
3.4.	Análisis FODA	22
3.4.1.	Fortalezas de la Empresas	22
3.4.2.	Debilidades de la Empresa	23
3.4.3.	Oportunidades del Mercado	24
3.4.4.	Amenazas del Mercado	24
3.4.5.	Conclusión	25
3.5.	Modelo de Negocio	25
3.5.1.	Descripción del Modelo de Negocios	25
4.	Análisis de la Situación Actual	28
4.1.	Arquitectura de Macroprocesos	28
4.2.	Modelamiento detallado de procesos	29
4.2.1.	Detalle sobre los Macroprocesos	29
4.2.2.	Detalle de “Venta de Equipos y/o Servicios de Impresión”	30
4.2.3.	Detalle de “Gestión de Entrega de Equipos y Servicios de Impresión”	32
4.3.	Cuantificación del problema u oportunidad	34
5.	Rediseño de procesos	35
5.1.	Objetivos del rediseño de procesos	35
5.2.	Alcances del rediseño de procesos	35
5.3.	Dirección del Cambio	35
5.3.1.	Estructura Empresa y Mercado	36
5.3.2.	Anticipación	36
5.3.3.	Coordinación	37
5.3.4.	Prácticas de Trabajo	38
5.3.5.	Integración de Procesos Conexos	38
5.3.6.	Mantenimiento Consolidada de Estados	39
5.4.	Detalle de Procesos Rediseñados	39
5.4.1.	Planificación y Control de Entrega del Servicio	39
5.4.2.	Desarrollo de modelos predictivos de fallas de equipos	41
5.4.3.	Planificar Entrega del Servicio	43
6.	Propuesta de Apoyo Tecnológico	48
6.1.	Especificación de Requerimientos	48
6.1.1.	Requerimientos Funcionales	48
6.1.2.	Requerimientos NO Funcionales	49

6.2.	Arquitectura Tecnológica	50
6.2.1.	Capa de Datos	50
6.2.2.	Capa del Negocio	51
6.2.3.	Capa de presentación	52
6.3.	Diseño de la Aplicación	52
6.3.1.	Casos de Uso	52
6.3.2.	Diagramas de Secuencia	56
6.3.3.	Diagramas de Clases	58
6.3.4.	Modelo de Datos	59
7.	Construcción e Implementación	60
7.1.	Desarrollo del Modelo Predictivo	60
7.1.1.	Comprensión del Negocio	60
7.1.2.	Compresión de los Datos	61
7.1.3.	Preparación de los Datos	67
7.1.4.	Modelamiento	73
7.1.5.	Evaluación del Modelo	81
7.1.6.	Desarrollo	86
7.2.	Discusión de resultados con respecto a Teorías de Mantenimiento	86
8.	Plan de implementación y Gestión del Cambio	88
8.1.	Identificación de la necesidad de Cambios	89
8.1.1.	Observación de Actores	89
8.1.2.	Observación de la Cultura	90
8.1.3.	Necesidades descubiertas	92
8.1.4.	Lo que se Conserva	92
8.2.	Plan de proceso de Cambio	93
8.2.1.	Creación de Visión	93
8.2.2.	Desarrollo del Cambio	93
8.2.3.	Comunicar Exitos	93
8.2.4.	Hitos y Ritos	93
8.3.	Gestión del Poder	94
8.4.	Creación de Sentido y Narrativas	94
9.	Evaluación Económica del Proyecto	96
9.1.	Consideraciones Relevantes	96
9.1.1.	Plan de Marketing	96
9.1.2.	Horizonte de Evaluación	97
9.1.3.	Tasa de Descuento	97
9.2.	Inversión y Costos del Proyecto	97
9.2.1.	Inversión del Proyecto	97
9.2.2.	Costos del Proyecto	98

9.3. Beneficios del Proyecto	99
9.4. Construcción del Flujo de Caja	99
9.4.1. Flujo de Caja	100
9.5. Análisis de Sensibilidad	101
10. Conclusiones	102
10.1. Sobre el trabajo de Tesis	102
10.2. Sobre la metodología de la Ingeniería de Negocios	103
10.3. Sobre los procesos y la aplicación de lógicas complejas	103
10.4. Sobre el trabajo realizado en el MBE	104
10.5. Sobre trabajos futuros	104
Apéndices	105
A . Glosario de Terminos	106
B . Breve historia de Dimacofi S.A	108
C . Consideraciones Extras del Modelo de Negocio	109
D . Complemento de la Construcción del Modelo Predictivo	112
E . Paquetes de lenguaje R utilizados	114
Bibliografía	115

Índice de figuras

1.1. Planes de adquisición de soluciones de MPS en los próximos 12 meses en empresas de UK, USA y GER. Fuente: [Fernandes, 2018]	2
1.2. Valorización de beneficios comerciales, relacionados con soluciones MPS, por parte de los clientes. Fuente: [Fernandes, 2018]	3
2.1. Diagrama de una Neurona Artificial. Fuente [César Ferri Ramírez, 2004] . . .	10
2.2. Metodología Ingeniería de Negocios. Fuente [Barros, 2015]	12
2.3. Metodología CRISPDM. Fuente [Chapman et al., 2000]	13
2.4. Tareas genéricas de la metodología CRISPDM. Fuente [Chapman et al., 2000]	14
3.1. Análisis de las 5 fuerzas de Porter. Fuente: Elaboración propia basado en [Porter, 2007].	18
3.2. Posicionamiento Estratégico de Dimacofi S.A. según modelo delta de HAX. Fuente: Elaboración propia basado en [Hax, 2010].	21
3.3. Propuesta de Posicionamiento estratégico para Dimacofi S.A. según modelo delta de Hax. Fuente: Elaboración propia de acuerdo a [Hax, 2010].	22
3.4. Análisis FODA de Dimacofi S.A. Fuente: Elaboración propia.	23
3.5. Modelo de Negocios Dimacofi S.A.. Fuente: Elaboración propia de acuerdo a metodología de Canvas de Osterwalder	26
4.1. Arquitectura de Macroprocesos de Dimacofi S.A.. Fuente: Elaboración propia	29
4.2. Macro 1: Venta de Equipos y/o Servicios de Impresión. Fuente: Elaboración propia.	32
4.3. Gestión de Entrega de Equipos y Servicios de Impresión. Fuente: Elaboración propia.	33
5.1. Planificación y Control de Entrega del Servicio. Fuente: Elaboración propia.	40
5.2. Desarrollo de modelos predictivos de fallas de equipos. Fuente: Elaboración propia.	42
5.3. Preparación de Datos. Fuente: Elaboración propia.	43
5.4. Desarrollo de los modelos predictivos. Fuente: Elaboración propia.	44
5.5. Planificación y Control de Entrega del Servicio. Fuente: Elaboración propia.	45
5.6. Predicción de falla de equipos. Fuente: Elaboración propia.	46
5.7. Planificar visitas Preventivas. Fuente: Elaboración propia.	46

5.8.	Logica de planificación de visitas preventivas. Fuente: Elaboración propia. . .	47
6.1.	Arquitectura tecnológica propuesta. Fuente: Elaboración propia.	50
6.2.	Esquema proceso ETL. Fuente: Elaboración propia.	51
6.3.	Actores del Sistema. Fuente: Elaboración propia.	52
6.4.	Casos de Uso del Operador del Sistema. Fuente: Elaboración propia.	53
6.5.	Casos de Uso del Analista del Sistema. Fuente: Elaboración propia.	54
6.6.	Diagrama de Secuencia: Visualizar Reportes. Fuente: Elaboración propia. . .	56
6.7.	Diagrama de Secuencia: Ejecuta Planificador. Fuente: Elaboración propia. . .	57
6.8.	Diagrama de Clases. Fuente: Elaboración propia.	58
6.9.	Modelo de Datos. Fuente: Elaboración propia.	59
7.1.	Cantidad de eventos registrados por Mes.Fuente: Elaboración propia.	66
7.2.	Cantidad de máquinas registradas por mes. Fuente: Elaboración propia. . . .	66
7.3.	Cantidad y porcentaje de falla tipo P versus factor de carga. Fuente: Elabo- ración propia.	70
7.4.	Cantidad y porcentaje de falla tipo A versus factor de carga. Fuente:Elaboración propia.	71
7.5.	Resumen curvas ROC según tipos de Fallas para modelo predictivo basado en árbol de decisión. Fuente: Elaboración propia.	76
7.6.	Árbol de regresión para Falla de tipo P	77
7.7.	Curva ROC para falla tipo P con modelo predictivo basado en regresión logísti- ca. Fuente: Elaboración propia.	79
7.8.	Curva ROC para falla tipo P con modelo predictivo basado en red Neuronal. Fuente: Elaboración propia.	81
7.9.	Función de Costos versus valor de p en modelo árbol de decisión para falla de tipo P. Fuente: Elaboración propia.	85
8.1.	Plan de Gestión de Cambio. Fuente: Elaboración Propia.	88

Índice de tablas

5.1. Variable de Diseño: Estructura Empresa y Mercado. Fuente: Elaboración propia	36
5.2. Variable de Diseño: de Anticipación. Fuente: Elaboración propia	37
5.3. Variable de Diseño: de Coordinacion. Fuente: Elaboración propia	37
5.4. Variable de Diseño: de Prácticas de Trabajo. Fuente: Elaboración propia . .	38
5.5. Variable de diseño: Integración Procesos Conexos. Fuente: Elaboración propia	38
5.6. Variable de diseño: Mantenición Consolidada de Estados. Fuente: Elaboración propia	39
6.1. Caso de Uso: Visualizar reportes de planificación. Fuente: Elaboración propia.	54
6.2. Caso de Uso: Ejecutar planificador. Fuente: Elaboración propia.	55
6.3. Caso de Uso: Ejecutar Predictor. Fuente: Elaboración propia.	55
7.1. Descripción de dataset base. Fuente: Elaboración propia.	64
7.2. Descripción de variable evento. Fuente: Elaboración propia.	65
7.3. Nuevas variables de Integración. Fuente: Elaboración propia.	68
7.4. Nuevas variables de Integración. Fuente: Elaboración propia.	69
7.5. Distribución Falla-No Falla del data set. Fuente: Elaboración propia.	71
7.6. Distribución de tipo de Fallas. Fuente: Elaboración propia.	72
7.7. Descripción de dataset para modelación. Fuente: Elaboración propia.	73
7.8. Matriz de Confusión para todas las fallas. Fuente: Elaboración propia	74
7.9. Matriz de confusión para todas las fallas con $p > 0,125$. Fuente: Elaboración propia.	74
7.10. Indicadores para modelo con todas las fallas con $p > 0,125$. Fuente: Elabora- ción propia.	75
7.11. Resumen de indicadores para todas las fallas con $p > 0,125$. Fuente: Elabora- ción propia.	75
7.12. Matriz de confusión para falla de tipo P con modelo regresión logística con p $> 0,125$. Fuente: Elaboración propia.	78
7.13. Indicadores para modelo regresión logística para falla de tipo P con $p > 0,125$. Fuente: Elaboración propia.	78
7.14. Matriz de confusión para falla de tipo P con modelo de red neuronal con p $> 0,125$. Fuente: Elaboración propia.	79

7.15. Indicadores para modelo de red neuronal para falla de tipo P con $p > 0,125$. Fuente: Elaboración propia.	80
7.16. Resumen de indicadores para todas las fallas con $p > 0,125$. Fuente: Elaboración propia.	82
7.17. Resumen de Costos asociados a las visitas técnicas. Fuente: Elaboración propia.	84
7.18. Matriz de Costos. Fuente: Elaboración propia.	84
8.1. Resumen observación de actores relevantes. Fuente: Elaboración Propia . . .	89
8.2. Diagnóstico Organizacional [Pleaseinsertintopreamble] Cambio y Conservación. Fuente: Elaboración propia.	92
8.3. Mapa del Poder. Fuente: Elaboración propia.	94
8.4. Narrativas elaboradas. Fuente: Elaboración propia.	95
9.1. Cálculo de Inversión por Horas Hombre. Fuente: Elaboración propia.	98
9.2. Cálculo de Costos Fijos por Horas Hombre del Proyecto. Fuente: Elaboración propia.	98
9.3. Cálculo por año de posibles Escenarios. Fuente: Elaboración propia.	99
9.4. Flujo de Caja del proyecto, escenario normal. Fuente Elaboración propia. . .	100
9.5. Cálculo VAN posibles Escenarios. Fuente: Elaboración propia.	101
10.1. Matriz de Confusión para falla tipo M. Fuente: Elaboración propia	112
10.2. Matriz de Confusión para falla tipo P. Fuente: Elaboración propia	112
10.3. Matriz de Confusión para falla tipo M y P. Fuente: Elaboración propia . . .	113

Capítulo 1

Planteamiento del Proyecto

1.1. Antecedentes de la Industria

Debido a la rápida transformación de la tecnología, las grandes fabricantes de equipos multifuncionales de impresión (MFP), y en parte los distribuidores, se han visto obligados a responder a la gran amenaza de la comoditización. La creciente competitividad de precios y la exigencia en tecnología de impresión ha llevado a estos agentes a competir con menores márgenes. Estos productos commodity de tecnología, que una vez fueron productos de mercado nichos, fueron perdiendo el posicionamiento y la diferenciación en su transición al mercado masivo.

En relación a lo anterior, los fabricantes fueron afectados en las ventas de equipos de impresión, y derivados, se vieron obligados a cambiar su modelo de negocio hacia un enfoque de ofrecer servicios, y luego soluciones, para aumentar el valor hacia el cliente. La innovación del modelo de negocios la realizó Xerox en 1959 al ofrecer su copiadora 914 en arriendo mensual en vez de basarse en la venta de la máquina [H. Chesbrough, 2008], lo cual la llevó rápidamente a dominar el nuevo mercado.

Posteriormente, el arriendo de máquinas de impresión derivó en la provisión de servicios relacionados. Las soluciones documentales han evolucionado año a año hasta entregar, actualmente, servicios de gestión de la impresión (MPS, Managed Print Services), servicios de gestión documental (MDS, Managed Document Services) y servicios de gestión de contenidos (MCS, Managed Content Services ¹). Actualmente, las soluciones MPS son la base en los servicios de impresión.

Las soluciones de MPS tienen más de 15 años, y a pesar de encontrarse en un mercado maduro, están en constante evolución. En general, de acuerdo al estudio de [Fernandes, 2018], de la consultora Quocirca realizado en Estados Unidos, Alemania e Inglaterra durante el 2018, el 65 % de las organizaciones esperan aumentar sus presupuestos en MPS para el próximo

¹El concepto MCS ha sido recién acuñado por Gartner el 2013.

año. Los mercados verticales, industriales y profesionales lideran este crecimiento seguido de un rezagado servicio público (ver figura 1.1). Si bien, el estudio, no indica números para latinoamérica, es posible inferir que siguen una tendencia similar aunque en menor magnitud.

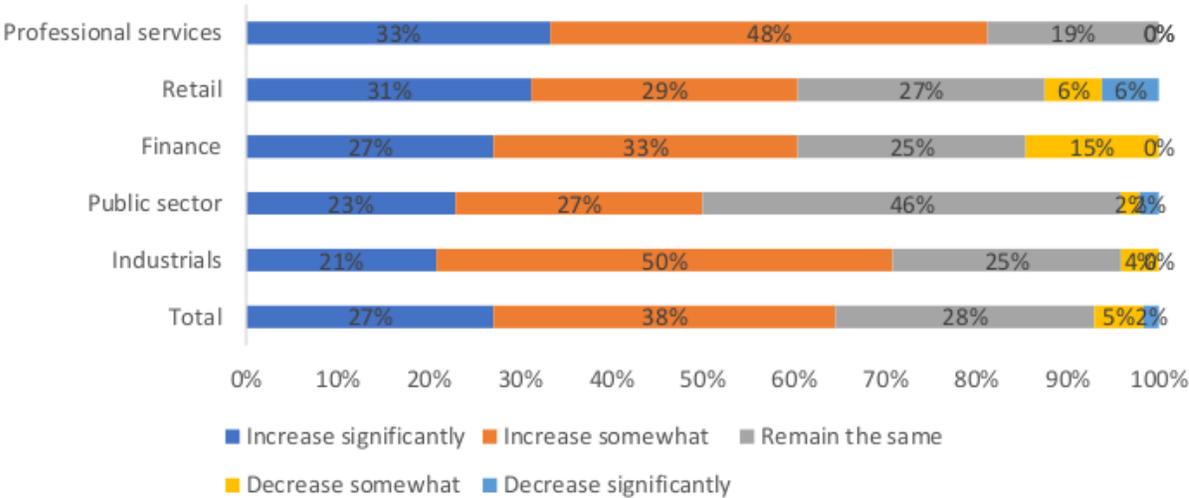


Figura 1.1: Planes de adquisición de soluciones de MPS en los próximos 12 meses en empresas de UK, USA y GER.
Fuente: [Fernandes, 2018]

En [Fernandes, 2018] podemos observar la valorización que se le entrega a distintos beneficios comerciales relacionados con las soluciones de MPS por las distintas empresas encuestadas, lo cual podemos ver en la figura 1.2. De acá podemos inferir que si bien, la calidad del servicio, la seguridad y el costo del servicio siguen siendo los principales drivers en la adquisición de las soluciones de MPS, la eficiencia del flujo de trabajo desde el papel a lo digital está tomando importancia cada año. Esto quiere decir que la provisión de MDS está siendo cada vez más demandada ya que muchas organizaciones buscan acelerar su Iniciativas de digitalización.

En [Fernandes, 2018] se indica además que “proveedores de MPS deberían aprovechar esta oportunidad trabajando con los clientes para desarrollar una hoja de ruta que incorpore soluciones y tecnología de flujo de trabajo de documentos, desde evaluación y consultoría hasta procesos continuos y proactivos administración”.

Algo interesante de indicar, y que se observa en los reportes anuales de Quocirca, es la creciente demanda por parte de los clientes de la capacidad de entrega proactiva del servicio entregado. Específicamente, se demanda predicción de la cuenta mensual, mantenimiento y abastecimiento proactivo, predicción de fallas de equipos, continuidad operativa y menor intervención de los usuarios.

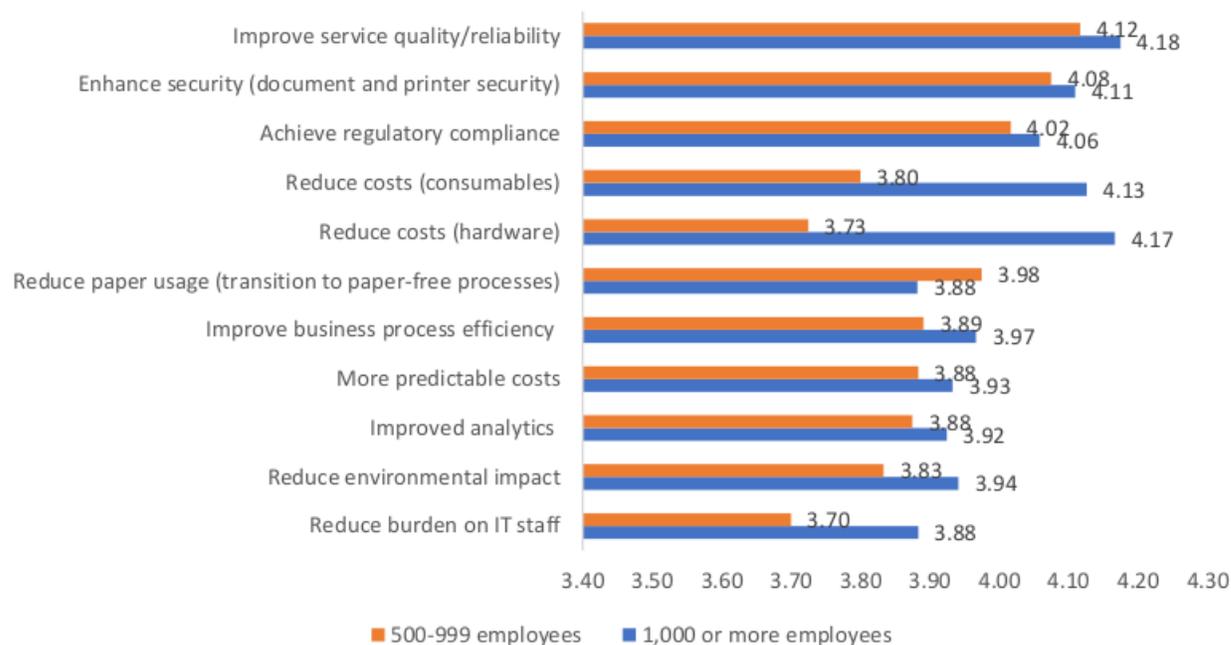


Figura 1.2: Valorización de beneficios comerciales, relacionados con soluciones MPS, por parte de los clientes.

Fuente: [Fernandes, 2018]

1.1.1. Contexto de la Industria en Chile

En Chile los servicios profesionales de impresión han logrado gran penetración, en especial en las grandes empresas, siendo la mayor de los países latinoamericanos. En el mercado PYME todavía hay espacio para crecer, sin embargo el bajo volumen de consumo de estas empresas versus los costos de los software requeridos para entregar el servicio no lo hace muy atractivo, especialmente con servicios de mayor valor (accounting, control, movilidad, seguridad, etc).

La creciente competencia en la industria, la entrada de nuevos actores, principalmente de marcas, y la baja en el consumo por cliente han estrechado los márgenes de utilidad y lo que ha desembocado en una oferta basada en la baja de precios. Es por esto que entre las marcas fabricantes y distribuidoras, proyectan una estrategia vinculada cada vez más a un servicio más especializado, que permitan a las compañías bajar sus costos a cambio de mayores niveles de disponibilidad y calidad.

La demanda por servicios de valor agregado puede abrir paso a los servicios de gestión documental como evolución natural en la industria que no puede seguir imprimiendo y copiando al ritmo que se genera la información, sencillamente porque la cantidad de volumen es cada vez más abismante, lo que implica que no es el camino más eficiente.

A pesar de que en el mercado existen empresas que entregan soluciones de gestión documental hace ya algunos años, no existe un claro líder en este mercado. Además, se pronostica que las tecnologías de gestión documental, en combinación con las de gestión de impresión, marcarán el desarrollo de este mercado en los próximos años debido a las grandes sinergias que existen.

Esto también se puede ver como una amenaza para las empresas de la industria, ya que si no se logran posicionar en este nuevo escenario podrían quedar prisioneras entre un mercado que disminuye su consumo en forma clara, y las empresas que se lideren en la gestión documental.

1.2. Antecedentes de la Empresa

Durante 91 años, Dimacofi ha crecido junto al país como una empresa innovadora y proactiva en la entrega de productos y soluciones que sus clientes demandan. Primero fueron las máquinas de escribir, luego las fotocopiadoras, posteriormente los fax y luego los centros de copiado. Hoy Dimacofi es una de las empresas de soluciones documentales y de servicios de impresión más importantes del país, y pretende ser .

En el anexo B se describen los principales hitos que ha tenido la empresa durante su historia. El día de hoy, Dimacofi es un Holding compuesto por dos empresas, Dimacofi S.A. y Dimacofi Negocios Avanzados (DNA).

Dimacofi S.A. es la empresa principal del grupo y se ha enfocado en entregar equipamiento y servicios de impresión gestionada para empresas, para lo cual cuenta con una plataforma tecnológica que incluye software y hardware con altos estándares de calidad, cobertura nacional y servicio técnico propio que garantiza la operación y continuidad del servicio entregado a su clientes.

Dimacofi Negocios Avanzados, formada de la fusión de Dimacofi Servicios y Colortech, es la unidad de negocios encargada de entregar servicios de imprenta e incluye impresión en grandes y pequeños formatos, impresión corporativa, gran tiraje, data variable, impresión especial, etc.

El proyecto de esta tesis se encuentra enfocado en la eficiencia operacional del servicio de gestión de impresión, es decir se enmarca únicamente en la empresa Dimacofi S.A..

1.3. Objetivos del Proyecto

1.3.1. Objetivo General

El proyecto a desarrollar pretende aumentar la cantidad de visitas técnicas preventivas del servicio de impresión gestionada que la empresa provee. Para ello, se pretende desarrollar una plataforma analítica que ayude a sistematizar la planificación de visitas preventivas de técnicos y, debido a esto, lograr disminuir el costo de operación debido a fallas imprevistas de las máquinas de impresión y sus respectivas visitas reactivas para mantener la continuidad operativa. Podemos definir el objetivo general del proyecto como:

“Rediseñar un proceso de predicción de fallas de equipos de impresión que permita la ejecución de planes preventivos de mantención que logre reducir en un 10 % las visitas técnicas reactivas.”

La implementación de este proceso contempla el apoyo tecnológico de un modelo predictivo basado en algoritmos de minería de datos. Se busca principalmente, gracias a los datos, encontrar y predecir fallas de distintos modelos de equipos de impresión.

1.3.2. Objetivos Específicos

Como objetivos específicos podemos indicar:

- Proponer un rediseño a los procesos de negocios existentes, o diseño de procesos faltantes, de acuerdo a la oportunidad reconocida y abordada.
- Definir y diseñar la arquitectura de los sistemas de información que darán apoyo a estos nuevos procesos.
- Implementar, a través de un piloto, los procesos de negocios diseñados, en conjunto con el apoyo tecnológico necesario. Lo que se basa en una plataforma analítica que genere planes predictivos de mantención de cuentas.
- Desarrollar un plan de gestión del cambio, para apoyar al éxito del desarrollo e implementación del proyecto.

1.3.3. Metodología utilizada

La metodología ocupada en el desarrollo del proyecto de esta tesis corresponde a la aplicación del rediseño de procesos planteado por el profesor Oscar Barros con el objeto de diseñar los procesos faltantes, y la metodología CRISPDM, y algoritmos de minería de datos, para la implementación del apoyo tecnológico necesario para estos nuevos procesos.

1.3.4. Resultados esperados

Como resultado de esta tesis se espera obtener cambios en los procesos y prácticas actuales, que permitan, con su implementación, mejorar la eficiencia en la gestión del servicio que se entrega. En particular se espera:

- Rediseñar el proceso de gestión de visitas técnicas de la empresa, para la gestión de la mantención de la continuidad operativa del servicio entregado.
- Evaluación de un piloto que demuestre que es posible, mediante el uso de datos y de metodologías de ingeniería de negocios, predecir fallas de equipos de impresión que apoyen la generación de planes preventivos de mantención de cuentas de clientes.
- Definición de una infraestructura de TI que apoye la gestión de los procesos propuestos.

1.3.5. Alcances

A continuación se indican los alcances considerados en el proyecto:

- Se consideran en la construcción del modelo predictivo solo con data de máquinas de impresión de la marca RICOH.
- Se deben considerar las restricciones que la calidad de la data impongan, y que serán levantadas en el proceso de desarrollo del modelo predictivo, en el capítulo 7.
- Se deben considerar las restricciones levantadas en el proceso de toma de requerimientos de la arquitectura TI, en el capítulo 6.

1.3.6. Riesgos Potenciales

Potencialmente un proyecto de estas características tiene como principal riesgo la disponibilidad y calidad de la data, algo de suma importancia para proyectos relacionados con la minería de datos dado que afecta directamente su performance. Como plan para atacar esta problemática se pretende impulsar proyectos de mejoras en la calidad de la data, resguardo de esta y concienciación, por parte de los usuarios de los distintos sistemas, del valor de esta.

Otro riesgo potencial en proyectos tecnológicos son los referentes a la resistencia al cambio por parte de los involucrados. Estas problemáticas se identifican y se trabajan en el capítulo 8.

Capítulo 2

Marco Teórico-Conceptual y Metodológico

A continuación se presenta el marco teórico y metodológico que sustenta el desarrollo de este proyecto.

2.1. Marco Teórico

2.1.1. Minería de Datos

En [Frawley et al., 1992], se indica que la minería de datos es “El conjunto de técnicas y herramientas aplicadas al proceso no trivial de extraer y presentar conocimiento implícito, previamente desconocido, potencialmente útil y humanamente comprensible, a partir de grandes conjuntos de datos, con objeto de predecir de forma automatizada tendencias y comportamientos.”

La idea de la minería de datos, como se indica en [Witten and Frank, 2005], “es la de extraer conocimiento útil y comprensible, previamente desconocido, desde grandes cantidades de datos”. Esto no es algo trivial porque no solo es necesario conocer las técnicas de datamining, también es necesario tener un amplio conocimiento en la comprensión de los datos y entender el dominio del problema.

Con respecto a los algoritmos de minería de datos, tenemos una variedad de modelos y perspectivas que podemos aplicar. En el desarrollo de este trabajo se pretende emplear los más comunes con el objetivo de encontrar el mejor resultado. A continuación se describen los algoritmos más usados:

2.1.2. Modelos de Aprendizaje Supervisado

En [Rios, 2015] se indica que los métodos de aprendizaje supervisado, a diferencia de los no supervisados, utilizan un variable de respuesta para guiar la generación de grupos de

análisis. Es decir, la clasificación busca las propiedades comunes entre los diferentes atributos de un data set o conjunto de datos de entrenamiento. El objetivo del aprendizaje supervisado es el de crear una función capaz de predecir el valor correspondiente a cualquier objeto en un set de datos totalmente nuevo.

A continuación se describen los algoritmos de aprendizaje supervisado que han sido ocupados en la construcción de los modelos predictivo de este trabajo:

Regresión Logística

La regresión logística es uno de los modelos lineales generalizados más frecuentes donde la variable de respuesta es categórica, cada una con su respectiva probabilidad, siendo su suma igual a uno. La situación más habitual es la de tener dos posibilidades, valores o clases, como puede ser estado en “falla ”y “no falla”, como es el caso de esta tesis.

Refiriéndonos, de acuerdo a [César Ferri Ramírez, 2004], a y_i una variable respuesta binaria:

$$y_i = \begin{cases} 1 & Prob_i(1) = p_i \\ 0 & Prob_i(0) = 1 - p_i \end{cases} \quad (2.1)$$

La variable de respuesta sigue una distribución binomial de parámetros 1 y p_i , donde p_i es la probabilidad de responder 1 para un determinado caso. Se requiere entonces una función de unión o de enlace que realice una transformación del predictor lineal en el intervalo $[0, 1]$. La función más utilizada, para el caso binario, es la logística:

$$p_i = \frac{e^{-\beta' x_i}}{1 + e^{-\beta' x_i}} \quad (2.2)$$

De esta relación podemos obtener:

$$\log \frac{p_i}{1 - p_i} = \beta' x_i = \beta^0 + \beta^1 x_{i1} + \dots \beta^i x_{ip} \quad (2.3)$$

La ecuación anterior se define como logit, y es igual al predictor lineal clásico. Ahora el modelo debe calcular los valores de cada coeficiente para la futura clasificación de los datos. Para esto se debe maximizar la función de verosimilitud, donde los valores de la probabilidad y variables explicativas son conocidas.

Arboles de Decisión

Los árboles de decisión son representaciones tipo grafos, partiendo de un nodo único o raíz y luego se crean N ramas para cada posible valor o intervalo de valores que pueda tomar el atributo, lo cual divide el conjunto inicial de datos en N subconjuntos de datos.

Las ventajas que tienen los árboles de decisión es que son fáciles de entender e interpretar, y posteriormente, fácilmente convertible en reglas lógicas que pueden ser implementadas. [Rios, 2015] Existen diferentes tipos de árboles, los cuales difieren básicamente en los tipos de datos que manejan y el criterio de división.

El índice de Gini, es utilizado en el algoritmo CART (Classification and Regresión) y se caracteriza, fundamentalmente, por realizar particiones binarias y por utilizar una estrategia de poda basada en el criterio coste-complejidad. El índice de Gini se define según 2.4 y básicamente nos indica la equidad en la distribución de un recurso.

$$GiniIndex(D) = 1 - \sum_{i=1}^M p_i^2 \quad (2.4)$$

, donde p_i es la probabilidad no nula de que una tupla arbitraria en D pertenezca a la clase C_i .

La idea del algoritmo CART es seleccionar el atributo que tenga el mínimo índice de Gini, o de impureza como también se describe en la literatura especializada.

Redes Neuronales Artificiales

Mediante las redes neuronales artificiales se intenta imitar el proceso de aprendizaje del cerebro humano. Una red neuronal artificial es un sistema compuesto de muchos elementos procesadores simples, neuronas, conectados en paralelo, cuya función es determinada por la estructura de la red, la fuerza en las conexiones y el procesamiento realizado por los elementos en los nodos.

Las redes neuronales tienen la capacidad de aprender, es un sistema adaptativo y de mayor complejidad que otros algoritmos. Debido a lo anterior, según [Rios, 2015] no se puede saber con exactitud el origen de sus resultados, lo que es una complejidad a la hora de explicar su funcionamiento.

Como se indica en [Orallo et al., 2004] una neurona biológica se modela de la manera que se muestra en la figura 2.1, en donde la función de activación posee una entrada de umbral

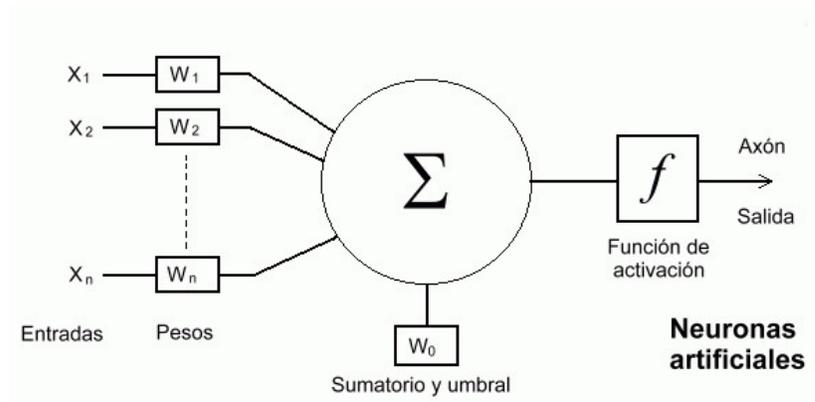


Figura 2.1: Diagrama de una Neurona Artificial. Fuente [César Ferri Ramírez, 2004]

cuya finalidad es la de poder aumentar o disminuir el umbral de excitación de la neurona. Esta función viene de la fórmula descrita en 2.5.

$$y = f\left(\sum_i w_i x_i\right) = f(w^T x) \quad (2.5)$$

Una única neurona es una unidad de procesamiento muy simple. Se considera que el potencial de las redes neuronales artificiales proviene de la capacidad que proporciona el empleo de muchas de estas.

2.2. Marco Metodológico

2.2.1. Ingeniería de Negocios

El proyecto será desarrollado utilizando la metodología que propone la Ingeniería de Negocios y que ha sido planteada en el Magister de Ingeniería de Negocios con Tecnologías de la Información del Departamento de Ingeniería Civil Industrial de la Universidad de Chile (MBE).

Esta es una disciplina que busca guiar a las organizaciones en el diseño, construcción e implementación de sus procesos, entendiendo a estos últimos como una pieza clave para el éxito en los negocios. [Barros, 2015].

Esta metodología se ilustra en la figura 2.2 y consta de los siguientes pasos:

Planteamiento Estratégico, debe ser considerado como el marco principal en el proyecto, ya que este debe ser la base en el rediseño posterior de procesos y de las aplicaciones TI de apoyo.

Definición del Modelo de Negocios, debe materializar el posicionamiento estratégico planteado por la empresa de acuerdo al contexto que le subyace.

Diseño de la Arquitectura de Macroprocesos, corresponde a una estructura formal de procesos que definen, en forma general, cómo opera el negocio.

Diseño detallado de Procesos, a partir de la arquitectura diseñada anteriormente se realiza utilizando patrones de procesos y su finalidad es detallar los procesos a un nivel más preciso, llegando a un nivel operativo y de sistemas.

Diseño de las Aplicaciones de Apoyo, deben dar soporte a los procesos rediseñados en las fases anteriores. Esto se traduce en la determinación de diseños de las aplicaciones que serán implementadas con la TI elegida.

Construcción e Implementación de la Solución, de acuerdo a las especificaciones de diseño, de hardware y software, realizadas en las fases anteriores. En esta etapa, una arista importante es la gestión del cambio, la que debe apoyar la correcta implantación de la nueva tecnología en la empresa y evitar el rechazo por parte del personal que se ve afectado de alguna forma por ella.

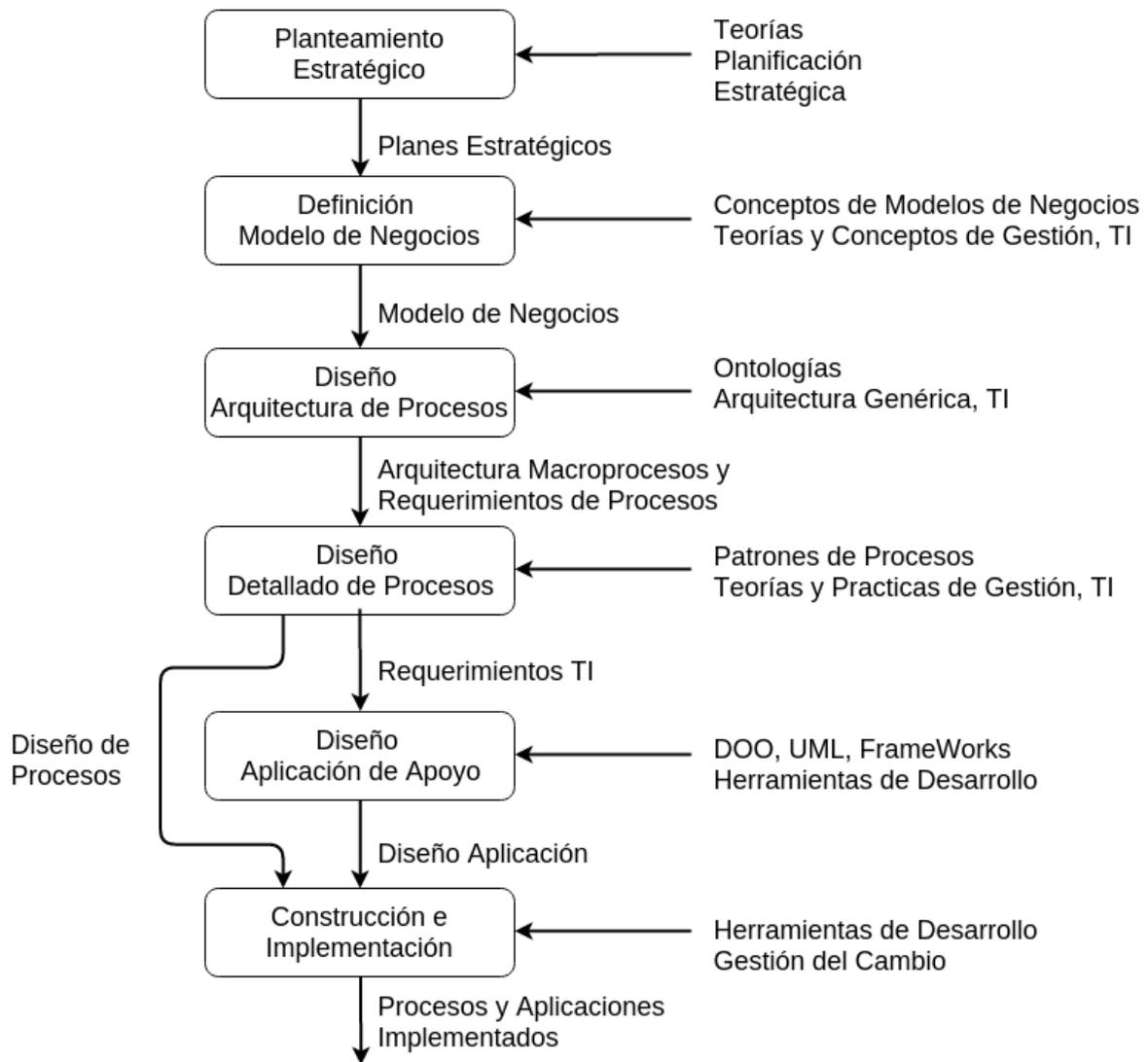


Figura 2.2: Metodología Ingeniería de Negocios.

Fuente [Barros, 2015]

2.2.2. Cross-Industry Standard Process for Data Mining

Para el desarrollo de este proyecto se utilizará la metodología CRISP-DM (Cross-Industry Standard Process for Data Mining), ampliamente conocido y utilizado en el ámbito industrial y académico. Esta metodología consta de seis fases de abstracción, organizados de forma flexible y estructurada en varias tareas específicas. El esquema de esta metodología se muestra en la figura 2.3, en la cual podemos observar un círculo externo que simboliza la naturaleza cíclica de la minería de datos. La minería de datos no se termina una vez que la solución es desplegada, [Fayyad et al., 1996].

La elección de la metodología CRISPDM se basa en el hecho de que esta posee una visión más amplia respecto a los objetivos de negocios del proyecto, algo que se adapta de

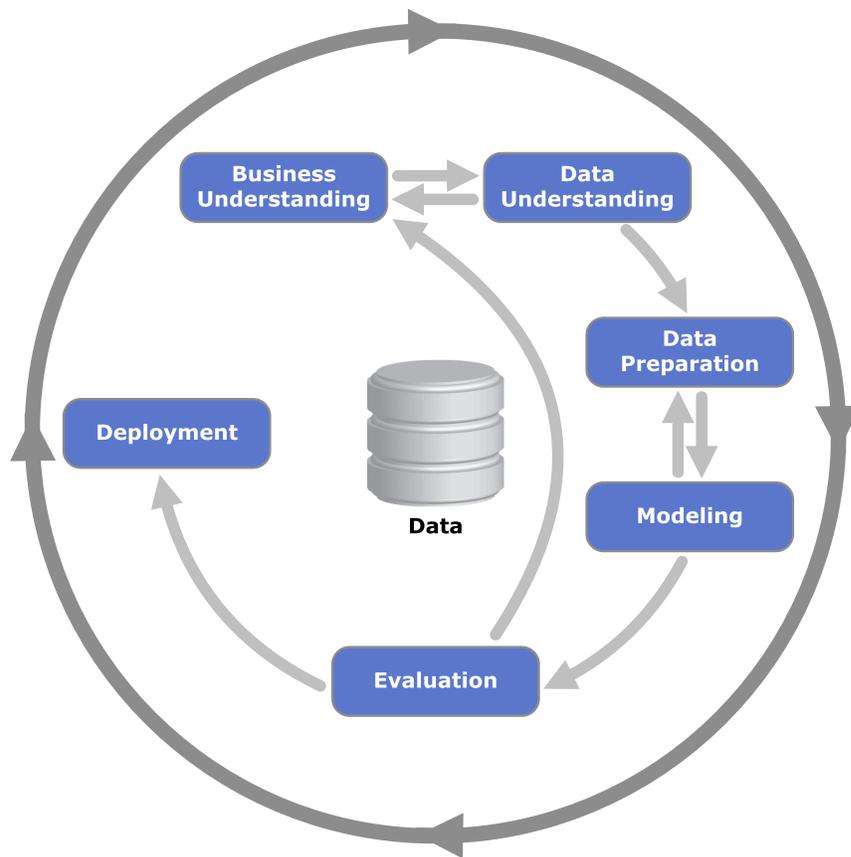


Figura 2.3: Metodología CRISPDM.
Fuente [Chapman et al., 2000]

mejor forma a la metodología de Ingeniería de Negocios propuesta por [Barros, 2015]. Otras metodologías no poseen tal visión, como por ejemplo, SEMMA que se centran más en las características estadísticas del desarrollo de un modelo de minería de datos, quizás por su origen con productos estadísticos. En el diagrama de la figura 2.4 podemos observar las tareas genéricas de cada una de las etapas de la metodología CRISPDM.

Fase 1: de comprensión del negocio o problema.

El objetivo de esta fase es determinar los objetivos y requerimientos del proyecto desde una perspectiva no técnica. En este proyecto de tesis se trabaja en las siguientes tareas planteadas por la metodología:

Determinar los objetivos del negocio, involucra el esclarecimiento del dominio del proyecto, sus objetivos y la forma de evaluarlos, lo cual servirá como base para la ejecución del proyecto.

Determinar los objetivos de la minería de datos, corresponde a la traducción a

Business Understanding	Data Understanding	Data Preparation	Modeling	Evaluation	Deployment
Determine Business Objectives <i>Background Business Objectives Business Success Criteria</i>	Collect Initial Data <i>Initial Data Collection Report</i>	Select Data <i>Rationale for Inclusion/ Exclusion</i>	Select Modeling Techniques <i>Modeling Technique Modeling Assumptions</i>	Evaluate Results <i>Assessment of Data Mining Results w.r.t. Business Success Criteria Approved Models</i>	Plan Deployment <i>Deployment Plan</i>
Assess Situation <i>Inventory of Resources Requirements, Assumptions, and Constraints Risks and Contingencies Terminology Costs and Benefits</i>	Describe Data <i>Data Description Report</i>	Clean Data <i>Data Cleaning Report</i>	Generate Test Design <i>Test Design</i>	Review Process <i>Review of Process</i>	Plan Monitoring and Maintenance <i>Monitoring and Maintenance Plan</i>
Determine Data Mining Goals <i>Data Mining Goals Data Mining Success Criteria</i>	Explore Data <i>Data Exploration Report</i>	Construct Data <i>Derived Attributes Generated Records</i>	Build Model <i>Parameter Settings Models Model Descriptions</i>	Determine Next Steps <i>List of Possible Actions Decision</i>	Produce Final Report <i>Final Report Final Presentation</i>
Produce Project Plan <i>Project Plan Initial Assessment of Tools and Techniques</i>	Verify Data Quality <i>Data Quality Report</i>	Integrate Data <i>Merged Data</i>	Assess Model <i>Model Assessment Revised Parameter Settings</i>		Review Project <i>Experience Documentation</i>
		Format Data <i>Reformatted Data</i>			
		<i>Dataset Dataset Description</i>			

Figura 2.4: Tareas genéricas de la metodología CRISPDM.
Fuente [Chapman et al., 2000]

términos técnico-estadísticos de los objetivos de negocios que se pretende alcanzar con el proyecto de minería de datos.

Fase 2: de comprensión de los datos.

Teniendo en consideración los objetivos del negocio, que enmarca el proyecto de minería de datos, se realiza la inspección de los datos disponibles con motivos de determinar su idoneidad y calidad, y poder formular las hipótesis iniciales. En este proyecto de tesis se trabaja en las siguientes tareas planteadas por la metodología:

Recopilación inicial de datos, para establecer los tipos de datos con que se cuenta o se puede contar y qué acciones se deben seguir para ello.

Descripción de los datos, con el objetivo de determinar la cantidad de registros, cantidad de atributos, tipos de valores, características estadísticas especiales, etc.

Exploración de los datos, revisar los datos de tal manera que se puedan encontrar subconjuntos de datos interesantes, posibles errores, y/o cierta aplicabilidad de los datos.

Verificación de calidad de los datos, con tal de determinar datos perdidos, o mal formateados, errores de entrada, unidades equivocadas, fallas en codificación, ambigüedades, etc. Determinar posibles soluciones y su costo en términos de desmedro de la calidad.

Fase 3: de preparación de los datos.

Consiste en la realización de algunas actividades con el objetivo de modificar el conjunto de datos inicial para obtener un data set final adecuado al proyecto que se está ejecutando. En este proyecto de tesis se trabaja en las siguientes tareas planteadas por la metodología:

Selección de los datos, es determinar qué datos serán usados para modelar de acuerdo al problema planteado. Los criterios incluyen la importancia a los objetivos de la minería de datos, la calidad de los datos, y las restricciones técnicas. Se deben seleccionar tanto los atributos como los registros de las tablas.

Limpieza de datos, con tal de obtener una mayor calidad de los datos seleccionados y que es requerido por las técnicas de modelamiento. Esto puede implicar la eliminación de subconjuntos de datos, la inserción de datos por defectos. Se debe considerar que estas acciones pueden impactar en los resultados del análisis posterior.

Construcción de datos, como la producción de atributos derivados, el ingreso de nuevos registros, o la transformación de valores para atributos existentes. Estas acciones se realizan considerando los objetivos del proyecto de minería de datos.

Integración de datos, Consiste en combinar o fusionar datos desde diferentes orígenes, tablas o registros con tal de elevar la calidad de estos.

Formateo de datos, modificaciones sintácticas de los datos que no cambian su significado, pero podría ser requerido en el proceso de modelado.

Fase 4: de modelado.

Es la fase en donde se seleccionan las técnicas de modelado más apropiadas para el proyecto de data mining en el que se está trabajando. En este proyecto de tesis se trabaja en las siguientes tareas planteadas por la metodología:

Selección de la técnica de modelado, que nos permita alcanzar los objetivos del proyecto de minería de datos, de acuerdo a los datos y los pasos previos de la metodología.

Generación de la prueba de diseño, con la idea de establecer los mecanismos que se usarán para probar la calidad y validez del modelo. Es decir, si se requieren datos de entrenamiento, prueba o validación y cómo será el proceso de generación de estos.

Construcción del Modelo, o ejecución del proceso de modelamiento sobre el conjunto de datos de entrenamiento. Con esto se obtendrá un modelo especificado por un conjunto de parámetros.

Evaluación del Modelo, con una visión puramente técnica y estadística, basada en el resultado de las tareas de modelamiento. El motivo es asegurar que el modelo satisface los criterios del proyecto de minería de datos.

Fase 5: de evaluación.

Consiste en evaluar los modelos obtenidos en las fases anteriores para determinar si son útiles a las necesidades del negocio previamente determinadas. En este proyecto de tesis se trabaja en las siguientes tareas planteadas por la metodología:

Evaluación de los resultados, con tal de definir si los resultados obtenidos realmente están alineados a los objetivos del negocio.

Fase 6: de desarrollo.

Corresponde al proceso de automatización de la explotación de los modelos obtenidos. También puede incluir la obtención de nuevos modelos analíticos, si es necesario. En este proyecto de tesis se trabaja en las siguientes tareas planteadas por la metodología:

Revisión del Proyecto, o la evaluación de lo que ocurrió correctamente y lo que ocurrió mal en el proyecto de minería de datos, con el objetivo de mejorar lo que se hizo en forma inadecuada.

Capítulo 3

Análisis Estratégico

Para realizar un análisis estratégico de la empresa recogemos y estudiamos los datos relativos al estado y evolución de los factores externos e internos más importantes que afectan a la empresa, y cómo esta los enfrenta.

Partimos observando la esencia de la empresa, plasmada en su misión y su visión sobre su posición en el mercado, luego analizamos su medio interno y externo, y posteriormente evaluamos los objetivos estratégicos que la empresa declara.

3.1. Mision y Vision de la Empresa

3.1.1. Misión

La misión de la empresa es:

”Ser un puente entre nuestros clientes y las mejores tecnologías del mundo, entregando soluciones sustentables que promuevan la productividad en sus ambientes de trabajo.”

De esta declaración podemos inferir que la empresa propone entregar no solo un producto sino que transferir conocimiento tecnológico a sus clientes (otras empresas) con el propósito de ser parte de sus procesos esenciales para “promover su productividad”, logrando, como consecuencia, relaciones perdurables en el tiempo.

De acuerdo al modelo delta de A. Hax, en [Hax, 2010], esta declaración ubicaría a la empresa en la estrategia de “Solución integral al cliente”, para lo cual se hace necesario mejorar el servicio entregado dado que es “una de las piezas centrales necesarias para lanzar un enfoque poderoso hacia las soluciones integrales al cliente”. Precisamente este proyecto de tesis se enfoca en mejorar la eficiencia en la gestión del servicio que se entrega.

3.1.2. Visión

La visión que inspira y motiva a la empresa se describe en la siguiente cita:

“Convertir a Dimacofi en la empresa líder del mercado nacional y latinoamericano, en impresión de documentos y soluciones documentales. Para lograr lo anterior, se invierte continuamente en el desarrollo de nuestros colaboradores y en la incorporación permanente de tecnologías.”

3.2. Análisis del Medio Externo

Para un mejor entendimiento de la dinámica de la industria y de la posición de la empresa frente a ella, empezamos realizando un análisis de las 5 fuerzas de Porter, el cual se bosqueja en forma general en la figura 3.1



Figura 3.1: Análisis de las 5 fuerzas de Porter.
Fuente: Elaboración propia basado en [Porter, 2007].

3.2.1. Amenazas de Nuevos Competidores

La posibilidad de que nuevos competidores entren al mercado se percibe como media. Al ingreso de HP al mercado del servicio, comprando toda la división mundial de impresión de

SAMSUNG, no le han seguido planes de ingreso de otras marcas como EPSON o Brother, como sí lo hicieron otras marcas en los años anteriores como Lexmark o Kyocera. La entrada de distribuidores es más difícil debido a los altos requerimientos y la larga curva de aprendizaje que requiere la entrega de forma adecuada del servicio. Por el contrario, se ha visto una salida de distribuidores que han sido comprados por empresas marcas.

3.2.2. Poder de Negociación de los Proveedores

La negociación de los proveedores, tanto de hardware como de software, se percibe como media. Por una parte existe alta competencia en sus respectivos mercados, no existe una gran concentración y no se tiene información sobre posibles fusiones. Por otro lado, los proveedores poseen un gran respaldo financiero, presencia mundial (generalmente), el volumen de venta hacia la empresa significa poco para sus resultados y además existen amenazas de proveedor de integración hacia adelante.

3.2.3. Poder de Negociación de los Compradores

Se considera que la capacidad de negociación de los compradores es media. Por una parte, existe una relación contractual a mediano plazo, generalmente 36 meses, que dificulta el reemplazo del servicio, los clientes importantes son numerosos y la integración hacia atrás de los clientes, o hacia adelante de los proveedores, es muy poco probable. Por otra parte, existen sustitutos del servicio cada vez más presentes, la contribución a la calidad o servicio de los productos del comprador se puede considerar baja y la rentabilidad del comprador depende en baja medida del servicio entregado.

3.2.4. Amenaza de Productos Sustitutos

La amenaza de productos sustitutos es alta. Como sustituto principal tenemos la gestión documental, que ha sido impulsada por cambios de hábitos en las empresas y una mayor conciencia ecológica. El cambio de hábitos en las empresas en la utilización de documentos digitales en vez del impreso ha sido impulsado por la creciente incapacidad que tienen las empresas de manejar los crecientes volúmenes de documentos que generan. Esto se evidencia en una caída, leve pero constante, en el volumen anual en las empresas, sin considerar las empresas que están en procesos de expansión.

3.2.5. Rivalidad entre Competidores

La rivalidad de los competidores en la industria es alta, evidenciado en una pelea de precios, campañas agresivas (Lexmark) y en la salida de competidores en el último tiempo. Estas salidas han sido de empresas distribuidoras, algunas de ellas por compras de empresas de marca.

3.2.6. Conclusión

Por lo indicado anteriormente, podemos inferir que el atractivo de la industria es bajo. El análisis realizado nos indica que nos encontramos en una industria madura de alta penetración, especialmente en los clientes grandes empresas, bajo crecimiento y de bajo margen.

De acuerdo a lo anterior se hace relevante para la empresa emprender proyectos de reducción de costos, de eficiencia en sus procesos y con foco en entregar mayor valor a los clientes, con lo cual se pueda apalancar estrategias de integración con el cliente. Los objetivos de este proyecto van en dirección con estas conclusiones.

3.3. Análisis del Medio Interno

3.3.1. Modelo Delta de Hax

Al analizar el día a día en la empresa podemos suponer que esta sigue, según el modelo delta de Hax [Hax, 2010], una estrategia de *Mejor producto* en su variante de *Diferenciación*, ver figura figura 3.2. La diferenciación de su oferta radica en la entrega de servicios con mayor valor agregado como los de reportería, accounting, seguridad, control, movilidad de impresión, etc unido a un servicio de logística y servicio técnico propio, en gran parte del país, y de reconocido nivel.

Estas prácticas han permanecido en la empresa a pesar de la declaración de cambio que ha realizado el Gerente General desde un “enfoque de producto a un enfoque de solución al cliente” y que se han complementado con acciones concretas en esta dirección.

Por una parte la empresa, en los últimos años, ha realizado alianzas con diversas marcas de hardware y software (SAMSUNG, HP, Kyocera, Fujitsu) con el objeto de ofrecer una paleta más diversas de productos. Esto, según A. Hax en [Hax, 2010], corresponde a una estrategia de “Amplitud horizontal”, que consiste en la provisión de un espectro completo de productos y servicios que satisfagan la mayoría, sino todas, las necesidades importantes del cliente. Esto es concordante con la iniciativa de impulsar una nueva línea de negocios correspondiente a la entrega de servicios de gestión de dispositivos o DAAS (Devices as a services) y al fortalecimiento de los servicios de gestión documental ya entregados por la empresa.

Por otra parte, la creación de la plataforma web “Dimacofi sucursal virtual”, destinada a entregar a los clientes de la empresa una vía de pago, de adquisición de nuevos productos y/o servicios, de información, y de consultas y/o reclamos en cualquier horario, va en la dirección de “Redefinición de la experiencia del cliente”, dado que se entrega, en esta industria, “una proposición de valor novedosa”.

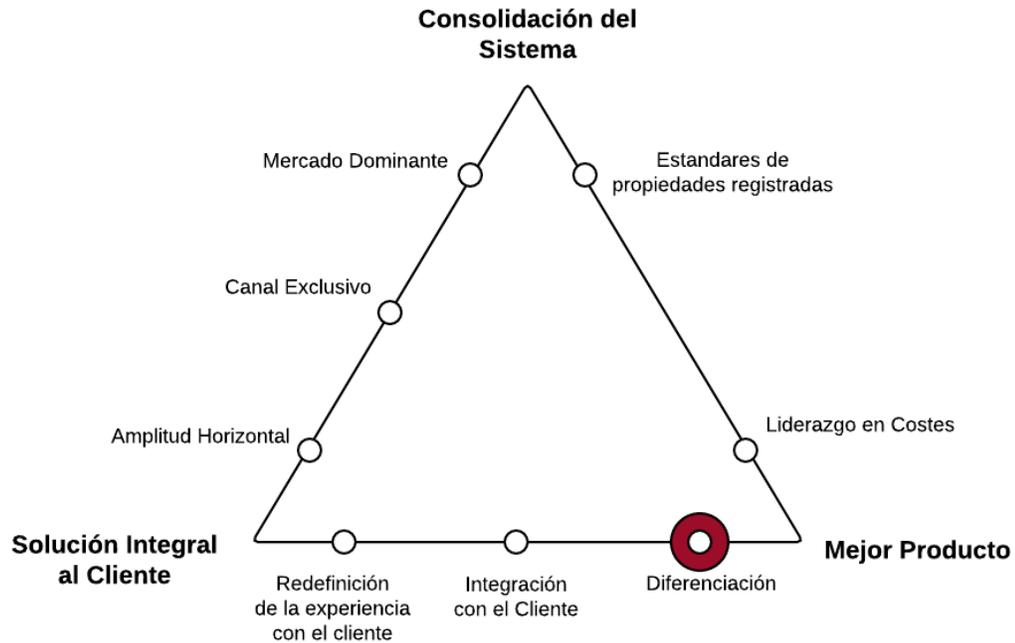


Figura 3.2: Posicionamiento Estratégico de Dimacofi S.A. según modelo delta de HAX.
Fuente: Elaboración propia basado en [Hax, 2010].

Por último, se han impulsado proyectos de creación de servicios de BPO (Business Process Outsourcing) con tal de “transmitir a los clientes que podemos ayudarles de muchas formas dado que tenemos la experiencia y conocimiento en la industria de tecnología”. Esto según [Hax, 2010] “busca proveer un soporte completo al cliente mediante la transferencia de conocimiento”, lo que concuerda con la misión de la empresa y se enfocaría en la dirección de “Integración con el cliente” potenciado además porque las relaciones contractuales de la empresa con sus clientes suelen ser de largo plazo (contratos promedios de 36 meses).

Todo lo anterior se enmarca en la estrategia de “Solución integral al cliente” que, según [Hax, 2010], aconseja que estos tres tipos de acciones (“Amplitud horizontal”, “Redefinición de la experiencia del cliente” e “Integración con el cliente”) se aborden simultáneamente.

3.3.2. Conclusión

De acuerdo a todo lo anterior, en la figura 3.3, graficamos la dirección del plan estratégico actual de la empresa de acuerdo al modelo delta de Hax.

El proyecto de esta tesis está enfocado en mejorar la eficiencia en la gestión del servicio que la empresa provee, lo que apoya el planteamiento estratégico antes mencionado, ya

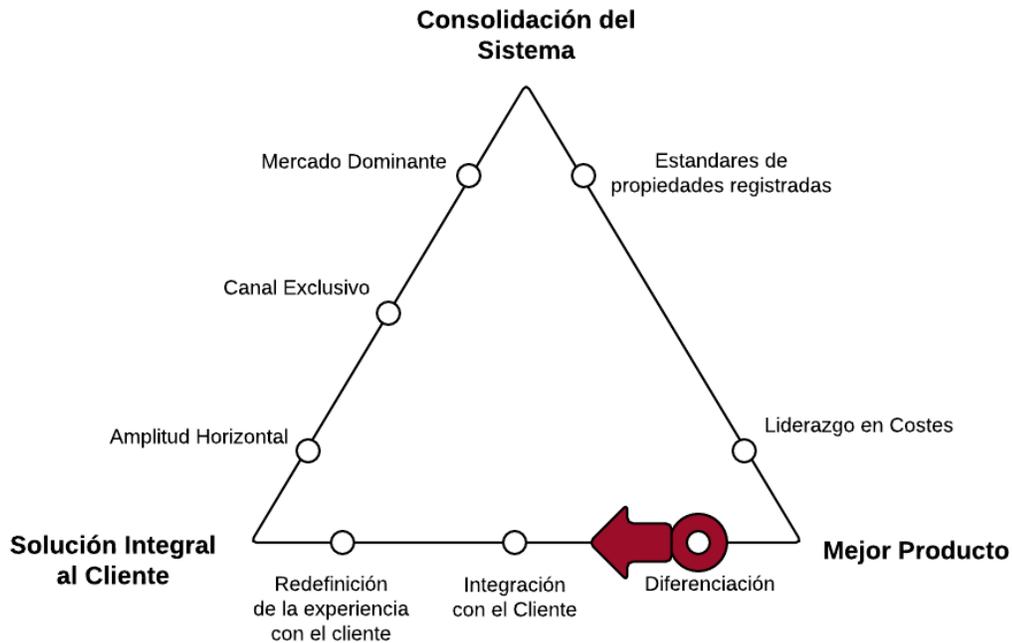


Figura 3.3: Propuesta de Posicionamiento estratégico para Dimacofi S.A. según modelo delta de Hax.

Fuente: Elaboración propia de acuerdo a [Hax, 2010].

que según [Hax, 2010] la eficiencia en los procesos internos “es una de las piezas centrales necesarias para lanzar un enfoque poderoso hacia las soluciones integrales al cliente” debido a que apoya, en este caso, la dirección de “Redefinición de la experiencia del cliente”, dado que difícilmente podemos cautivar al cliente con una propuesta novedosa si el servicio base funciona deficientemente, e “Integración con el cliente” debido a que una mejora en la continuidad operativa del servicio de impresión apoya la mejora del performance del servicio que la empresa entrega a sus clientes.

3.4. Análisis FODA

A modo de recapitular lo indicado en los análisis anteriores, en la figura 3.4 se muestra un análisis FODA de la empresa, como resumen de las características tanto internas (Debilidades y Fortalezas) como externas (Amenazas y Oportunidades).

3.4.1. Fortalezas de la Empresas

Dimacofi sigue manteniendo un cuota de mercado importante en Chile en los servicios gestionados de impresión, a pesar de la agresiva campaña de LexMark y el ingreso de HP y Brother, principalmente por las siguientes fortalezas de la empresa:



Figura 3.4: Análisis FODA de Dimacofi S.A.
Fuente: Elaboración propia.

- **Imagen de marca:** La percepción que tienen los clientes de la empresa con respecto al mercado, es resultado de una trayectoria de casi 91 años de existencia.
- **Servicio técnico:** Dimacofi cuenta con un equipo de más de 188 especialistas técnicos en todo el país para atender problemas técnicos de los equipos de sus clientes. El servicio técnico de Dimacofi, preocupado de mantener la continuidad operativa de los equipos, es reconocido en el mercado.
- **Presencia en todo Chile:** Dimacofi tiene presencia desde Arica a Puerto Montt con establecimientos propios y con partners hasta Punta Arenas. Esto le permite responder con su propio personal en casi todo Chile. Es capaz de atender a sus clientes a lo largo de todo el país y proveer insumos y repuestos a cualquier punto en sólo 48 horas.

3.4.2. Debilidades de la Empresa

La empresa ha mostrado tener una cierta inercia para enfrentar el desafío de una industria cambiante que demanda la entrega de un mejor servicio, al respecto se observa:

- **Estructura Rígida:** Al ser una empresa grande y ya con varios años de existencia Dimacofi tiende a ser una institución burocrática y de difícil control de sus procesos, poca comunicación entre áreas, zonas de responsabilidades no claras o inexistentes, y silos organizativos.
- **No es fabricante:** por lo cual tiene ciertas desventajas en la adquisición de los equipos de impresión y de software.

- **Operaciones son poco eficientes:** Baja automatización, criterios no estandarizados para la evaluación y bajo (o inexistente) control de los procesos involucrados en la empresa.

3.4.3. Oportunidades del Mercado

Las oportunidades que se observan en la industria con respecto al servicio de impresión son variadas:

- **Creciente demanda en servicios de gestión documental:** La evolución natural de los servicios de gestión de impresión son los servicios de gestión documental. En el mercado chileno la demanda por servicios de gestión de documentos es creciente, no sólo porque existe una tendencia clara de reemplazar el papel por su versión digital, sino que también el ritmo de generación de documentos es cada vez más grande y su manejo físico se hace cada vez más difícil.
- **Expandir la oferta de la Solución:** Es un hecho que la competencia local ofrece softwares y soluciones desarrollados por el fabricante de la marca o empresas proveedoras de software, lo cual implica que son estandarizados para varios rubros. Sin embargo, hay herramientas innecesarias que los hacen más costosas de lo que el usuario valora y está dispuesto a pagar. Aquí existe una oportunidad de customizar o desarrollar un servicio con menores funcionalidad a menor precio y llegar a un mercado que no puede pagar por licencias de software.
- **Otros servicios complementarios:** También los clientes están valorando las asesorías y las asistencias para tener mejor uso de sus equipos (por volumen, rapidez u otra característica), mejorar la eficiencia de sus procesos y poder controlar los costos asociados.

3.4.4. Amenazas del Mercado

Las amenazas que se visualizan en el mercado son:

- **Cambios de hábitos,** lo que se evidencia en una caída del consumo por los clientes. Este fenómeno ha sido impulsado por una parte, por las políticas de RSE de los propios clientes que han atacado en forma fuerte el hecho de que el papel es uno de las mayores fuentes de residuos y han llamado a su uso racional y responsable. Por otra parte, los clientes se han visto en problemas en el manejo de crecientes volúmenes de documentos y han tenido que reemplazar su uso en papel por su versión digital cuando les ha sido posible.
- **Nuevas tecnologías** como las referentes a la gestión documental, las cuales ya se han explicado anteriormente. Además, algunos servicios demandados por los clientes, como accounting o control de costos, van en la misma dirección de reducir los costos

de impresión y copia al cliente. Cabe indicar que Dimacofi, posee una política de RSE destinada al reciclaje del papel y tóner, y no al menor gasto de papel, pero esto es fácilmente confundible.

3.4.5. Conclusión

Como indicamos, una de las debilidades de la empresa, frente a sus competidores, es que no es fabricante. Esto implica que difícilmente pueda competir por precio en la industria. Además, cada vez más los servicios básicos de impresión no permiten a las empresas diferenciarse en su oferta de valor, debido a la madurez de estos. Por lo tanto, se hace relevante que la empresa mejore su propuesta de valor para los clientes, con una propuesta conjunta con servicios de gestión documental (y otros como DaaS) y la mejora en eficiencia en los procesos actuales.

Por otro lado, y acorde con lo anterior, se hace necesario que la empresa mejore su eficiencia en sus operaciones, reduzca costos e impulse con esto una estrategia que vaya en la línea de expandir servicios tecnológicos complementarios como asesorías en procesos de sus clientes.

3.5. Modelo de Negocio

Para representar el modelo de negocios de la empresa, se utiliza la metodología “Canvas de Osterwalder” descrita en [Osterwalder et al., 2013]. Este se bosqueja en la figura 3.5 y comprende el servicio gestión de impresión.

3.5.1. Descripción del Modelo de Negocios

En forma general, el modelo de negocios de la empresa se basa en la entrega de continuidad operativa de un servicio de impresión y de una calidad acorde a lo que los clientes requieren, en términos de resolución, velocidad, formato, funcionalidades, etc.

Para entregar este valor a sus clientes la empresa incurre, principalmente, en los gastos de financiación de los equipos que los usuarios ocupan y los costos de mantención de estos. Mientras que el valor se captura cobrando por uso de los equipos garantizando un cobro mínimo mensual.

Otro valor entregado por la empresa, reconocido por los propios clientes, según [Marketing, 2013], es el control de costos, debido a que la facturación mensual les permite ordenarse con respecto a ese ítem.

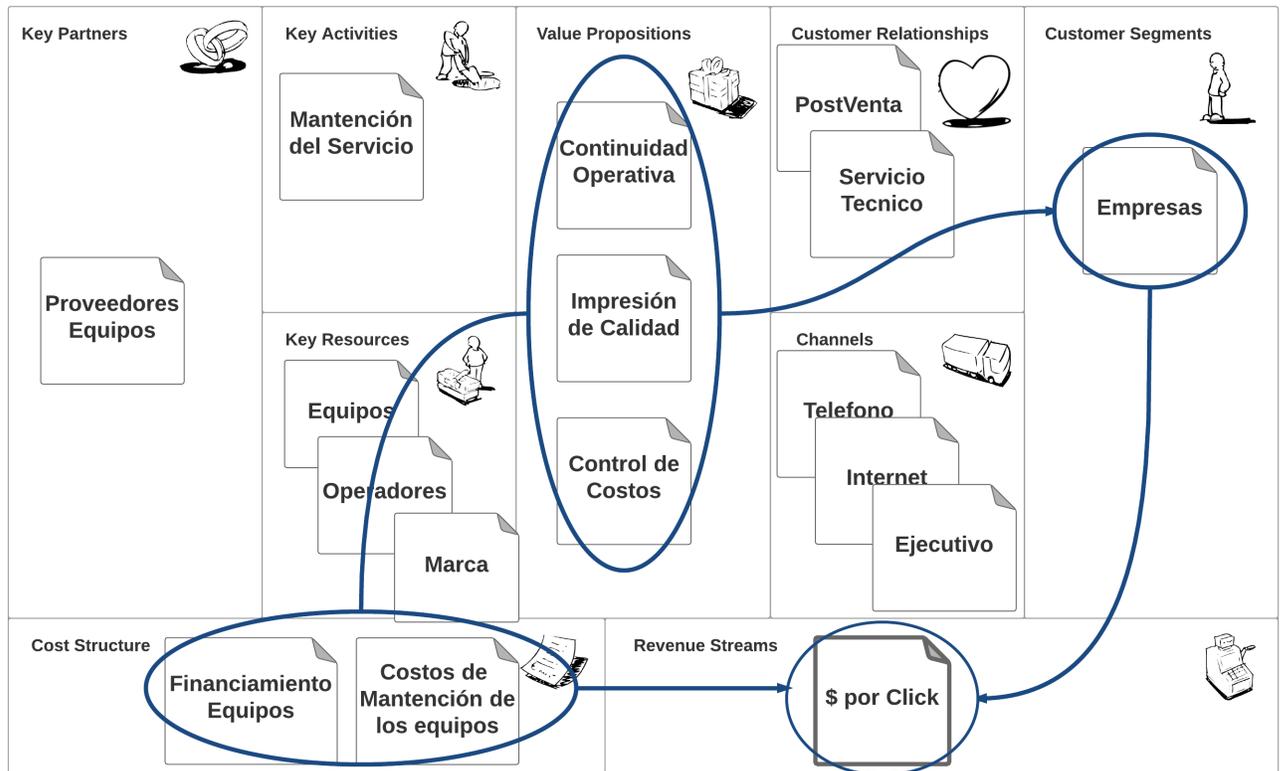


Figura 3.5: Modelo de Negocios Dimacofi S.A.. Fuente: Elaboración propia de acuerdo a metodología de Canvas de Osterwalder

Acerca de los clientes de la empresa, podemos indicar que corresponden a un negocio B2B, es decir, sus clientes son otras empresa¹. Dentro de estas, Dimacofi clasifica a sus clientes en tres grupos:

- **Grandes Cuentas**, reúne el grupo de clientes más importantes para la empresa, por sus necesidades de impresión y de soluciones tecnológicas para optimizar sus procesos documentales. Estas cuentas se ganan en base a licitaciones de arriendo, y actualmente sus principales demandas están en el control de costos.
- **PYMES**, es el segmento de clientes que tienen requerimientos de impresión con menores volúmenes. Una gran parte de estos clientes mantiene la compra de los equipos. Su mayor demanda a nivel de servicio recae en sistemas de accounting.
- **Mercados Verticales**, representan a empresas y organismos del área de Salud, Educación y Gobierno, que se atienden de manera especial por sus requerimientos más específicos.

¹Excluyendo la venta directa de equipos, repuestos e insumos

En la práctica, dentro de estas divisiones los ejecutivos de ventas realizan diferenciaciones de acuerdo a los rubros de los clientes, pero es algo informal y dado por la experiencia de cada uno de ellos.

El análisis del modelo de negocios de la empresa nos muestra la importancia que tiene en los costos del servicio la mantención de los equipos de impresión y, por otra parte, la importancia que tiene la continuidad operativa de estos en el valor entregado al cliente y por ende en los ingresos de la empresa. Esto hace relevante la realización de este proyecto de tesis.

En el anexo C existe una complementación de este análisis con respecto a las otras aristas que el canvas de Osterwalder propone.

Capítulo 4

Análisis de la Situación Actual

En esta sección, se busca identificar la arquitectura actual de la empresa. El diseño de esta arquitectura se basará en los patrones de Macroprocesos utilizados en el Magíster de Ingeniería de Negocios con Apoyo TI y que han sido propuestos por el profesor Oscar Barros, en [Barros, 2015].

4.1. Arquitectura de Macroprocesos

El uso de los patrones de arquitectura cataloga a Dimacofi S.A. en el diseño más simple puesto que se identifica una única cadena valor, lo que queda esquematizado en la imagen 4.1. En este análisis solo se considera a la empresa Dimacofi S.A., que es en donde se concentra el proyecto de este trabajo de tesis.

Se llega a la conclusión de que la venta directa de máquinas y el servicio de gestión de impresión entregado por la empresa pertenecen a una misma cadena de valor, y no a dos cadenas de valor con servicios compartidos, esto debido a dos consideraciones que se han tomado. La primera es que para entregar el servicio es necesario arrendar, la situación más común, o vender máquinas al cliente. Y en segundo lugar, que tanto la compra de las máquinas a los proveedores y posiblemente de software, la obtención de la oportunidad de venta, la gestión de entrega y la entrega en sí de las máquinas es idéntica tanto en la venta directa como en la entrega de servicio de impresión. Incluso es posible que un cliente que haya comprado una máquina de impresión, posteriormente contrate los servicios entregados por la empresa. No existe la modalidad de arriendo sin servicio.

En este diseño es interesante analizar algunos actores externos que interactúan con la empresa en caso particulares. Uno de estos actores es el servicio de transporte que complementa la logística en las zonas más alejadas del país. En estos casos, la empresa realiza la gestión de entrega, envía al transportista la carga indicada y verifica posteriormente la llegada de la misma. Otros actores son las empresas subcontratistas de servicios técnico en estas zonas extremas, que generalmente realiza la instalación y mantenimiento de las máquinas de impresión.

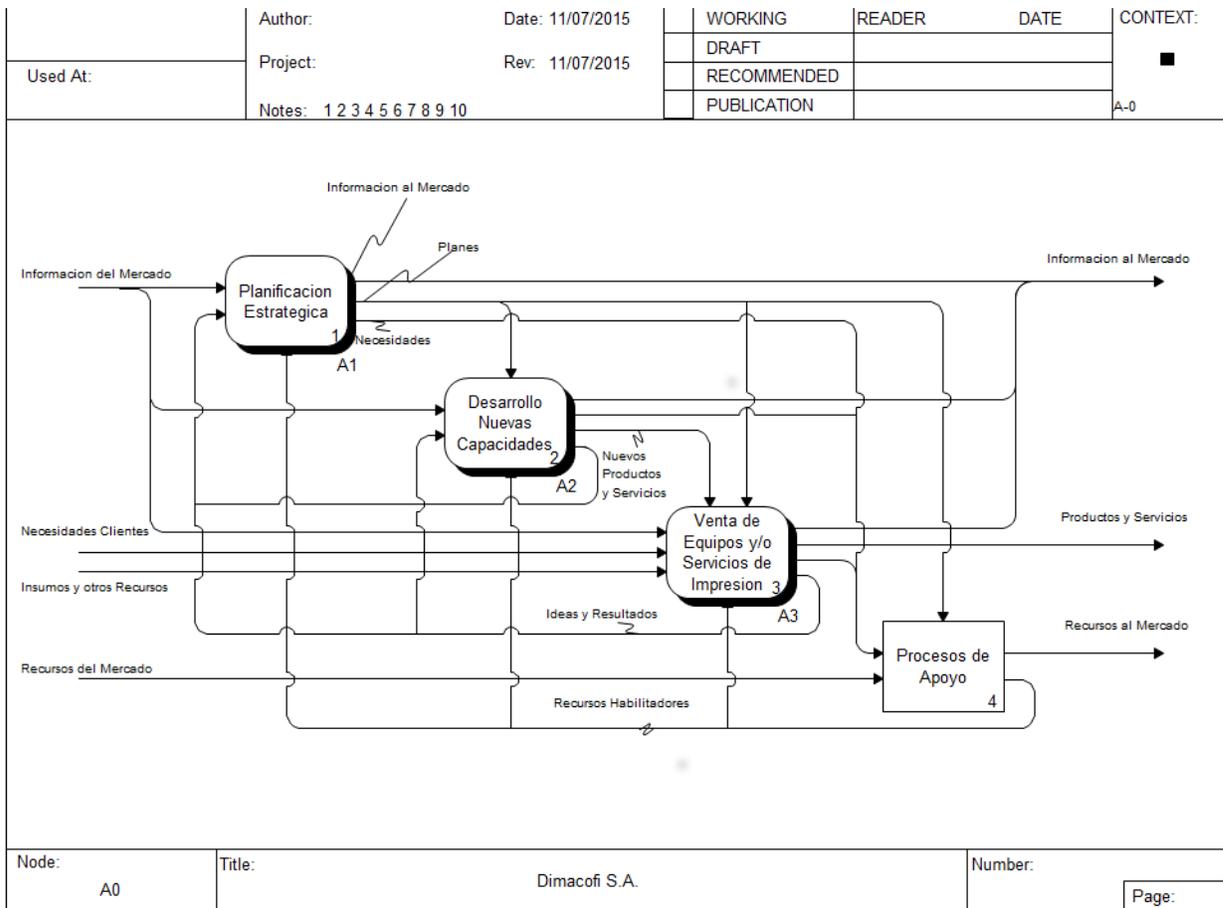


Figura 4.1: Arquitectura de Macroprocesos de Dimacofi S.A..
Fuente: Elaboración propia

Lo anterior indica que la arquitectura de procesos de la empresa es de una cadena de valor extendida por servicios de proveedores en casos particulares. Para ejemplificar, se puede mencionar la venta de máquinas a una empresa en Punta Arenas; se contrata el transporte y el servicio técnico para realizar la instalación de los equipos de impresión en el cliente. Ya que Dimacofi posee presencia de empleados propios hasta Puerto Montt.

4.2. Modelamiento detallado de procesos

4.2.1. Detalle sobre los Macroprocesos

Macro 1: Cadena de Valor, la empresa tiene deficiencias en el grupo de procesos de *Administración Relación con el Cliente*. No existen estudios detallados del mercado, ni de comportamiento de clientes, etc. Si existen servicios de post-venta para atender las necesidades, requerimientos y/o reclamos de los clientes, llevados por ejecutivas de cuentas que pueden ser dedicadas a la cuenta de acuerdo al tamaño de esta.

Por otro lado, también existen deficiencias en los grupos de procesos: *Gestión de Entrega de Equipos y Servicios*, y *Entrega de Equipos y Servicios*. Principalmente, debido a la falta de modernización de diversos procesos de la empresa y una arraigada cultura de actuar reactivamente. Particularmente, es el *actuar reactivamente* el principal problema en estos grupos de procesos, debido a que el actuar reactivamente conlleva ineficiencias evidentes en la gestión de las diferentes cuentas de clientes.

Macro 2: Desarrollo de Nuevas Capacidades, En relación a los proyectos, existe una deficiencia en la materialización de los planes estratégicos de la empresa. En la práctica este macroproceso funciona informalmente, en la medida de iniciativas particulares o de una gerencia en particular, y no como proyectos que involucren varias áreas. No existen procesos sistematizados.

Macro 3: Planificación del Negocio, el nuevo Gerente General ha impulsado la difusión de los lineamientos estratégicos de la empresa, especialmente desde reuniones trimestrales con los gerentes y mandos medios de todas las gerencias. En estas reuniones, también se revisan los resultados generales y los planes a seguir en el corto y mediano plazo. Además, se ha creado la Gerencia de control con el objetivo de medir objetivos y metas de acuerdo a la estrategia que se declara, iniciativa que ha mostrado buenos resultados en el descubrimiento de las falencias de la empresa. Todo lo anterior nos indica que existen procesos de desarrollo claros en referencia a este macroproceso.

Macro 4: Procesos de Apoyo, o provisión de recursos habilitantes funciona sin problemas evidentes con las necesidades de la empresa.

Si bien el análisis descrito anteriormente nos plantea diversas posibilidades de mejoras, el proyecto de esta tesis se enfoca en los macroprocesos de *Gestión de Entrega de Equipos y Servicios* y afecta en forma directa a los macroprocesos de *Entrega de Equipos y Servicios*. Ambos grupos de procesos pertenecen a la macro 1 en este caso *Venta de Equipos y/o Servicios de Impresión*. Este enfoque va en acorde con los objetivos estratégicos de la empresa (eficiencia de procesos, disminución de costos, aumentar satisfacción de cliente, mejora de procesos internos).

4.2.2. Detalle de “Venta de Equipos y/o Servicios de Impresión”

Al ir al segundo nivel de detalle de la macro 1 o cadena de valor, en este caso los procesos relacionados a la venta de equipos y/o servicios de impresión podemos identificar cinco grandes procesos que vemos en la imagen 4.2.

Administración de Relación con el Cliente: conjunto de actividades relacionados principalmente con procesos de marketing, comercialización y gestión de clientes. La empresa posee actividades referentes a satisfacer inquietudes y/o reclamos de clientes, pero se tienen falencias en las actividades de análisis y evaluación del mercado.

Administración Relación con Proveedores: tareas dedicadas a la gestión de proveedores. La empresa es fuerte en este aspecto y ha iniciado una expansión de la paleta de productos que va de la mano con ampliar la cantidad de proveedores. Por otro lado, existen problemas en el proceso de gestión de la demanda de máquinas, repuestos e insumos que son necesarios para la entrega del servicio.

Gestión de Entrega de Equipos y Servicio: agrupa los procesos donde se realizan todas las actividades relacionadas a la gestión y planificación de la producción y entrega de los productos y/o servicios ofrecidos a los clientes de acuerdo a las condiciones comprometidas. En este caso corresponde a la gestión de entrega de los equipos de impresión vendidos o la gestión y/o planificación del servicio de impresión contratado (o ambos).

Este grupo de procesos presenta deficiencias cuando se trata de entregar servicios de la gestión de impresión. Si bien los procesos de planificación y control, tanto de la fase de implementación como de la fase de producción, se encuentran presentes, estos son muy deficientes debido a que generalmente se trabaja en forma reactiva, y se planifica sobre la marcha, lo que puede ocasionar gastos inadecuados, errores y molestias en los clientes.

Entrega de Equipos y Servicio: compuesto por todas las actividades que permiten que la entrega de la venta o de los servicios se realice en forma satisfactoria para el cliente. La entrega del servicio de impresión involucra una fase de instalación, tanto de los equipos y del software necesario (de acuerdo a las características del cliente), y una fase de producción en donde se monitorea y controla la correcta entrega de los niveles de servicio comprometidos y de acuerdo a la planificación realizada en el bloque de *Gestión de Entrega de Equipos y Servicio*.

Las falencias descritas en *Gestión de Entrega de Equipos y Servicio* impactan directamente en este grupo de procesos. Además, no existen un adecuado monitoreo de las variables que el servicio involucra. Se trabaja tratando de mantener la continuidad operativa de los equipos, pero sin realizar un análisis profundo que evite fallas a posterior. Es común depender de la idoneidad del operador de la cuenta para mantener un servicio adecuado, lo que indica que este proceso no funciona en forma correcta.

Mantenimiento de Estado: destinado a generar antecedentes requeridos por otras actividades para realizar su trabajo. Es importante para registrar la data e información necesaria para los demás procesos de la empresa.

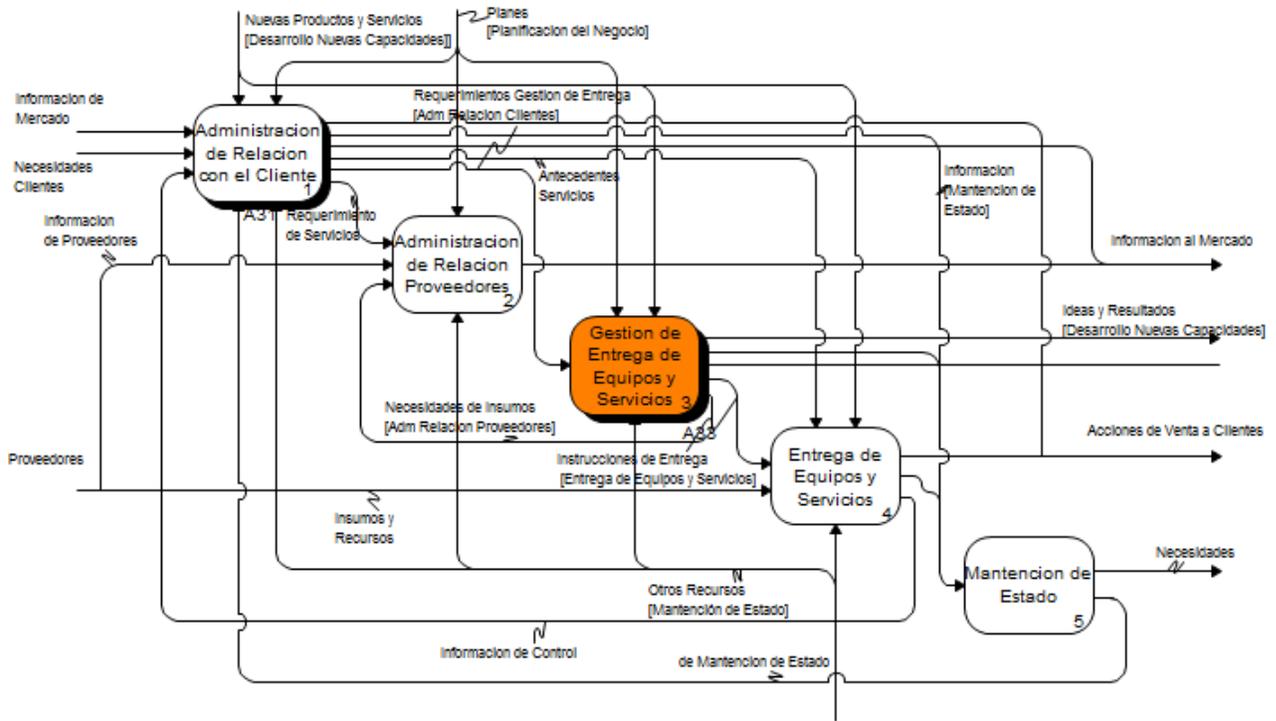


Figura 4.2: Macro 1: Venta de Equipos y/o Servicios de Impresión.

Fuente: Elaboración propia.

4.2.3. Detalle de “Gestión de Entrega de Equipos y Servicios de Impresión”

Analizando el tercer nivel de detalle, en el caso de este proyecto, explosionando la *Gestión de Entrega de Equipos y Servicios de Impresión*, que es donde se enfoca el proyecto de esta tesis, podemos rescatar:

Implementar Nuevos Servicios: debe desarrollar los nuevos productos o servicios que se demandan desde la macro *Desarrollo de Nuevas Capacidades*, lo que actualmente no está muy desarrollado en esta empresa. Es esperable que este proyecto logre impulsar la necesidad de fortalecer este grupo de procesos.

Planificación y Control de Implementación del Servicio: corresponde a los procesos donde se planifica y controla la logística de entrega e instalación de los equipos de impresión, y de todo el hardware y software adicional, que es necesario para entregar los servicios requeridos por el cliente.

Planificación y Control de Entrega del Servicio: corresponde a los procesos donde se monitorea y controla la entrega del servicio de acuerdo a lo planificado y se da soporte de las distintas incidencias. Actualmente la empresa funciona reactivamente frente a la de-

manda de requerimientos de los clientes referentes a la continuidad operativa de los equipos. Tampoco existe un control adecuado del servicio que se debe entregar, ni evaluación de que lo que se instaló originalmente en un cliente de acuerdo al uso evidenciado.

Es en este último grupo de procesos donde se ubica el rediseño de procesos de este proyecto. Se pretende rediseñar un proceso de predicción de fallas de equipos de impresión que alimente al proceso de planificación de visitas técnicas con el objeto de aumentar las visitas técnicas preventivas.

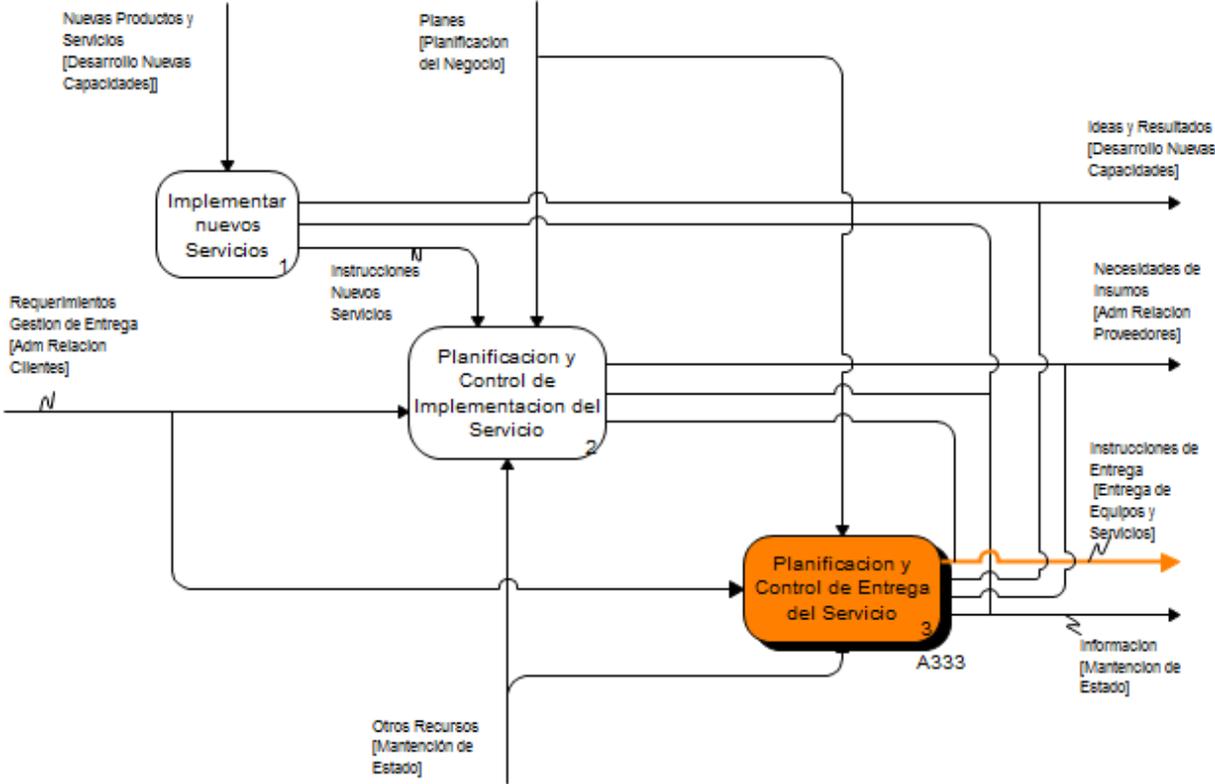


Figura 4.3: Gestión de Entrega de Equipos y Servicios de Impresión.
Fuente: Elaboración propia.

4.3. Cuantificación del problema u oportunidad

A solicitud de la empresa no se incluyan cifras con respecto a los gastos globales que esta incurre. Debido a lo anterior, podemos indicar algunas cosas que nos ayuden a dimensionar la magnitud del problema.

Por una parte podemos indicar que casi la totalidad de las visita técnicas de mantención son de caracter reactivo, y que cada una de estas requiere de dos visita técnicas a las dependencias del cliente. La primera de ellas para la evaluación de los sucedido, mientras que la segunda para la solución del problema en si.

Lo anterior causa que el promedio de horas detenidas de los equipos de impresión sea de 10.2 horas hábiles, y que más del 40 % de las fallas de los equipos incumplan los compromisos de nivel de servicios (SLA), por efecto de continuidad operativa de los mismos. Para beneficio de la empresa pocos de estos incumplimientos son cobrados demandados por los clients, pero potencialmente podrian hacerlo.

Se debe indicar además que los items referentes a las horas hombres y movilización de técnicos son de gran peso en los gastos que la empresa incurre en la entrega de los servicios a sus clientes.

Capítulo 5

Rediseño de procesos

Utilizando la metodología de Ingeniería de Negocios propuesta por el profesor Oscar Barros, en [Barros, 2015], se identificará los procesos que son necesarios rediseñar para cumplir con los objetivos del proyecto de esta tesis.

5.1. Objetivos del rediseño de procesos

Según el contexto del problema, el análisis estratégico, el modelo de negocios de la organización y la arquitectura de procesos presentados anteriormente, el objetivo del rediseño es la generación de un apoyo tecnológico que permita mejorar la eficiencia operacional, mejorando los procesos de *Gestión de Entrega de los Servicio de Impresión* y su posterior entrega.

Además, se pretende mejorar la coordinación entre las diferentes áreas de la empresa, a través de la formalización de procedimientos e incorporación de buenas prácticas que vayan en dirección de cumplir los objetivos del negocio.

5.2. Alcances del rediseño de procesos

El rediseño de procesos se desarrolla en la macro 1, particularmente en el grupo de procesos de *Gestión de Entrega de Equipos y Servicios* y afectando en forma directa a la *Planificación y Control de Entrega del Servicio*. Los resultados del rediseño deberían afectar al grupo de procesos de *Entrega de Equipos y Servicios*.

5.3. Dirección del Cambio

A continuación se realiza un levantamiento de las variables de diseño del proyecto. Cada una de estas variables representa una dimensión de análisis y a su vez está estructurada en atributos o perspectivas, que se aborda individualmente. Esto nos permitirá diseñar de una forma sistemática el detalle de los procesos a ser rediseñados.

5.3.1. Estructura Empresa y Mercado

Según [Barros, 2015], es la variable de mayor impacto sobre el alcance del proyecto, en especial cuando se deciden hacer cambios a nivel de estrategia, modelo de negocios y/o de arquitectura. En este proyecto se pretende fortalecer el posicionamiento estratégico de *Servicio Integral al Cliente* que tiene la empresa, teniendo un mayor control de los servicios prestados a los clientes y creando protocolos preventivos de acción que apoyaran la toma de decisiones.

Tabla 5.1: Variable de Diseño: Estructura Empresa y Mercado.

Fuente: Elaboración propia

a.	VARIABLES DE DISEÑO Estructura Empresa y Mercado	Actual	Propuesta
a.1	Servicio Integral al Cliente	Si, muy débil	Fortalecer, mejorar conocimiento del servicio entregado, operar en forma proactiva, entregando un servicio integral al cliente.
a.2	Lock-in Sistémico	No	No
a.3	Integración con proveedores	No	No
a.4	Estructura interna: centralizada o descentralizada	Centralizada Débil	Fortalecer
a.5	Toma de decisiones: centralizada o descentralizada	Descentralizada	Apoyar con tecnología toma de decisiones descentralizadas

5.3.2. Anticipación

Esta variable analiza la capacidad de predicción que tienen las instituciones para anticiparse a ciertos eventos. En este proyecto se propone principalmente, desarrollar modelos predictivos que permitan pronosticar las fallas de equipos de impresión y así evitar caídas del servicio o pérdidas de la continuidad operativa. Con respecto a la búsqueda de oportunidades de negocios, esta se puede obtener gracias al análisis de uso de los equipos en las diferentes cuentas de cliente como posibles aumentos de parques, o creación de productos customizados, etc.

Tabla 5.2: Variable de Diseño: de Anticipación.

Fuente: Elaboración propia

b	Variable de Diseño Anticipación	Actual	Propuesto
b.1	Pronostico de venta	No	No
b.2	Generación de condiciones favorables de mantenimiento de las Cuentas	No	Desarrollar modelos predictivos que permitan mantenciones preventivas
b.3	Búsqueda de oportunidades de negocios a partir de análisis de comportamiento de clientes	No	No
b.4	Generación de prospectos	No	No

5.3.3. Coordinación

Esta variable busca identificar las necesidades de reformular las relaciones entre las áreas directivas y ejecutivas de la institución. En este sentido, el proyecto intenta realizar una coordinación por colaboración complementaria a las reglas de negocio que se busca implementar, incorporando el uso de herramientas tecnológicas como el sistema de reportes y el predictor de fallas de equipos, apoyando con información a todos los involucrados en los procesos.

Tabla 5.3: Variable de Diseño: de Coordinación.

Fuente: Elaboración propia

c.	Variable de Diseño Coordinación	Actual	Propuesto
c.1	Reglas	Informales	Reglas formales con apoyo computacional para planificar mantenciones y mejorar el servicio
c.2	Jerarquía	Si	Si
c.3	Colaboración	No o Informal	Proceso formal de colaboración para entrega y soporte del servicio
c.4	Partición	Dividida por tamaño de cliente	Mantener situación actual

5.3.4. Prácticas de Trabajo

Las variables de prácticas de trabajo permiten visualizar de qué manera se deben ejecutar las tareas de los procesos de manera que se cumplan con el rediseño propuesto.

Tabla 5.4: Variable de Diseño: de Prácticas de Trabajo.
Fuente: Elaboración propia

d.	Variable de Diseño Prácticas de Trabajo	Actual	Propuesto
d1.	Lógica de negocio automatizada o semiautomatizada	No	Automatización de procesos preventivos de fallas en la entrega del servicio
d.2	Logica de apoyo a actividades tácitas	No	Si, generando sistema de apoyo a área operativa
d3.	Procedimientos de coordinación e integración	No	Si, definición de flujos de trabajo y sistemas de información para la planificación
d.4	Logica y procedimientos de medición de desempeño y control	No	Medición por indicadores

5.3.5. Integración de Procesos Conexos

Esta variable busca estudiar el alcance del proyecto con respecto a la cantidad de procesos y macroprocesos con los que debe interactuar. El proyecto busca rediseñar el macro-proceso asociado a la cadena de valor.

Tabla 5.5: Variable de diseño: Integración Procesos Conexos.
Fuente: Elaboración propia

e.	Variable de Diseño Integración de procesos conexos	Actual	Propuesto
e.1	Proceso aislado	No	No
e.2	Todos o la mayor parte de los procesos de un macroprocesos	No	No
e.3	Dos o más macros que interactúan	No	No

5.3.6. Mantención Consolidada de Estados

Esta variable tiene relación con las necesidades de información requeridas por los procesos involucrados en el rediseño que el proyecto propone. Con el propósito de ocupar y entrenar los modelos predictivos, es necesario contar con información actualizada en sistemas de persistencias.

Tabla 5.6: Variable de diseño: Mantención Consolidada de Estados.

Fuente: Elaboración propia

f.	Variable de Diseño Mantención Consolidada de Estados	Actual	Propuesto
f1.	Datos propios	No	No
f2.	Integración con datos de otros sistemas de la empresa	Si	Si
f3.	Integración con datos de sistema de otras empresas	No	No, no es necesario

-

5.4. Detalle de Procesos Rediseñados

Se debe recordar que el foco del rediseño de esta tesis se enfoca en el proceso de *Planificación y Control de Entrega del Servicio*, el cual pertenece al grupo de procesos de *Gestión de Entrega de Equipos y Servicios de Impresión* en la Macro 1, que en este caso es la *Venta de Equipos y/o Servicios de Impresión*.

5.4.1. Planificación y Control de Entrega del Servicio

En el tercer nivel de la estructura de macroprocesos, explosionando el proceso de *Planificación y Control de Entrega del Servicio*, encontramos los procesos que observamos en la figura 5.1. En esta figura, con color naranja, mostramos los dos procesos afectos al rediseño:

Desarrollo de modelos predictivos de fallas de equipos, en el cual se desarrollarán los modelos predictivos de equipos de impresión, de acuerdo a la necesidad de estos, y que servirán de base a la planificación de visitas técnicas. También en este proceso, los modelos predictivos desarrollados se evalúan de acuerdo a su performance.

Planificar Entrega del Servicio, es el proceso donde se realizan las actividades necesarias para generar el plan entrega y soporte de las actividades relacionadas con la entrega de los servicios de impresión. Estas actividades tienen la responsabilidad de mantener la continuidad operativa y la planificación de visitas técnicas tanto reactivas o de emergencias como las visitas preventivas. Este proceso recibirá desde el proceso anterior los modelos predictivos y realizará predicciones respectivas.

Monitoreo Entrega del Servicio, debe monitorear la entrega del servicio según lo comprometido con el cliente y a lo planificado de acuerdo a lo que es entregado en el proceso anterior.

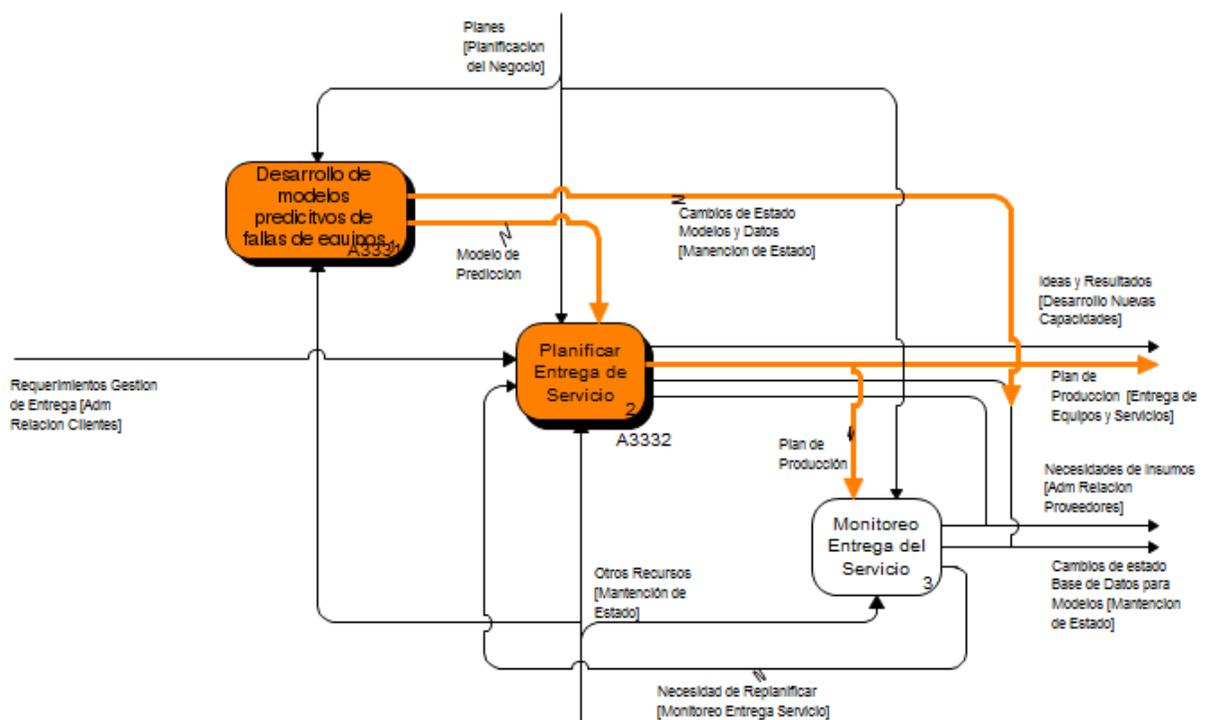


Figura 5.1: Planificación y Control de Entrega del Servicio.
Fuente: Elaboración propia.

A continuación se describen los flujos más importantes en este bloque de procesos y que son importantes de tener en cuenta en el desarrollo del proyecto:

- **Modelo de Predicción**, corresponde al modelo (o los modelos) de predicción de fallas elaborado en el proceso de *Desarrollo de modelos de predicción de fallas de equipos* de acuerdo a los datos que se determinen y que se utilizara en la *Planificación Entrega de Servicio*.

- **Plan de Produccion de Entrega**, corresponde a los planes de entrega y soporte de los servicios de impresión, y que serán enviados a los procesos de *Entrega del Servicio*. Actualmente estos planes se realizan de acuerdo a los servicios comprometidos, la planificación del negocio, la calendarización del personal y el monitoreo de entrega del servicio. La idea de este proyecto, es que se incluya en esta planificación la información entregada por la predicción de fallas y reportes. Esta información también se debe entregar al bloque de monitoreo de entrega del servicio con tal de comparar el servicio que es finalmente entregado.
- **Cambios de Estado Modelo y Datos**, a mantención de Estado indicando cualquier cambio en el(los) modelo(s) predictivo(s) y cambios en la base de datos a utilizar y que puede servir a los demás procesos.
- **Necesidad de Re-planificar**, es la información que rescata el proceso de *Monitoreo de Entrega del servicio* de acuerdo a lo observado en la realidad, problemas o requerimientos del cliente, y que es entregada al bloque de *Planificación Entrega del servicio* como un lazo de retroalimentación por necesidad de retroalimentar. Estas re-planificaciones pueden ser visitas técnicas preventivas o de emergencias, o referentes a planificación de la operación del servicio, como pueden ser el aumento de parque, cambio de equipos, cambio de operador, entrega de información, etc.

5.4.2. Desarrollo de modelos predictivos de fallas de equipos

En la figura 5.2 observamos el detalle del proceso *Desarrollo de modelos predictivos de fallas de equipos* el cual se compone de tres procesos que se describen a continuación:

Preparar datos, proceso típico de preparación de datos para su uso en la construcción de los modelos. Es una tarea periódica que tiene la función de consolidar y preparar la data, y dejarla disponible en el.

Evaluación de modelos predictivos, es un proceso que evalúa los modelos predictivos obtenidos. Con el paso del tiempo, es posible que los modelos, por distintas razones, se desajusten, por lo cual es necesario una evaluación cada cierto tiempo.

Desarrollo de modelos predictivos, es el proceso de elaboración de los modelos de predicción de fallas de los equipos, y se ejecuta cuando se hace necesario el desarrollo de un modelo predictor nuevo. Cuando un modelo no está siendo efectivo y no es posible una mejora con la calibración de parámetros, solo queda la posibilidad de desarrollar otro modelo con otros algoritmos o utilizando otros inputs, etc.

A continuación se describen los flujos más importantes en este bloque de procesos y que se considera importante mencionar:

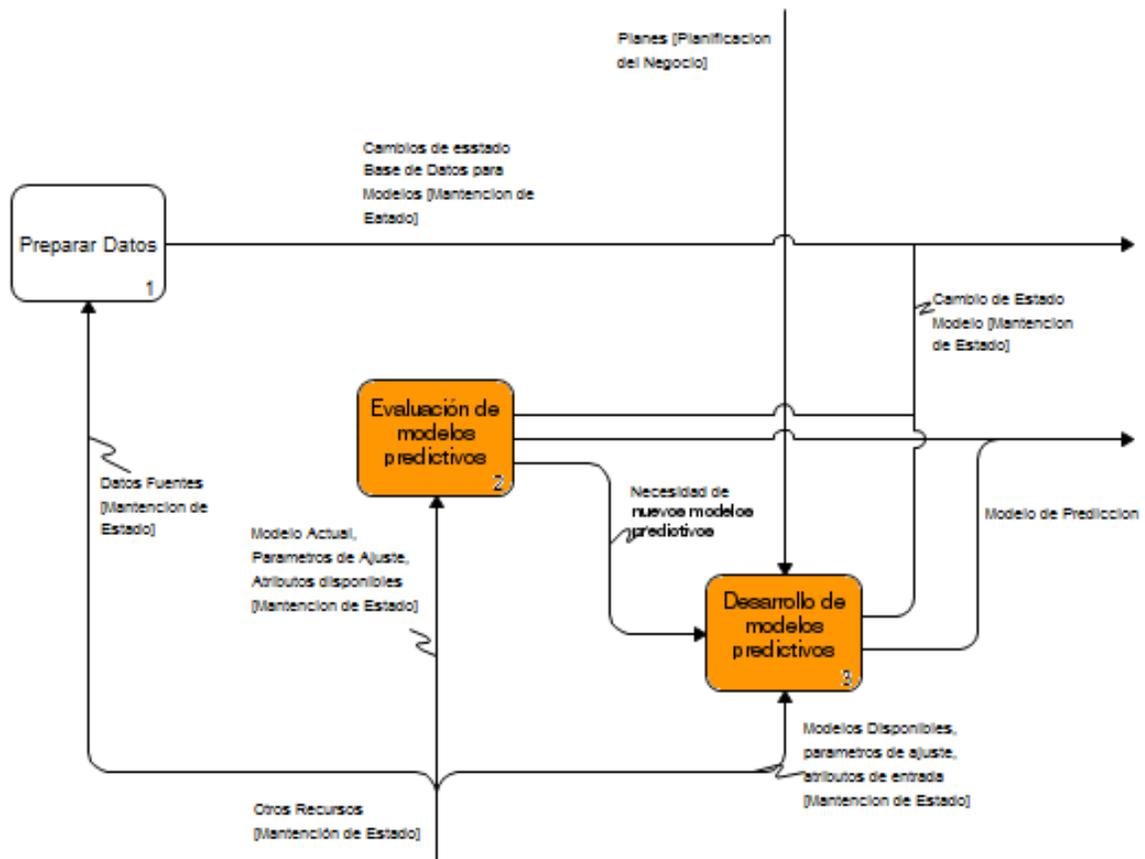


Figura 5.2: Desarrollo de modelos predictivos de fallas de equipos.
Fuente: Elaboración propia.

- **Datos Fuentes**, es la data provenientes de varias fuentes y que deben ser consolidados y trabajados para ser utilizados en el desarrollo de los modelos.
- **Cambios de Estado Base de Datos para Modelo**, indicación que la data ha sido trabajada y está lista para ser utilizada para el desarrollo de modelos.
- **Necesidad de nuevos modelos predictivos**, información con la necesidad de desarrollar un nuevo predictor por degradación de un modelo.
- **Modelos disponibles, parámetros de ajuste, atributos**, y todo lo necesario para implementar un nuevo modelo de predictor si es solicitado.

Preparar datos

Utilizando un diagrama de pistas, que observamos en la figura 5.3, podemos describir el proceso de “Preparación de datos”. Los datos a utilizar, en la mayoría de las veces, se encuentran en fuentes y formatos diferentes, por lo cual es necesario extraerlos, formatearlos y unificarlos en una sola fuente. Igualmente, se debe verificar que en este proceso no existan

errores o alguna inconsistencia y que pueden ser utilizados en la preparación de modelos y en su evaluación.

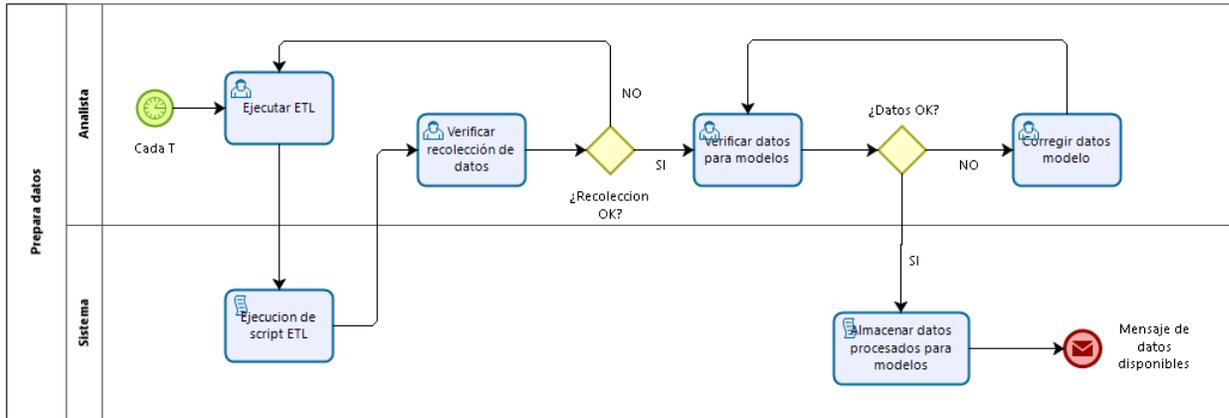


Figura 5.3: Preparación de Datos.
Fuente: Elaboración propia.

Evaluación de modelos predictivos

El proceso de evaluación de los modelos consiste en ir revalidando el modelo (o los modelos) con cierta frecuencia con la finalidad de detectar si estos requieren de una actualización. Basicamente, se evalua la perfomance de las predicciones con respecto a la realidad y si el error no se considera aceptable se envia un mensaje de “Necesidad de nuevo modelo de predicción”, el cual indicará al proceso de *Desarrollo de los modelos predictivos* que debe obtener un nuevo modelo de predicción.

Desarrollo de modelos predictivos

Para obtener los modelos predictivos de fallas de equipos seguimos el proceso que se bosqueja en la imagen 5.4. El proceso se gatilla con la petición de nuevos modelos predictivos y su primera acción es obtener la data ya procesada para el proceso.

Posteriormente se realiza el proceso de obtención de los modelos predictivos de diferentes tipos de algoritmos, arboles de decisión, redes neuronales, regresión, etc. y se eligue el de mejor perfomance. Si este modelo cumple con un umbral minimo se eligue como nuevo modelo de predicción y se informa.

5.4.3. Planificar Entrega del Servicio

Volviendo atrás en la descripción de la arquitectura, en *Planificación y Control de Entrega del Servicio* que se bosqueja en la figura 5.1, explosionamos ahora el proceso *Planificar Entre-*

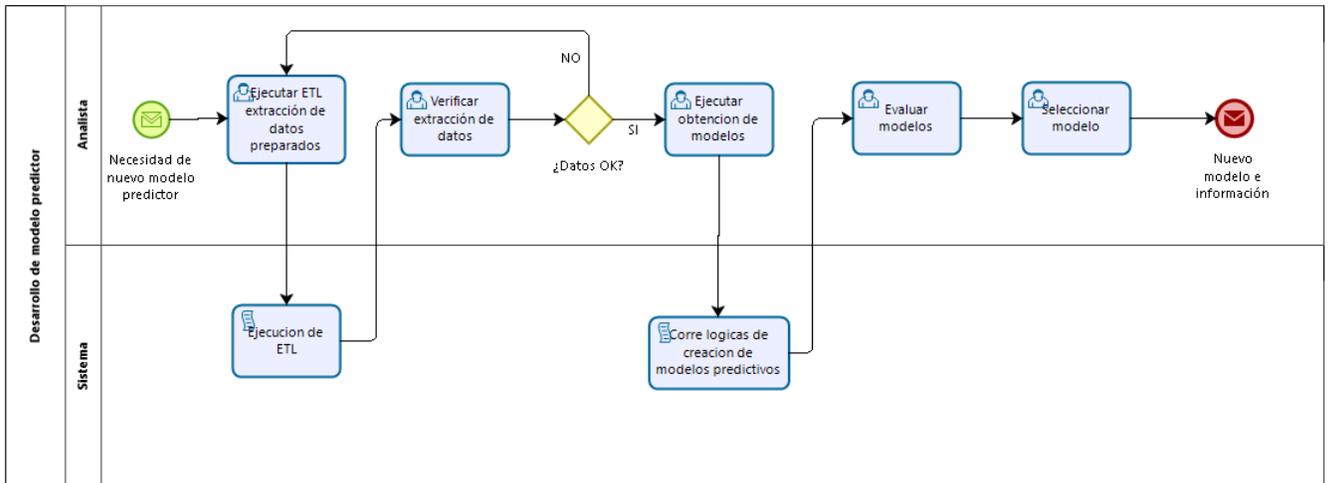


Figura 5.4: Desarrollo de los modelos predictivos.

Fuente: Elaboración propia.

ga de Servicio, en donde encontramos los siguientes procesos, que observamos en la figura 5.5:

Predicción fallas de equipos, es el proceso donde se utiliza el modelo predictivo previamente desarrollado y cuya salida es una lista de equipos con probabilidad de falla durante un determinado periodo.

Planificar visitas preventivas, es el proceso donde se utiliza la lista de equipos con probabilidad de falla y se utiliza para la generación de visitas preventivas en los clientes. Lo anterior se desarrolla junto con reglas de negocios como: prioridad de clientes, demanda de equipos¹, ubicación geográfica, calendario de técnicos, etc.

Planificar visitas de emergencias, planificación de visitas técnicas por alguna falla de emergencia.

Planificar operación del servicio, planificación de la mantención de la continuidad operativa del servicio, lo cual puede involucrar la planificación de las tareas que deben realizar los operadores de cuentas, el cambio de los mismos en un determinado cliente, atender quejas de clientes, entrega de información, aumentos de parque, cambios de equipos, etc.

A continuación se describen los flujos más importantes en el bloque de procesos:

- **Predicción de fallas de equipos**, lista de equipos que el sistema predice que son propensos a tener alguna falla que atente con la continuidad operativa del servicio y que será utilizada por el proceso de planificación preventiva.

¹Es más importante mantener la continuidad operativa de los equipos que son más rentables

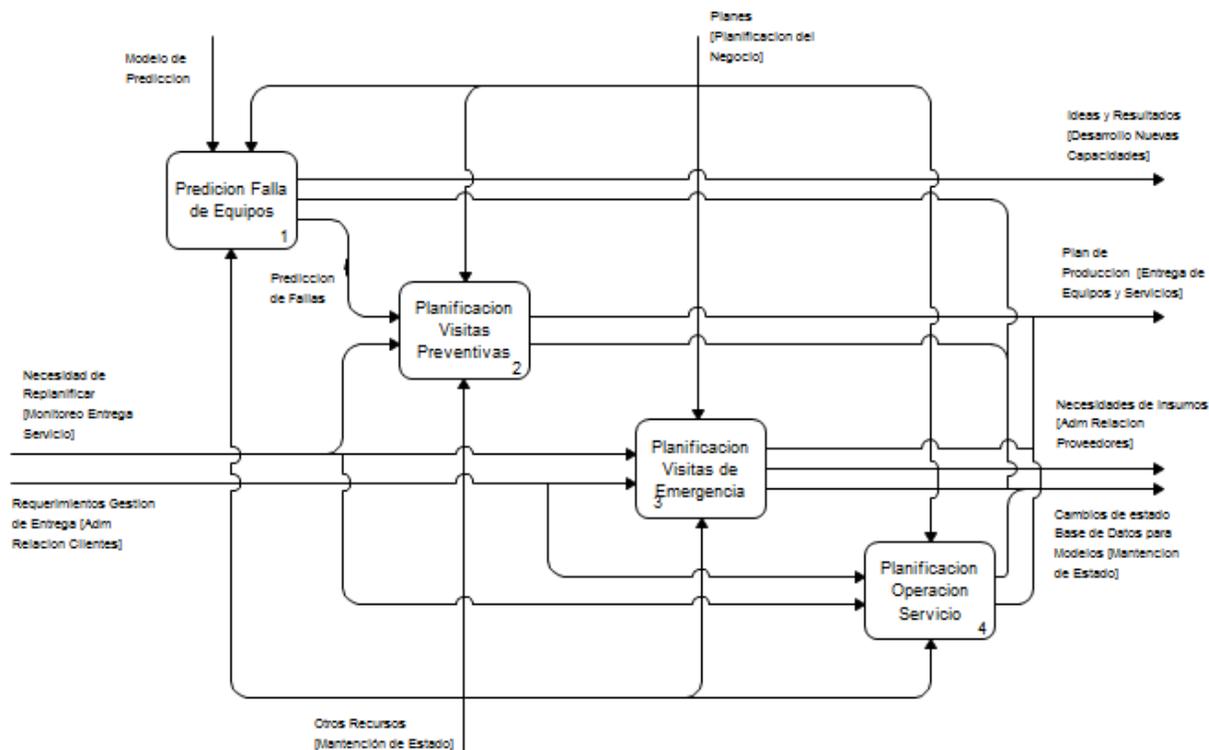


Figura 5.5: Planificación y Control de Entrega del Servicio.

Fuente: Elaboración propia.

- **Plan de producción**, los distintos planes que deben ser ejecutados por el personal y que corresponde a los distintos tipos de visitas técnicas antes descritos y la operación del servicio.
- **Necesidad de re-planificar**, como se dijo anteriormente, mensaje para realizar una re-planificación debido a que lo implementado no se ajusta a los objetivos, por algun parametro no considerado, evento ocasionado, etc.

Predicción de fallas de equipos

El proceso de explotación de los modelos anteriormente construidos se realizan para predecir los equipos con posibles fallas en un corto tiempo. Se espera reconocer los equipos que son propensos a fallar durante el periodo en curso, suponiendo que se les va a demandar en forma similar al promedio de los últimos meses.

El proceso comienza con la comprobación de que la data ingresada desde las fuentes de datos externas se ha realizado sin problemas, para ello el sistema provee de un sistema de logs que indica los resultado del proceso de ETL y cuando fue la última vez que esto ocurrió. Para realizar este proceso es de importancia que los datos de los equipos esté actualizada.

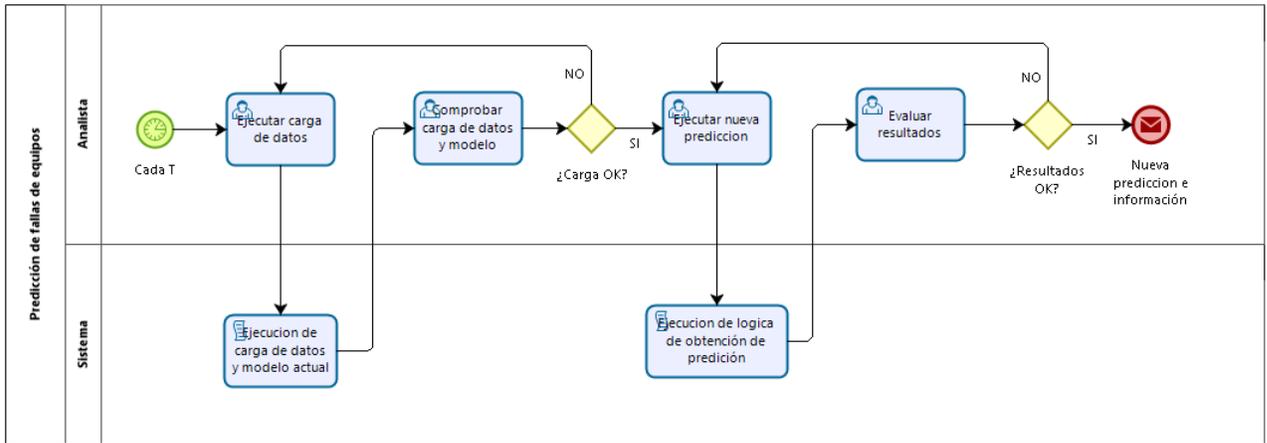


Figura 5.6: Predicción de falla de equipos.
Fuente: Elaboración propia.

Si todo es correcto, se solicita correr los modelos predictivos que se encuentran vigentes y se comprueban los resultados. Si estos son satisfactorios por parte del analista, se guarda la predicción en el sistema para la próxima planificación de visitas.

Planificar visitas Preventivas

El proceso de planificación de las vistas preventivas se bosqueja en 5.7 y considera como primera actividad la carga de las predicciones de los equipos que van a fallar y las lógicas de negocio que serán ocupadas. Con esto se ejecuta el planificador, un script, que determina los equipos que son prioridad de ser atendidos.

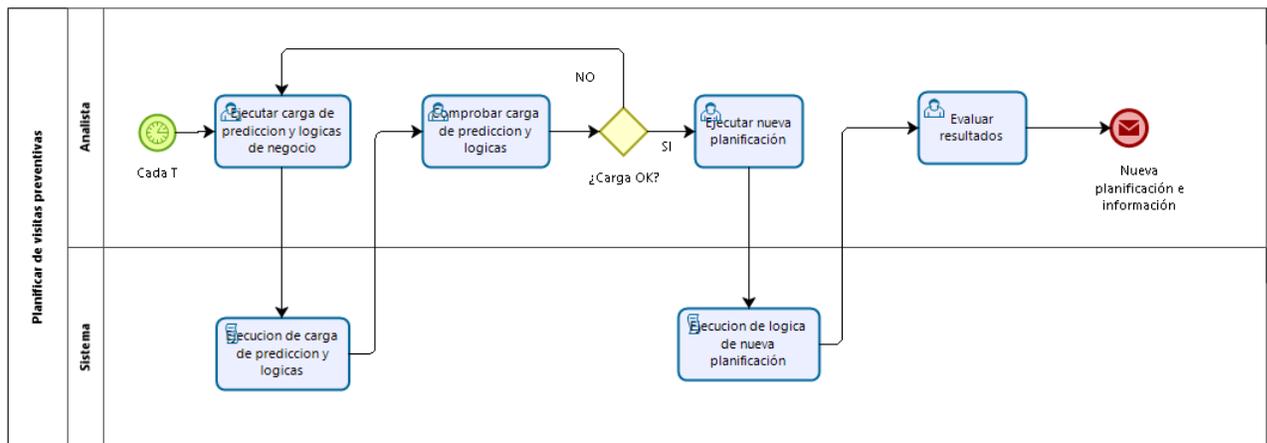


Figura 5.7: Planificar visitas Preventivas.
Fuente: Elaboración propia.

Historicamente el proceso de planificación preventivo ha dependido del operador de cada una de las cuentas, es decir se ha trabajado en forma descentralizada, sin una medición ni control formal. En practica, los operadores de las cuentas, y los técnicos, suelen trabajar en el día a día y la mantención preventiva tiene una baja prioridad. Este proyecto plantea que este proceso se centralice, y para ello se propone a la empresa una lógica inicial de planificación, la cual puede estar sujeta a cambios debido a mejoras que se encuentren.

El proceso de planificación ejecuta la lógica que se muestra en la imagen 5.8. En la figura podemos observar que por cada equipo se determina si se cumple una de dos condiciones que la hacen candidata de ser visitada. La primera condición es si el equipo pertenece a un cliente con prioridad, condición que de ser cierta agrega al equipo a un archivo temporal o backlog. De lo contrario se comprueba si es que el consumo del equipo supera un umbral, si es así el equipo pasa en forma inmediata a orden de trabajo siguiendo el conducto regular de una visita técnica, en caso contrario se desecha la posibilidad de visita del equipo.

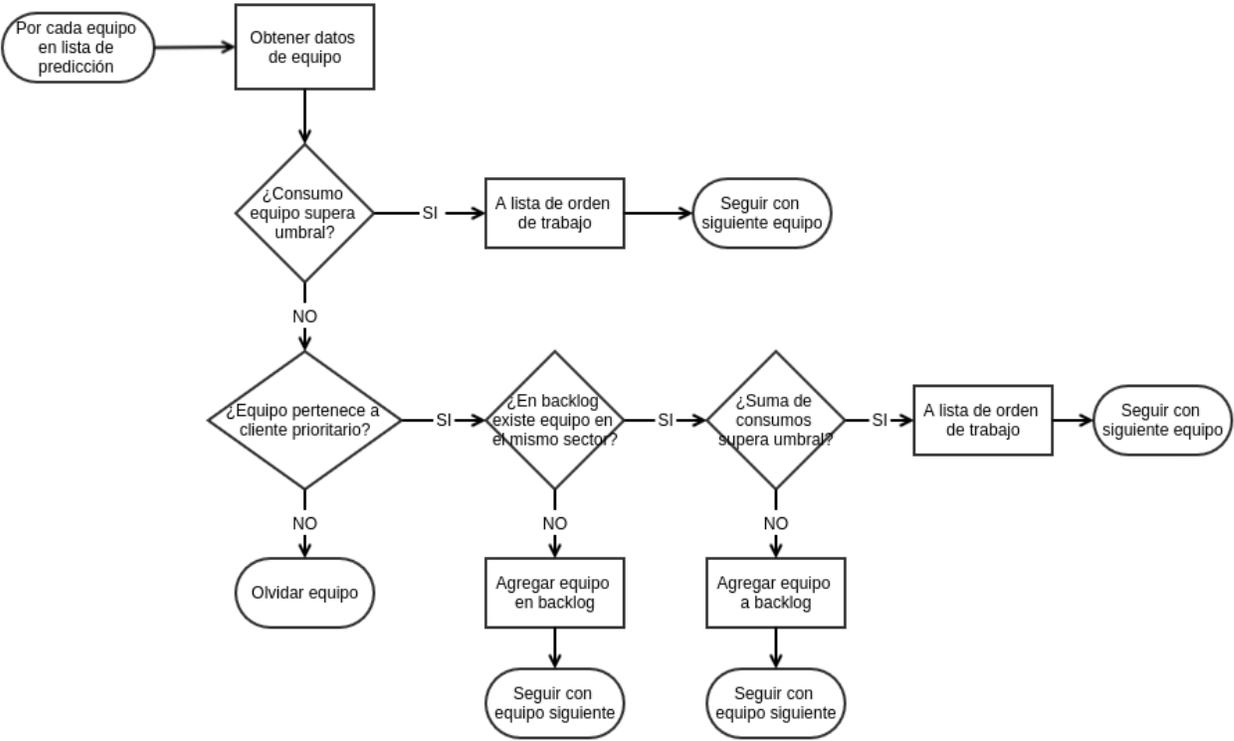


Figura 5.8: Logica de planificación de visitas preventivas.
Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente, los equipos guardados en la lista de backlog se agrupan por cliente y dirección (o sector). La suma de los consumos de estas agrupaciones se vuelve a comparar con un umbral mínimo de consumo. De superar este umbral el grupo de equipos pasa a orden de trabajo de visita técnica, de lo contrario se desecha su visita técnica.

Capítulo 6

Propuesta de Apoyo Tecnológico

6.1. Especificación de Requerimientos

El sistema que se especifica a continuación cumple la función de ser la herramienta de soporte al proceso de predicción de fallas de equipos de impresión y al proceso de planificación de visitas preventivas. Este sistema propone un front-end web como interfaz hacia los usuarios finales, en donde podrán obtener el producto de este proyecto de tesis. Para diseñar este sistema se ocupa la metodología UML explicada en [Muñoz, 2015].

6.1.1. Requerimientos Funcionales

- El sistema debe permitir el ingreso a los usuarios por medio de credenciales propias y configurables.
- El sistema debe permitir la existencia de por lo menos tres roles (*Operador*, *Analista*, *Administrador*), con diferentes permisos a los recursos que ésta provee.
- El sistema debe permitir buscar y visualizar los reportes de predicción de fallas de equipos.
- El sistema debe permitir buscar y visualizar los reportes Ad-Hoc, de acuerdo a la configuración que el usuario ingrese.
- El sistema debe almacenar información histórica de reportes e informes de predicción.
- El sistema debe permitir descargar el reporte seleccionado en formato excel y pdf.
- El sistema debe permitir, al usuario analista, explotar el modelo predictivo y evaluarlo.
- El sistema debe permitir, al usuario analista, ejecutar el planificador de visitas predictivas.
- El sistema debe permitir, al usuario administrador, habilitar o deshabilitar usuarios y cambiar permisos.

6.1.2. Requerimientos NO Funcionales

Requerimientos de Interface

- El sistema debe visualizar y funcionar correctamente en navegadores Google Chrome, Mozilla Firefox, Opera, Safari e Internet Explorer ¹
- El diseño la interfaz web del sistema debe estar acorde con la imagen institucional de la empresa.
- Se debe utilizar títulos descriptivos y cortos para cada página, reporte o informe, en las columnas, tablas, mensajes al usuario (advertencia, error, información), etc.
- Se debe utilizar los mismos términos en toda la aplicación (consistencia).
- El usuario nunca debe llegar a un sitio sin salida. Siempre debe existir opciones de navegación a otros puntos, especialmente la pantalla de inicio y la salida del sistema.

Requerimientos de Desempeño

- El número de usuarios que interactúan en forma concurrente en el sistema debe ser de un máximo de 50 usuarios.
- El sistema debe responder el despliegue de pantallas en máximo 5 segundos.
- El sistema debe responder al requerimiento de un reporte o informe en máximo 20 segundos.
- El sistema debe estar disponible en horario de oficina, a menos que se avise con anterioridad de una parada programada.

Requerimientos de Entorno

- El sistema debe registrar en archivos de log todos los eventos que registren todos los usuarios en el sistema, que permita el seguimiento de errores y excepciones.

Requerimientos de Escalabilidad

- La solución debe ser escalable, según las necesidades que se presenten.
- El sistema debe permitir el desarrollo de nuevas funcionalidades y nuevos reportes o la eliminación de otras.

¹Se debe especificar versiones mínimas en cada Navegador

6.2. Arquitectura Tecnológica

A nivel funcional el sistema extrae la data de diversas fuentes de datos, las consolida en un DataMart y luego les aplica diferentes lógicas, tanto para generar la predicciones de fallas de equipos como las planificaciones de visitas técnicas, para que la generación de reportes sean definidos.

Para cumplir con lo anterior, se propone una arquitectura de tres capas para el sistema: una capa de datos, una capa de lógicas del negocio y una capa de presentación. Esta arquitectura la cual podemos observar en la figura 6.1.

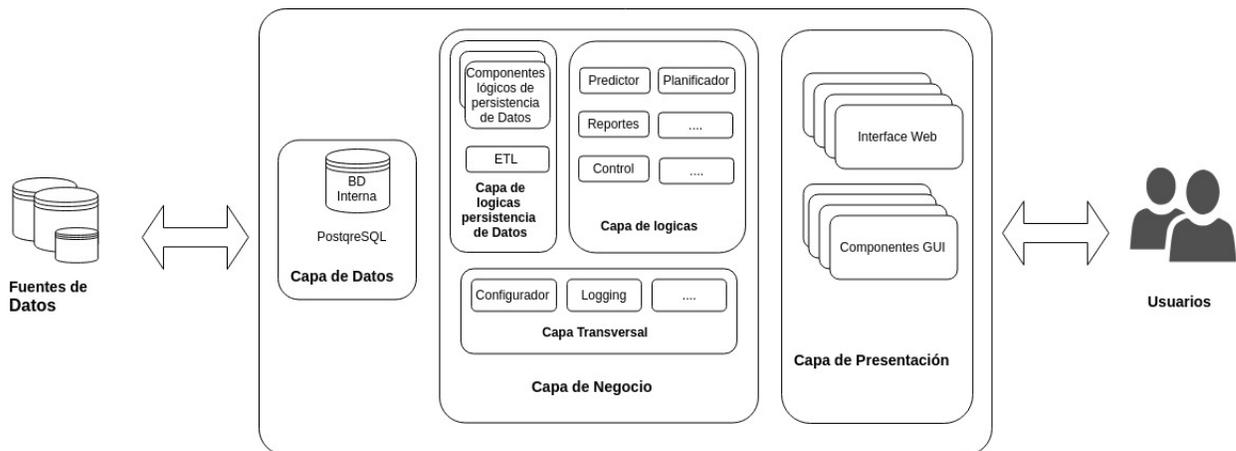


Figura 6.1: Arquitectura tecnológica propuesta.
Fuente: Elaboración propia.

6.2.1. Capa de Datos

La función de la capa de datos es extraer los datos de las fuentes necesarias y asegurar su persistencia para su posterior uso, tanto en reportes como para los procesos de analítica de datos.

Esta capa se compone de un motor de base de datos PostgreSQL, que soporta dos bases de datos, y tres procesos ETL, ejecutados en un servidor Linux y desarrollado en lenguaje R. El esquema general de esta arquitectura se bosqueja en la figura 6.2.

La primera base de datos tiene una función temporal, un diseño de entidad relación y su función es la de resguardar las tablas extraídas de los sistemas core de Oracle en forma casi similar a su definición de origen. Solo existe eliminación de columnas, que se considera que no aportan al diseño de las soluciones, y una homologación necesaria de algunos campos.

Esta tarea se realiza en el proceso ETL 1.

La segunda base de datos tiene un diseño dimensional y corresponde al DataMart implementado y que se describe posteriormente en la sección 6.3.4. El proceso de transformación desde la base de datos temporal a la base de datos del DataMart se realiza por el proceso ETL2.

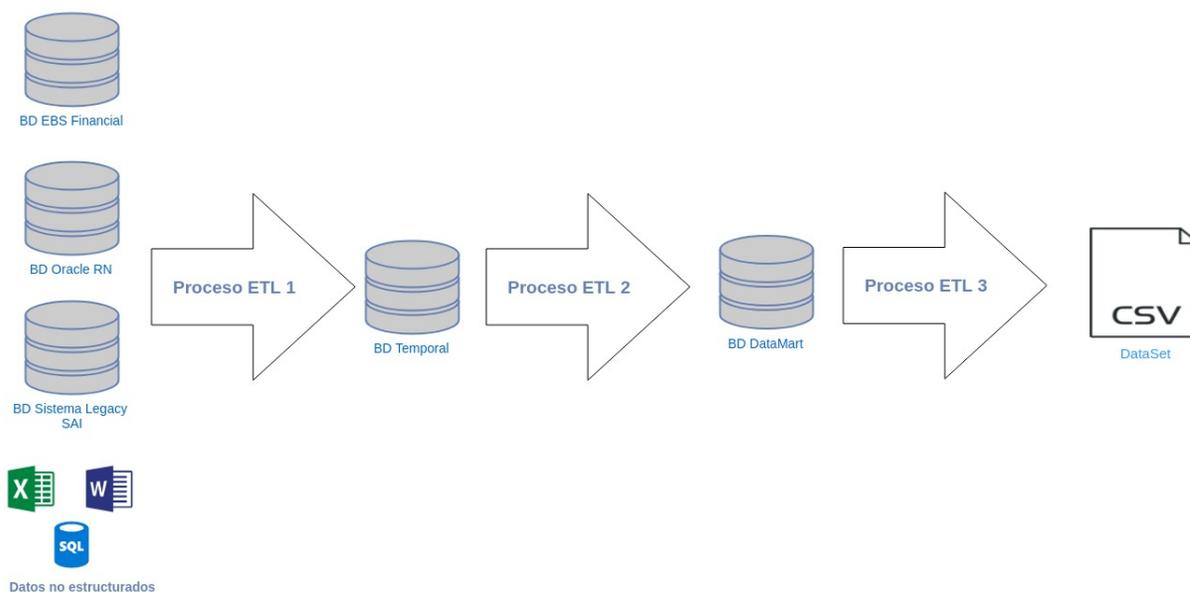


Figura 6.2: Esquema proceso ETL.
Fuente: Elaboraci3n propia.

Un tercer ETL se ocupa para obtener el dataset de entrada al desarrollo del modelo predictivo desde la data dimensional del DataMart. Este ETL representa todos los pasos que se describen en la secci3n de preparaci3n de datos en 7.1.3.

6.2.2. Capa del Negocio

La capa de negocio contiene todas las l3gicas de control necesarias para el funcionamiento de la plataforma, como la explotaci3n de los modelos predictivos, el planificador de visitas, acceso a fuentes de datos externas, etc. El desarrollo de esta capa es en gran parte en lenguaje R y se ejecuta en background en un sistema Linux. Al igual que el proceso ETL, la construcci3n del modelo predictivo fue desarrollado en lenguaje R, este posee gran cantidad de librerías destinadas a la minería de datos y estadística que est3n disponibles en forma gratuita.

6.2.3. Capa de presentación

La capa de presentación se compone de una plataforma web, desarrollada principalmente en lenguaje php y tiene la funcionalidad de presentar tanto los reportes como los modelos predictivos y la planificación de visitas. Este desarrollo es propio y deriva de proyectos antiguos de interfaces de reportes que la empresa ha realizado.

6.3. Diseño de la Aplicación

A continuación se especifica el diseño de la aplicación TI de apoyo al rediseño de procesos que proyecto demanda. Para esto se utiliza el lenguaje UML (Unified Modeling Language) descrito en [Booch et al., 2006] y que sirve para visualizar y documentar un sistema de software.

6.3.1. Casos de Uso

En los casos de uso requeridos para la aplicación de soporte tecnológico se identifican los actores de la figura 6.3

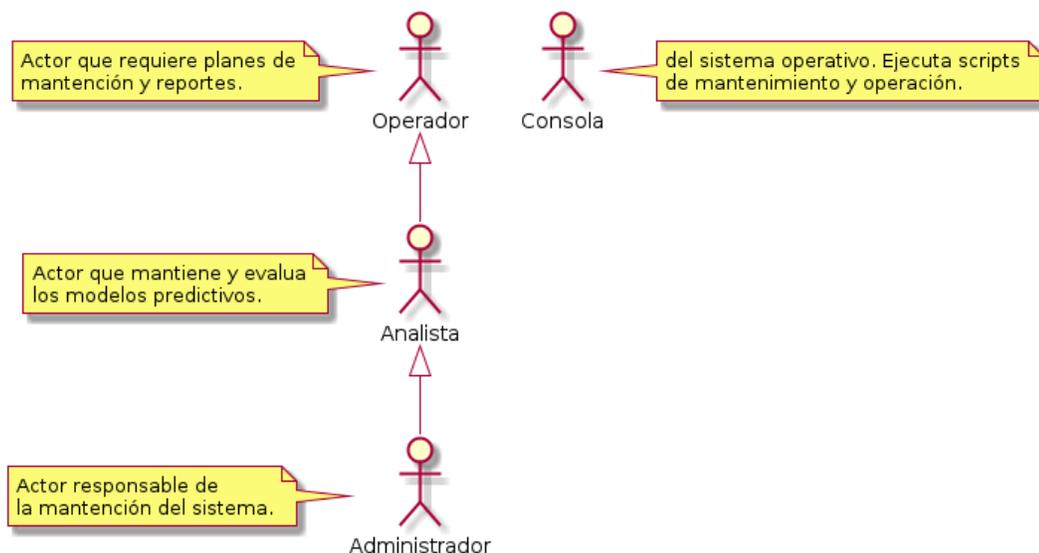


Figura 6.3: Actores del Sistema.

Fuente: Elaboración propia.

Notar que el actor *Administrador* hereda todas las funcionalidades o casos de uso del actor *Analista* y este las del usuario *Operador*. El usuario *Administrador* corresponde al usuario root del sistema operativo o super usuario, y tiene la labor de dar mantención tanto la aplicación tecnológica aquí descrita como el Sistema Operativo donde esta se encuentra.

El usuario *Consola* corresponde a la interfaz de ejecución de comandos del sistema operativo, en este caso Linux, y su participación corresponde a la ejecución de scripts activados por alguna señal de sistema, por ejemplo mediante crontab y de acuerdo a una hora especificada.

Los casos de uso del sistema para los actores *Operador*, *Analista* y la *Consola* se bosqueja en las figuras 6.4 y 6.5.

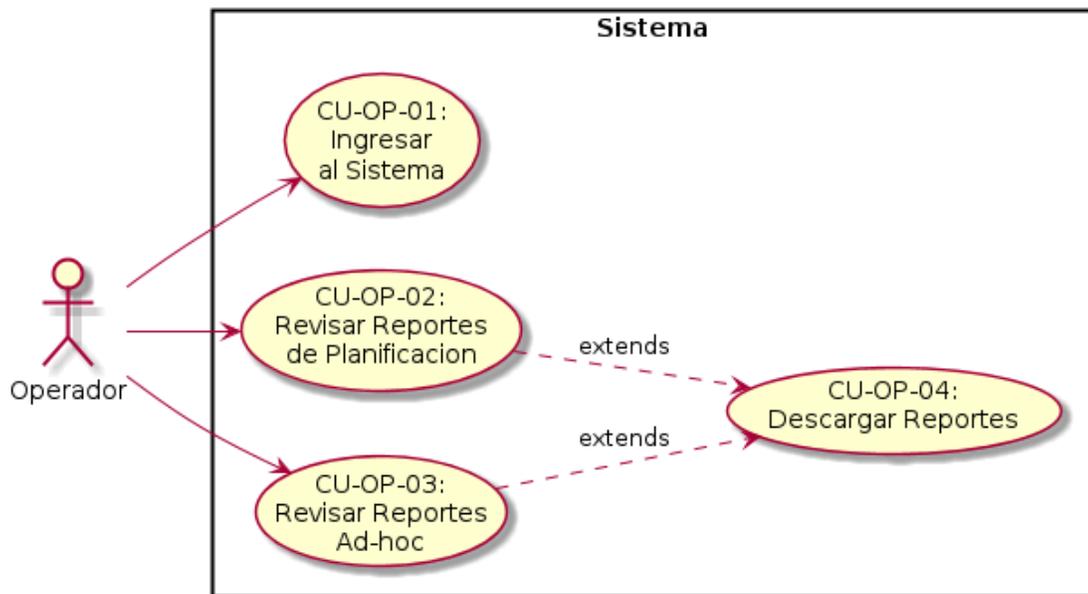


Figura 6.4: Casos de Uso del Operador del Sistema.
Fuente: Elaboración propia.

El usuario *Operador* tiene como funcionalidades la visualización de reportes y la descarga de los mismos de acuerdo a la configuración que él desee.

El usuario *Analista* puede explotar, evaluar y configurar los modelos predictivos, mientras que la consola ejecuta el script de ETL, que extrae y adecúa los datos externos a la base de datos del Sistema y el script de Backup del Sistema, que respalda la base de datos del Sistema en forma periódica. Notar que el caso de uso de *Ejecutar Planificador* necesita la ejecución del caso de uso *Ejecutar ETL*, por parte de la Consola del Sistema Operativo, por lo menos para realizarlo con datos actualizados.

Los casos de uso del usuario *Administrador* corresponden a administración de usuarios del Sistema (creación, modificación y dar de baja a usuarios), monitoreo del sistema (ver logs de uso, logs de ejecución de scripts) y dar solución a los problemas que se presenten.

Se detallan algunos de los casos de uso más importantes en el desarrollo del Sistema:

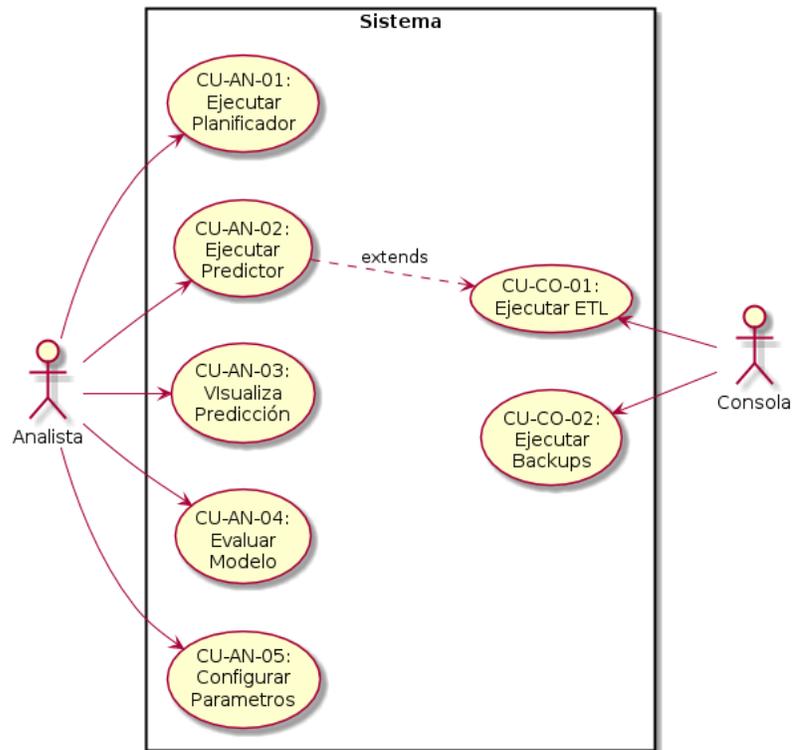


Figura 6.5: Casos de Uso del Analista del Sistema.
Fuente: Elaboración propia.

Visualizar Reportes de Planificación

Tabla 6.1: Caso de Uso: Visualizar reportes de planificación.
Fuente: Elaboración propia.

Nombre :	Visualizar Reportes de Planificación
Codigo :	CU-OP-02
Actores:	Operador, Analista y Administrador
Descripción:	Usuario ingresa a la sección de reportes predictivos y puede visualizar los reportes de planificación de visitas predictivas desarrollado por el analista. El usuario también puede descargar los reportes (extends).
Precondiciones:	1. Usuario debe estar acreditado en el sistema.
Postcondiciones:	Reporte mostrado con datos de priorización de visitas de acuerdo a predicción de fallas de equipos y reglas de negocio configuradas.

Ejecutar Planificador

Tabla 6.2: Caso de Uso: Ejecutar planificador.

Fuente: Elaboración propia.

Nombre :	Ejecutar Planificador
Codigo :	CU-AN-01
Actores:	Analista y Administrador
Descripción:	El actor analista (o administrador) genera un nuevo reporte de visitas predictivas de acuerdo a la predicción de fallas de impresión y las reglas de negocio.
Precondiciones:	1. Usuario debe estar acreditado en el sistema. 2. Predicción disponible.
Postcondiciones:	Reporte creado queda disponible para ser visualizado por otros usuarios.

Ejecutar Predictor

Tabla 6.3: Caso de Uso: Ejecutar Predictor.

Fuente: Elaboración propia.

Nombre :	Ejecutar Predictor
Codigo :	CU-AN-02
Actores:	Analista y administrador
Descripción:	El actor analista (o administrador) explota los modelos predictivos con la data nueva para generar una nueva predicción de falla de equipos.
Precondiciones:	1. Usuario debe estar acreditado en el sistema. 2. Modelo predictivo disponible. 3. Data actualizada.
Postcondiciones:	Reporte de predicción creado queda disponible para ser visualizado por usuarios analistas.

Cabe indicar que la visualización de los diferentes tipos de reportes que permite el sistema a los usuarios, son muy similares (Casos CU-OP-02, CU-OP-03 y CU-AN-03).

6.3.2. Diagramas de Secuencia

A continuación se muestran los diagramas de secuencia de los casos de uso Visualizar reportes, en figura 6.6 y Ejecuta planificador, en la figura 6.7.

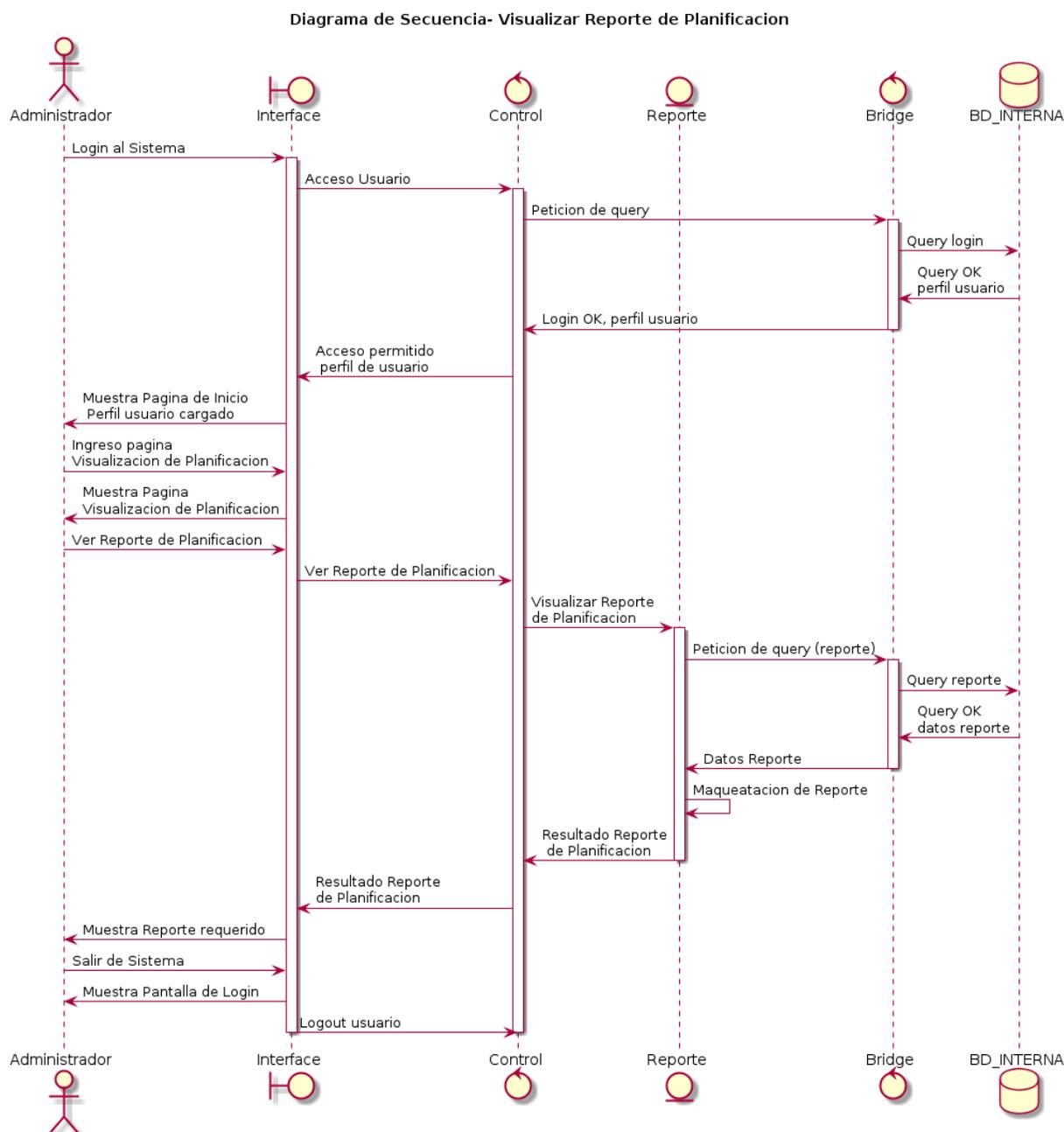


Figura 6.6: Diagrama de Secuencia: Visualizar Reportes.

Fuente: Elaboración propia.

En la visualización de reportes básicamente el usuario ingresa a el sistema, luego a la página de reportes respectiva (Reportes Ad-Hoc, en este caso) y carga un reporte. La plataforma obtiene los datos desde la Base de datos interna y genera el reporte respectivo.

En la secuencia de ejecución del planificador de visitas el sistema toma datos de la predicción de fallas de equipos, la configuración de las reglas de negocio (prioridad clientes, demanda de equipos, ubicación, etc) y genera un reporte de planificación de visitas técnicas.

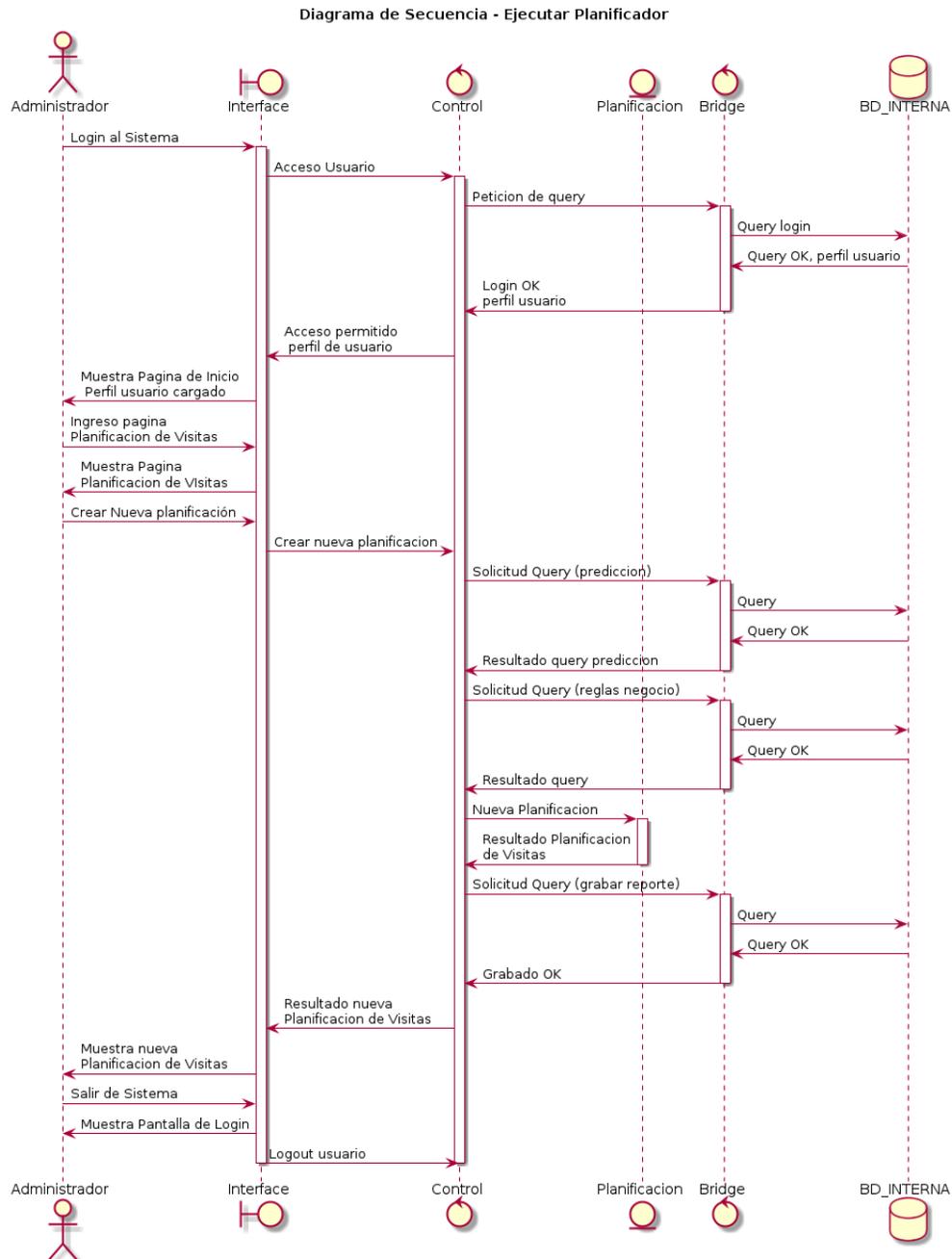


Figura 6.7: Diagrama de Secuencia: Ejecuta Planificador.
Fuente: Elaboración propia.

Al terminar, los datos de la planificación se guardan en la base de datos interna para su

posterior visualización por otros usuarios.

6.3.3. Diagramas de Clases

En la figura 6.8 se bosqueja un modelo simplificado de diagrama de clases del sistema, con las clases más importantes :

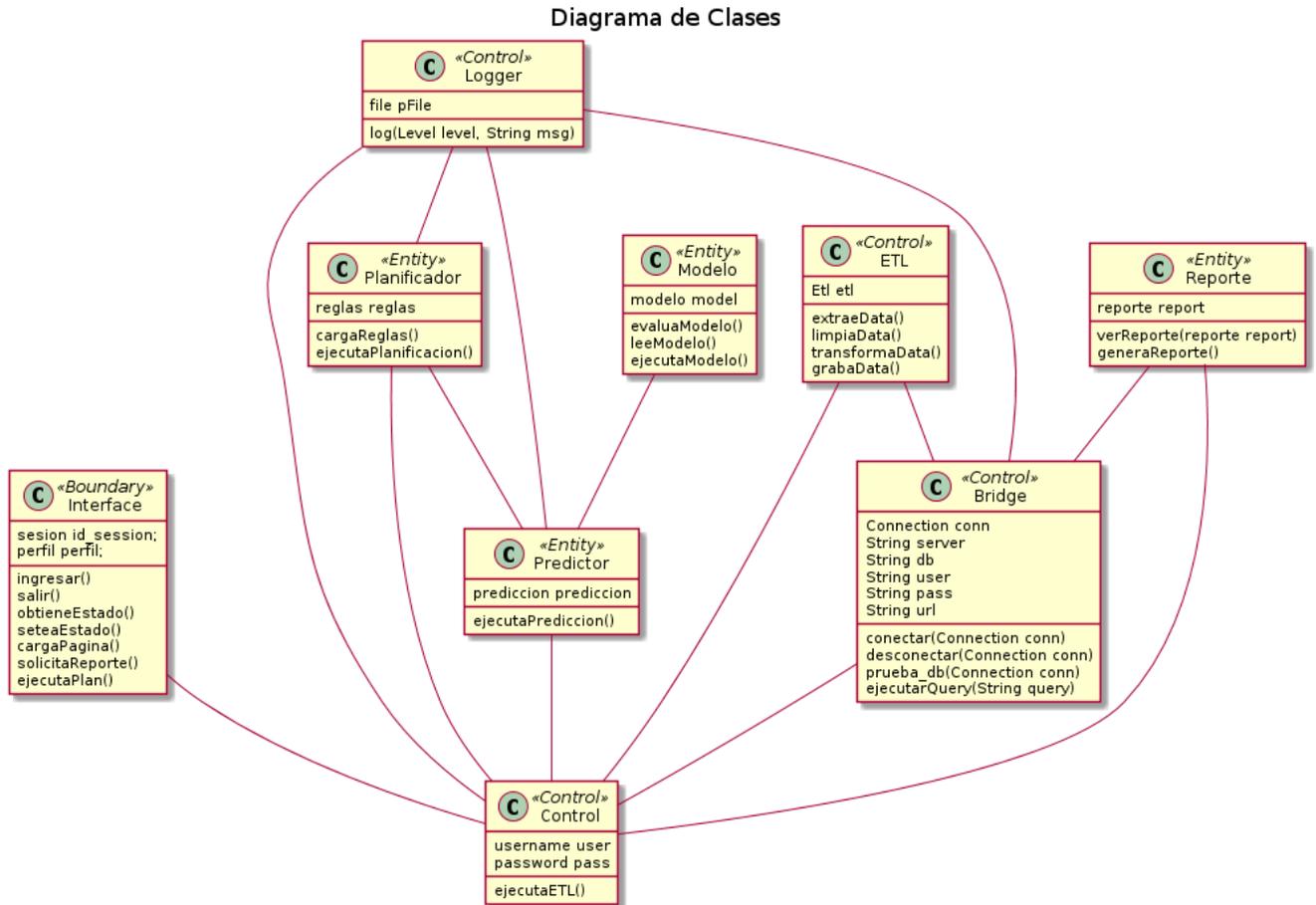


Figura 6.8: Diagrama de Clases.

Fuente: Elaboración propia.

En el diagrama la clase *Interface* representa a varias clases que cumplen la función de Interface con el usuario. En la clase *Control* se debe desgranar en otras clases, especialmente utilitarias, que por simplificación acá no se realiza (control de sesión de usuario, configurador, etc).

6.3.4. Modelo de Datos

El modelo de datos que se observa en la figura 6.9 se realiza de acuerdo a lo requerimientos del DataMart e incluye los requerimientos de información de carácter operativo. Este modelo de datos también cumple con las necesidades del proceso de predicción de fallas y planificación de visitas, procesos primordiales para esta tesis.

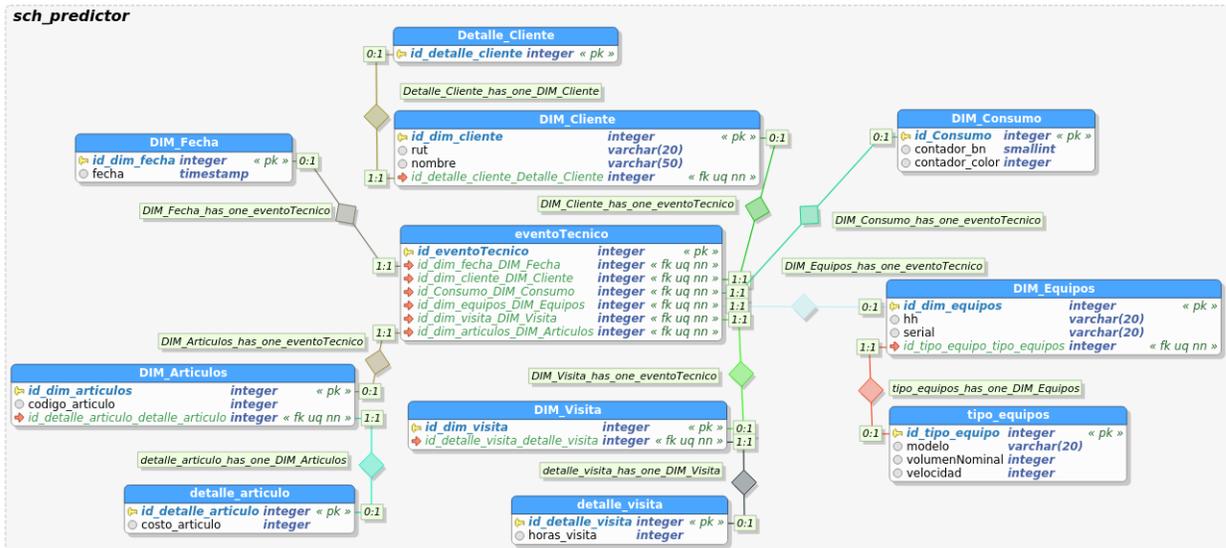


Figura 6.9: Modelo de Datos.
Fuente: Elaboración propia.

Las dimensiones definidas para la implementación del DataMart son Cliente, Fecha, Consumo, Evento de Visita (Falla, toma de consumo, otro), artículos (reemplazados en el equipo), y las características de los equipos. En este modelo de datos faltan tablas utilitarias de manejo de usuarios, sesiones, configuración, etc.

Capítulo 7

Construcción e Implementación

7.1. Desarrollo del Modelo Predictivo

Para el desarrollo del Modelo Predictivo se utilizará la metodología CRISP-DM explicada en la sección 2.2.2.

7.1.1. Comprensión del Negocio

En el capítulo 1, *Planteamiento del Proyecto*, se describe a Dimacofi S.A. como una empresa innovadora y proactiva que ha entregado soluciones tecnológicas a sus clientes durante sus 91 años. Actualmente provee soluciones profesionales documentales a otras empresas, es decir soluciones B2B o Business to Business. En la actualidad, el core del negocio es la provisión de servicios de gestión de impresión, pero con una creciente presencia en los servicios de gestión documental y de servicios de gestión de dispositivos tecnológicos, como laptops, dispositivos de red, pantallas inteligentes, etc.

En el capítulo 3, *Análisis Estratégico*, se concluye que la industria de los servicios de gestión de impresión es una industria ya madura, de bajo margen y por lo tanto de un bajo atractivo. Frente a esto, la empresa que actualmente tiene una posición estratégica de mejor producto en su variante de diferenciación, aspira ir hacia una integración más profunda con el cliente, con la cual pueda apalancar otras líneas de negocio como la gestión documental y la gestión de dispositivos y promover nuevos negocios como la consultoría de procesos internos de negocios.

Determinar los objetivos del Negocio

De acuerdo a lo indicado en la sección 1.3 los objetivos de negocio serían los siguientes:

- Avanzar hacia la efectividad operacional, sobre la cual impulsar el crecimiento del negocio, principalmente a nivel horizontal (capturar nuevos recursos de los clientes), que permita apalancar nuevas líneas de negocio.

- Fundamentar la generación de una estrategia competitiva en su variante de “Solución integral al cliente”.

Evaluación de la Situación Actual

En una industria madura, de poco margen y que ha tendido a concentrarse en pocos actores, especialmente marcas propias que han adquirido a otras empresas distribuidoras. La empresa ha respondido con una estrategia de diferenciación expandiendo su oferta a nuevas marcas para así ampliar su oferta de productos y de esta forma ofrecer un parque de máquinas “más completo o adaptado” a cada cliente.

Como se describe en el capítulo 3 se plantea que la empresa debe avanzar hacia la efectividad operacional, sobre la cual apoyar el crecimiento del negocio, principalmente a nivel horizontal (vender más en cada cliente), y posteriormente, poder fundamentar la generación de una estrategia competitiva en su variante de integración con el cliente, y con esto apalancar las soluciones de servicios de gestión documental, servicios de gestión de dispositivos y servicios avanzados de consultoría de procesos.

Determinar los objetivos del Proyecto de Minería de Datos

Como se indicó anteriormente, en el capítulo 5.1, el objetivo general del proyecto de esta tesis es:

Proveer a Dimacofi S.A. la capacidad de generar planes preventivos de mantención de cuentas del servicio de impresión, tomando en consideración la característica de los equipos, su utilización y comportamiento de los usuarios.

De acuerdo a esto, podemos inferir que el objetivo principal de la minería de datos de este proyecto es:

Proveer a la empresa de un modelo predictivo de fallas de equipos de impresión que pueda ser explotado para un proceso de planificación preventiva de visitas técnicas.

7.1.2. Compresión de los Datos

La empresa dispone diversas fuentes de datos con respecto a las actividades del servicio que entrega, desde el ingreso del cliente, instalación de los equipos, monitoreo, obtención del consumo, entrega de servicios, facturación, cobranza, etc. Lamentablemente muchos de estos datos no son correctamente almacenados y muchas de esas fuentes no están estructuradas y/o son informales. Esto implica que muchos datos se pierden y los que existen no poseen una calidad mínima para ser utilizados. Esto es producto, principalmente, de la falta de procesos claros y establecidos en la empresa.

La estrategia que se siguió para obtener un set de datos base, que sirviera para el análisis posterior, fue la de extraer los datos de los sistemas core más robustos y utilizados, y posteriormente complementar la data con algunos fuentes no estructuradas que se pudiera rescatar con la finalidad de obtener un buen historial.

Las principales fuentes de datos corresponden a los sistemas core y son:

- Oracle EBS (Enterprise Business Suite), con registros de caracterización de clientes, con data desde Enero de 2013.
- Oracle RightNow, con registros de ticket de visitas técnicas, con data desde Enero 2015
- SAI (Sistema de Aseguramiento de Ingresos) Sistema principal del ciclo contable de los clientes, con registros de consumo de maquinas con data desde Mayo 2016.
- Bases de datos asociadas a softwares de monitoreo de máquinas de impresión. Existen diversos softwares de monitoreo, lo más comunes son los asociados a las marcas.

Otras fuentes de datos encontradas:

- Registros del área de operaciones, principalmente en formato excel, pertenecientes a técnicos y operadores del área, y sin un formato común.
- Registros del área de Comercial, principalmente en formato excel. Pertenecientes a ejecutivos y sin un formato común
- Varias Bases de datos de sistemas legacy, por ejemplo software de registros de consumo, sistema antiguos de registros de visitas técnicas, sistemas antiguos de cobranza, etc.

Recolección Inicial de Datos

En una primera etapa, o iteración, se investigó las Bases de Datos de los software de monitoreo de máquinas de impresión que la empresa utiliza. Estas fuentes poseen datos por cada trabajo que se envían los usuarios, datos que va quedando en la memoria interna de los mismos en un tipo de buffer que cada cierto tiempo se sobrescribe, en la medida que se ejecutan los trabajos. Si bien los registros varían de marca en marca, estos corresponden a datos de consumo, insumos, parámetros mecánicos del equipo, del ciclo de vida del trabajo, alarmas, etc.

Sin embargo, no existe una sistematización en el resguardo de este tipo de datos, por lo cual no es posible ocuparlos para un análisis como el que pretende este trabajo de tesis. Por esto se descartó seguir por esta vía.

En una segunda iteración se investigaron las otras fuentes de datos de los sistemas core de la empresa. La información sobre la facturación mensual de los clientes, y por derivación

del consumo mensual de las máquinas de la cuenta, se encuentran en el sistema legacy SAI (Sistema de Aseguramiento de Ingresos). La data en este sistema es de frecuencia mensual y tiene buena completitud con respecto a la cantidad de equipos que la empresa tiene en su parque. Los ingresos de los consumos de cada máquina se realizan de diferentes formas y no están exentas de errores, pero que pueden ser manejados.

Desde el sistema EBS de Oracle podemos encontrar detalles del contrato de cada cliente, sus facturaciones, pago, características del cliente, su información contable, información histórica de pago, de cobranza y de clientes.

Desde el sistema de ticket de incidentes, Oracle RighNow, podemos obtener los registros de las visitas técnicas que se han ejecutado por cada equipo, a qué cliente pertenecen (o pertenecían en el momento de la visita), los repuestos y materiales utilizados, técnico que realizó la visita, etc.

Descripción de Datos

Para obtener un dataset inicial, realizamos una unión de las fuentes descritas anteriormente. Tomamos como base los datos de consumo de cada equipo, debido a que tiene mayor completitud, y los unimos con los datos de las tablas de tickets de servicio y petición de repuestos, y complementamos con datos externos para la caracterización de los equipos. Con esto obtenemos la tabla 7.1.

Tabla 7.1: Descripción de dataset base.

Fuente: Elaboración propia.

Campo	Descripción	Fuente	Tipo
Fecha	Fecha del evento Técnico	RigthNow	Timestamp
Id Equipo	Identificación del equipo	¡llave¿	Varchar
Evento	Tipificación del evento técnico	RigthNow	Varchar
Glosa	Descripción del técnico sobre evento	RigthNow	Varchar
Contador BN	Contador Blanco Negro del Equipo	SAI	Integer
Contador Color	Contador Color del equipo	SAI	Integer
Velocidad	Velocidad nominal del Equipo	Externa	Varchar
Volumen	Volumen mensual nominal del Equipo	Externa	Varchar
Cliente	Nombre de Cliente	EBS y SAI	Varchar
Region	Región donde se ubica el equipo	EBS	Varchar
Provincia	Provincia donde se ubica el equipo	EBS	Varchar
Industria	Industria del Cliente	EBS	Varchar
Id Item	Identificador del repuesto solicitado	RightNow	Varchar
Item Descrip	Descripción del repuesto solicitado	RightNow	Varchar
Cantidad	Cantidad del Repuesto	RightNow	Varchar
Tipo Item	Clasificación del Repuesto	RightNow	Varchar

El dataset inicial posee 1.233.745 registros que representan a 28.818 máquinas de impresión, y corresponde al periodo desde Enero de 2014 a Julio de 2018. Por la dinámica natural del servicio, los equipos van entrando y saliendo del MIF o parque de máquinas a las cuales se les entrega servicio.

Se debe indicar que un determinado mes una máquina puede tener uno¹ o varios registros. Por ejemplo, si es que se registra un registro de consumo de la máquina y además posee registros de tickets de servicio asociado por reparación técnica, esta máquina tendrá más de un registro por mes. Esto genera un desequilibrio entre los equipos que fallan mucho, debido a que su estado se refleja muchas veces en el dataset, y debemos corregirlo.

De esta forma los valores para las variables *Id Item*, *Item Descrip*, *Cantidad* y *Tipo Item* quedan en “NULL” para datos que provienen de la tabla de consumo. Mientras que los valores de las variables de consumo se ingresan con valor cero para los datos que provienen desde la tabla de tickets.

Por otro lado, debemos indicar que no tenemos en el dataset una variable objetivo, ya que si bien existe la variable *evento* que refleja si hubo una visita técnica por reparación, esta tiene la condición de ser ex-post y para efectos de la obtención de un modelo predictivo

¹Idealmente es que una máquina por lo menos tenga un registro de consumo por mes

basado en algoritmos de aprendizaje supervisado necesitamos crear una variable que tenga una condición ex-antes.

Exploración de los datos

Explorando el data set inicial podemos ir aclarando la importancia de sus variables y generando hipótesis sobre estas. Por ejemplo, en la tabla 7.2 vemos la incidencia de cada uno de los eventos técnicos que se encuentran definidos. Podemos notar que existen eventos técnicos que pueden ser agrupados como evento “falla”, y otros que pueden ser eliminados como por ejemplo todos los del tipo “Instalación”.

Tabla 7.2: Descripción de variable evento.
Fuente: Elaboración propia.

Evento	Cantidad
Accesorio Nuevo	520
Accesorio Usado	256
Instalación Máquina Nueva	15963
Instalación Máquinas Usadas	5813
Insumo	67764
Pedido Repuestos	388054
Reinstalación por Traslado	196
Retiro HH	3568
Servicio Técnico	2
Soporte outsourcing	39618
Soporte Técnico	133105
Toma Contador	578877
< NA >	9

El hecho de que existan más de una tipificación para un mismo tipo de evento (por ejemplo: “Soporte Técnico”, “Servicio Técnico”, “Soporte outsourcing”, “Pedido Repuestos” para referirse a una visita técnica por falla) es una muestra del bajo control sobre la calidad de estos datos.

Por otra parte, en la figura 7.1 graficamos la cantidad de eventos registrados por mes en el dataset base. En ella podemos observar que a partir de Agosto del año 2015 es cuando empezamos a obtener mayor cantidad de eventos registrados.

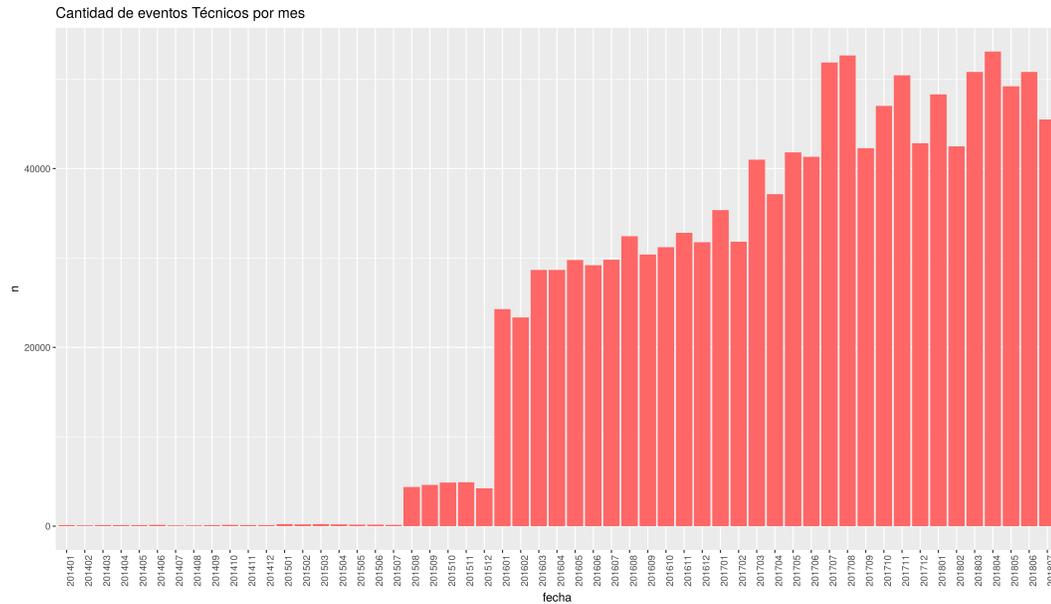


Figura 7.1: Cantidad de eventos registrados por Mes.Fuente: Elaboración propia.

Al graficar la cantidad de equipos por mes observamos algo similar, ver figura 7.2, lo que concuerda con el gráfico anterior. Podemos observar que desde mediados de 2017 la cantidad de máquinas registradas se aproxima bastante a las actuales 26.000 maquinas totales que tiene el MIF de la empresa.

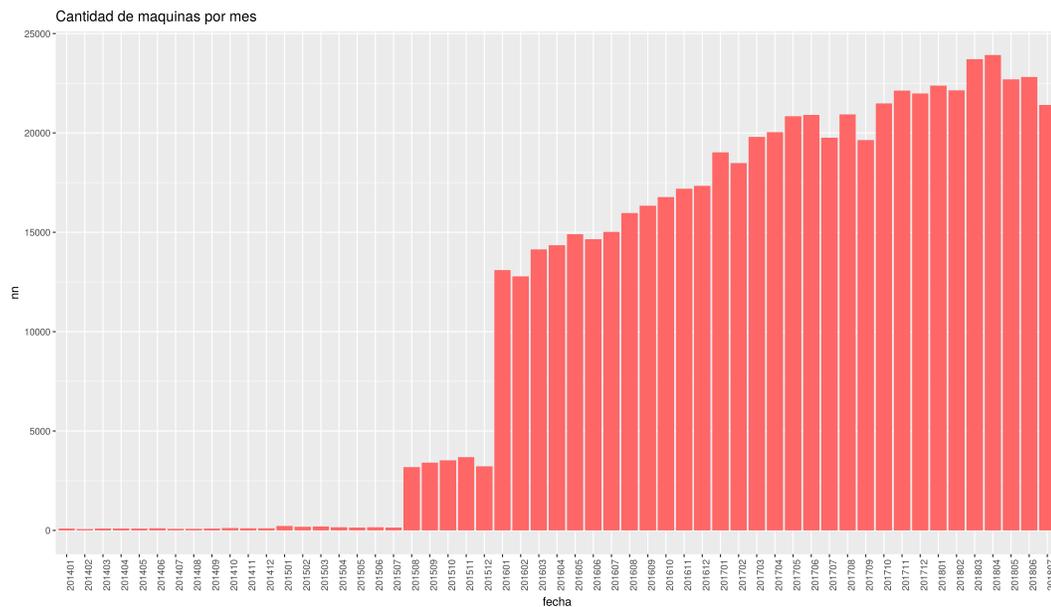


Figura 7.2: Cantidad de máquinas registradas por mes.
Fuente: Elaboración propia.

En una exploración inicial de este data set se hace difícil determinar alguna variable ex-

plicativa para el fenómeno de la falla de los equipos. Por parte del conocimiento experto de los técnicos de la empresa se indica que la demanda del equipo explicaría buena parte del fenómeno de falla. Pero, debido a que tenemos equipos de distintas características técnicas este fenómeno no se observa nítidamente, por lo tanto debemos explorar algo más y crear variables que si nos expliquen este fenómeno.

7.1.3. Preparación de los Datos

Una vez efectuada la recolección inicial de datos, se procede a su preparación para adaptarlos al análisis que se pretende desarrollar en este trabajo.

Selección

Se seleccionó los modelos de equipos más masivos del parque de equipos de la empresa. Estos corresponden 10 modelos de máquinas, todos de la marca RICOH, todos equipos Blanco y Negro. Estos representan a 6.583 máquinas, algo más del 25 % del total que la empresa posee en términos de arriendo.

Integración de Datos

Dado que los datos de consumo tienen una frecuencia mensual, en el caso ideal, mientras que los datos de tickets de servicio no poseen una frecuencia característica, incluso es posible que el equipo pase varios meses sin generar alguno. Tenemos equipos con un registro por mes y otros con varios registros en algunos meses. Esto último no permite realizar un análisis adecuado, es por esto que se decidió agrupar los datos por mes y por máquina, y así crear un dataset cuyo registro base resume el estado de un determinado equipo en un determinado mes.

Se realizó además una tipificación del servicio técnico de acuerdo a las características de los repuestos involucrados, creando las variables num“X” y d“X” que representan la cantidad de piezas cambiadas de este tipo y el consumo desde el último cambio para cada tipo de evento. La tipificación se realizó tomando en cuenta la experiencia del personal técnico de la empresa creándose cinco tipos de servicios técnicos:

- (I) Insumos: Todo lo referente a cambios de insumos del equipo (toner, cartridges, tinta, etc.). No representa una falla del equipo.
- (P) Imagen: Todo lo referente a la creación o copia de la imagen (photoconductores, fusores, thermostatos, reveladores, lámparas, etc.)
- (M) Motriz: Todo lo referente a los motor y guía de hojas (motores, rodillos, rodamientos, guías, engranajes, etc.)

- (A) Alimentación: Todo lo referente al módulo de alimentación del equipo (fuentes, ventilador, módulo de alimentación, etc.)
- (L) Lógica: Todo lo referente a la parte lógica del equipo (disco duro, RAM, placa madre, etc.)

Con esto, las nuevas variables creadas se resumen en la tabla 7.3:

Tabla 7.3: Nuevas variables de Integración.
Fuente: Elaboración propia.

Campo	Descripción	Tipo
numI	Cantidad de cambios de insumos (histórico).	Integer
numP	Cantidad de cambios de repuestos tipo I (histórico)	Integer
numM	Cantidad de cambios de repuestos tipo M (historico)	Integer
numA	Cantidad de cambios de repuestos tipo A (histórico)	Integer
numL	Cantidad de cambios de repuestos tipo L (historico)	Integer
dI	Consumo desde último cambio de insumos.	Integer
dP	Consumo desde último cambio de repuestos tipo I	Integer
dM	Consumo desde último cambio de repuestos tipo M.	Integer
dA	Consumo desde último cambio de repuestos tipo A	Integer
dL	Consumo desde último cambio de repuestos tipo L.	Integer

Limpieza

Con respecto a la limpieza, primero se eliminaron los registros cuyo contador absoluto era menor que el contador absoluto del mes anterior. Esto suele suceder cuando algún mes el consumo del equipo no es obtenido o existen errores de digitación en el ingreso por parte de operadores o técnicos.

Los registros de consumos muy elevados con respecto al consumo histórico del mismo equipos también fueron eliminados. Esto puede ocurrir por errores de digitación en el ingreso por parte de operadores o técnicos.

Se eliminaron registros cuya petición de repuestos no concuerda con el equipo asociado. Por ejemplo, se piden repuestos de un equipo SAMSUNG para un equipo de marca RICOH.

Se realizó un filtro con el motivo de seleccionar solo los equipos que posean un mínimo de nueve meses de toma de consumo por año. Esto es para reducir el error en el proceso de modelación posterior. Los registros faltantes, meses en que no se obtuvo consumo de un equipo, se crearon ingresando el contador absoluto como el promedio de los meses anterior y posterior al registro faltante.

Transformación

Para continuar con el análisis creamos la variable “Delta BN”, la que representa el consumo del equipo durante el mes. Es decir el valor del contador absoluto del mes actual menos el contador absoluto del mes anterior. Dado que tenemos equipos de distintas características técnicas debemos crear una variable que haga comparable el fenómeno del consumo.

Para esto creamos una nueva variable que denominamos “Factor de Carga” que representa el consumo mensual del equipo contra el valor nominal o recomendado por el fabricante. De acuerdo a esto, si el factor de carga es uno significa que la maquina se esta usando en su máxima capacidad recomendada, mientras que si su valor es mayor que uno significa que se está exigiendo más de lo adecuado según lo indicado por el fabricante.

Por último, creamos la variable booleana “Falla” que representa a la variable objetivo de este análisis. Es de valor 1 cuando determinamos que hubo una falla en el registro del mes siguiente y 0 cuando no. Esto implica que esta variable del mes en curso no tiene validez y debe ser modificada en forma posterior cuando se tienen valores del mes siguiente.

La forma de determinar cuando un equipo falló se definió como una visita técnica
Las nuevas variables creadas del dataset se resumen en la tabla 7.4:

Tabla 7.4: Nuevas variables de Integración.
Fuente: Elaboración propia.

Campo	Descripción	Tipo
Delta BN	Consumo Blanco Negro del equipo el último mes.	Integer
FC BN	Factor de carga del último mes.	Integer
Falla	Variable objetivo que indica si el equipo falló el siguiente mes.	Boolean

Con todo los cambios descritos anteriormente, aplicados al dataset inicial, obtenemos un nuevo dataset de 83.660 registros que corresponden al “estado-mes” de 5.542 máquinas de impresión y van desde Enero 2014 a Julio 2018. El grueso de los equipos tiene datos desde los primeros meses del 2016 en adelante.

Ahora, graficando la variable “FC BN” o factor de carga BN con respecto a la variable objetivo obtenemos la figura 7.3. En ella graficamos particularmente (filtramos) el caso de la falla de tipo P, con objeto de dejar más clara esta relación.

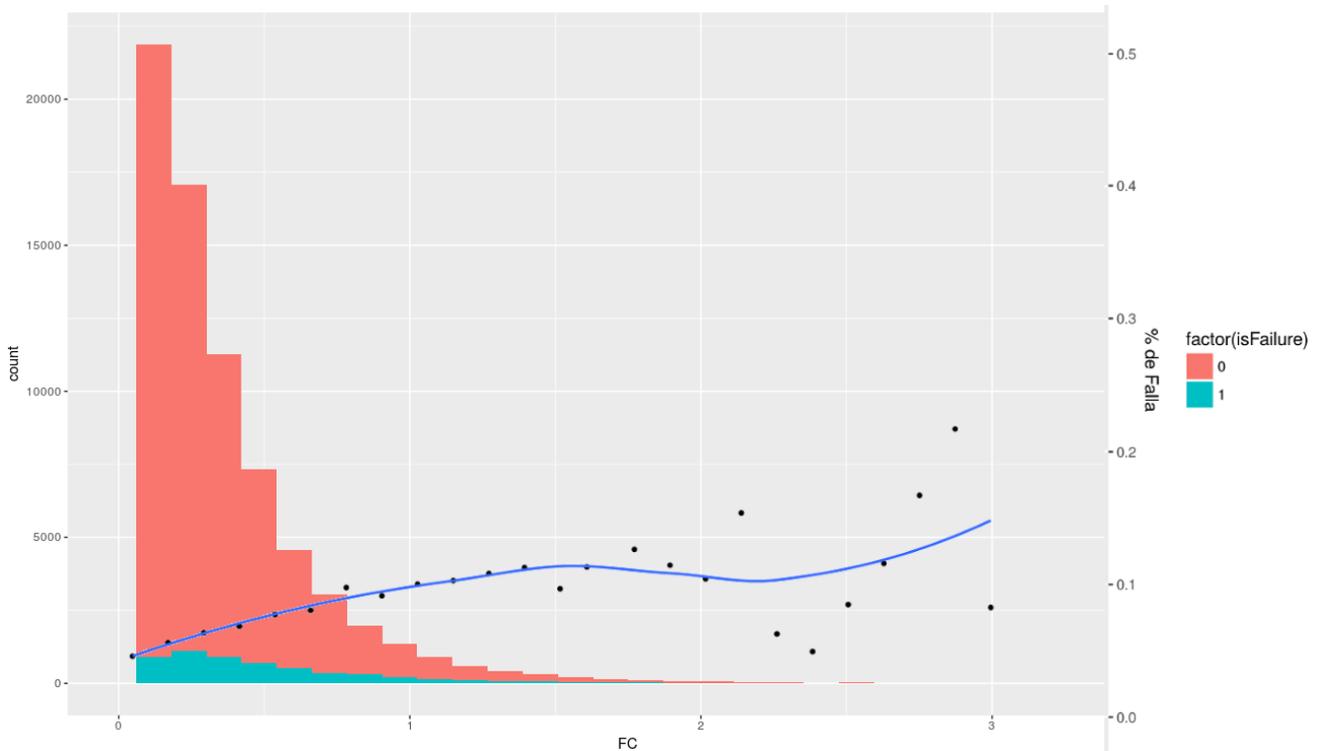


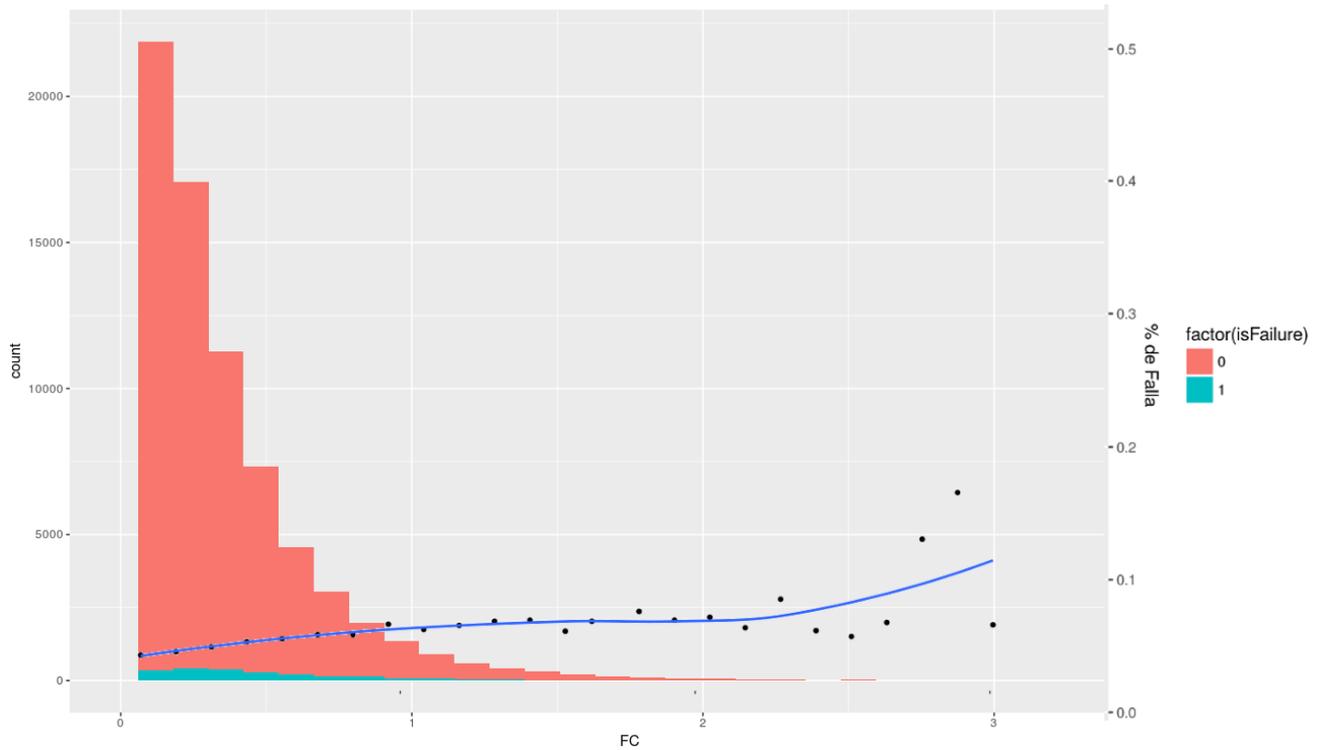
Figura 7.3: Cantidad y porcentaje de falla tipo P versus factor de carga.
Fuente: Elaboración propia.

En la figura 7.3 observamos dos gráficos en uno, cada uno con sus respectivas escalas. El gráfico de barras, cuya escala se encuentra en el eje izquierdo, representa la cantidad de equipos que falla (color verde) y la cantidad de equipos que no presentan fallas (color naranja) versus el factor de carga de los equipos. Podemos inferir que la mayor cantidad de equipos del parque se ocupa menos de la mitad del nominal indicado por el fabricante.

Por otro lado, el gráfico de líneas, cuya escala se encuentra en el eje derecho, representa el porcentaje de equipos que falla con respecto al factor de carga. Podemos ver claramente que a medida que el factor de carga del equipo se incrementa el porcentaje de falla tiende a crecer. Esta tendencia es clara por los menos hasta el 1.5 factor, y se pierde posteriormente muy probablemente por la menor cantidad de datos que se dispone. De igual forma, podemos concluir que a medida que se aumenta la carga mensual en el equipo, estos tienden a falla en mayor proporción. Al realizar el mismo gráfico con respecto a la falla de tipo M o motriz se presenta un fenómeno muy similar.

Ahora, al graficar con respecto a la falla de tipo A o Alimentación, o falla de tipo L o Lógica, observamos el fenómeno en forma mucho más leve. Podemos ver el caso de la falla de tipo A en la figura 7.4.

Figura 7.4: Cantidad y porcentaje de falla tipo A versus factor de carga.
Fuente:Elaboración propia.



En este caso los eventos de falla son mucho menos. Además la tendencia de la proporción de la falla es mucho menos clara, casi recta y de menor magnitud. Por lo anterior se decide enfocar el análisis en las fallas de tipo P y M.

Al graficar los factores de carga de meses anteriores, o los promedios en diversas ventanas de meses, el comportamiento es similar al ya mencionado. Se decide agregar la variables de factor de carga de los meses anteriores y los promedios del factor de carga de los últimos 3, 6 y 12 meses al dataset.

Se eliminan los primeros registros que no cumplen con la ventana de meses para los promedios de los factores de carga y obtenemos un data set de 87583 cuya distribución entre falla y no falla se muestran en la tabla 7.5:

Tabla 7.5: Distribución Falla-No Falla del data set.
Fuente: Elaboración propia.

Tipo	Cantidad
No Falla	76.042
Falla	7.618

Podemos observar que las fallas representan poco más del 10% del total de datos, y si bien es un caso de data desbalanceada, no es considerable por lo cual el problema no se tratará como tal.

Por otra parte, la distribución de fallas de acuerdo al tipo lo observamos en la tabla 7.6. Notar que la suma no corresponde al total de fallas porque existe intercepción de las mismas, es decir los tipos de falla pueden aparecer juntas.

Tabla 7.6: Distribución de tipo de Fallas.
Fuente: Elaboración propia.

Tipo	Cantidad
Falla P	6.121
Falla M	4.809
Falla A	2.387
Falla L	388

Para efectos prácticos, del data set final eliminamos variables que muestran no aportar al modelo como el nombre del cliente, la glosa y la tipificación del evento técnico, la descripción de los repuestos (Id Item, Item Descrip, Cantidad, Tipo item) y la fecha del evento. Se conserva la variable Id Equipo porque tiene la función de “label”. Con todo esto obtenemos el data set para la modelación que se muestra en la figura 7.7.

Tabla 7.7: Descripción de dataset para modelación.
Fuente: Elaboración propia.

Campo	Descripción	Tipo
Id Equipo	Identificación del equipo	Varchar
Contador BN	Contador Blanco Negro del equipo	Integer
Contador Color	Contador Color del equipo	Integer
Velocidad	Velocidad nominal del equipo	Varchar
Volumen	Volumen mensual nominal del equipo	Varchar
Region	Región donde se ubica el equipo	Varchar
Provincia	Provincia donde se ubica el equipo	Varchar
Industria	Industria del cliente	Varchar
dBN“x”	Consumo del mes “t - x”	Integer
FC“x”	Factor de carga del mes “t - x”	Integer
meanFC“x”	Promedio del FC de último “x” meses	Integer
numI	Cantidad de cambios de insumos (historico).	Integer
numP	Cantidad de cambios de repuestos tipo I (historico)	Integer
numM	Cantidad de cambios de repuestos tipo M (historico)	Integer
numA	Cantidad de cambios de repuestos tipo A (historico)	Integer
numL	Cantidad de cambios de repuestos tipo L (historico)	Integer
dI	Consumo desde último cambio de insumos.	Integer
dP	Consumo desde último cambio de repuestos tipo I	Integer
dM	Consumo desde último cambio de repuestos tipo M	Integer
dA	Consumo desde último cambio de repuestos tipo A	Integer
dL	Consumo desde último cambio de repuestos tipo L	Integer
Falla	Indica si el equipo falló el siguiente mes.	Boolean
FallaL	Indica si el equipo falló tipo L el siguiente mes.	Boolean
FallaA	Indica si el equipo falló tipo A siguiente mes.	Boolean
FallaM	Indica si el equipo falló tipo M siguiente mes.	Boolean
FallaP	Indica si el equipo falló tipo P siguiente mes.	Boolean

7.1.4. Modelamiento

Selección de Técnica de Modelado

El problema de predicción se enmarca en algoritmos de aprendizaje supervisado, que se explican en la sección 2.1.2. Para este proyecto se decide utilizar árboles de decisión (CART) como base, con tal de encontrar las mejores condiciones para modelar y posteriormente se comparan los resultados encontrados con un modelo de regresión logística y otro modelo basado en redes neuronales. En la construcción de todos los modelos se ocupa el software R con una serie de paquetes que facilitan esta tarea, los cuales se describen en el anexo E .

Generar Diseño de Prueba

Para la prueba de los modelos se se separa el data set en un set de prueba, con un 80 % de los datos, y un set de testeo, con el restante 20 % restante. Esta separación se realiza en forma aleatoria y no por meses, como los datos están naturalmente clasificados, debido a que el modelo debe interpretar en forma individual cada input, de acuerdo a lo implementado.

Por otro lado, dado que los modelos a probar corresponden a algoritmos de aprendizaje supervisados, se determina su rendimiento de acuerdo con el análisis de la matriz de confusión, su curva ROC y otros indicadores como: Recall, Precision y Fscore.

Construcción de Modelos

Como primer paso se construye un modelo basado en árboles de decisión sin hacer distinción del tipo de falla, obteniéndose la matriz de confusión que se observa en la tabla 7.8.

Tabla 7.8: Matriz de Confusión para todas las fallas.

Fuente: Elaboración propia

Real	Predicción							
	0.027	0.050	0.053	0.064	0.066	0.097	0.106	0.120
0	2023	2637	2506	84	1907	2230	543	1039
1	53	137	139	7	167	235	61	118

Real	Predicción							
	0.139	0.161	0.190	0.191	0.281	0.353	0.432	0.540
0	214	23	1276	330	261	90	11	3
1	52	10	308	79	92	42	4	21

Considerando, arbitrariamente, un corte del p en 0,125 podemos “simplificar” la matriz de confusión a lo mostrado en la tabla 7.9.

Tabla 7.9: Matriz de confusión para todas las fallas con $p > 0,125$.

Fuente: Elaboración propia.

Real	Predicción	
	0	1
0	12969	2238
1	917	608

Con este corte los valores de los principales indicadores son los mostrados en la tabla 7.10.

Tabla 7.10: Indicadores para modelo con todas las fallas con $p > 0,125$.

Fuente: Elaboración propia.

Indicador	Valor
Precision	21,36 %
Recall	39,87 %
F-Score	27,82 %

Manteniendo las mismas condiciones del análisis anterior, realizamos el mismo análisis para los casos de falla de tipo P, falla de tipo M y falla de tipo P y M juntas. La tabla 7.11 resume los indicadores obtenidos en este ejercicio. Se puede observar que, a pesar de no ser muy buenos números, sobresale el modelo sobre la predicción de la falla de tipo P. Se omiten este análisis las fallas de tipo A, o de alimentación, y las fallas de tipo L, o lógicas, por mostrar menor performance.

Tabla 7.11: Resumen de indicadores para todas las fallas con $p > 0,125$.

Fuente: Elaboración propia.

Indicador	Todas las fallas	Falla tipo M	Falla tipo P	Falla tipo M y P
Precision	21,36 %	17,55 %	18,31 %	20,24 %
Recall	39,87 %	20,58 %	41,97 %	39,15 %
F-Score	27,82 %	18,95 %	25,5 %	26,69 %

Con los resultados obtenidos podemos obtener las respectivas curvas ROC de cada modelo obteniendo la figura 7.5, con sus respectivos AUC.

Curvas ROC para los distintos tipos de Analisis

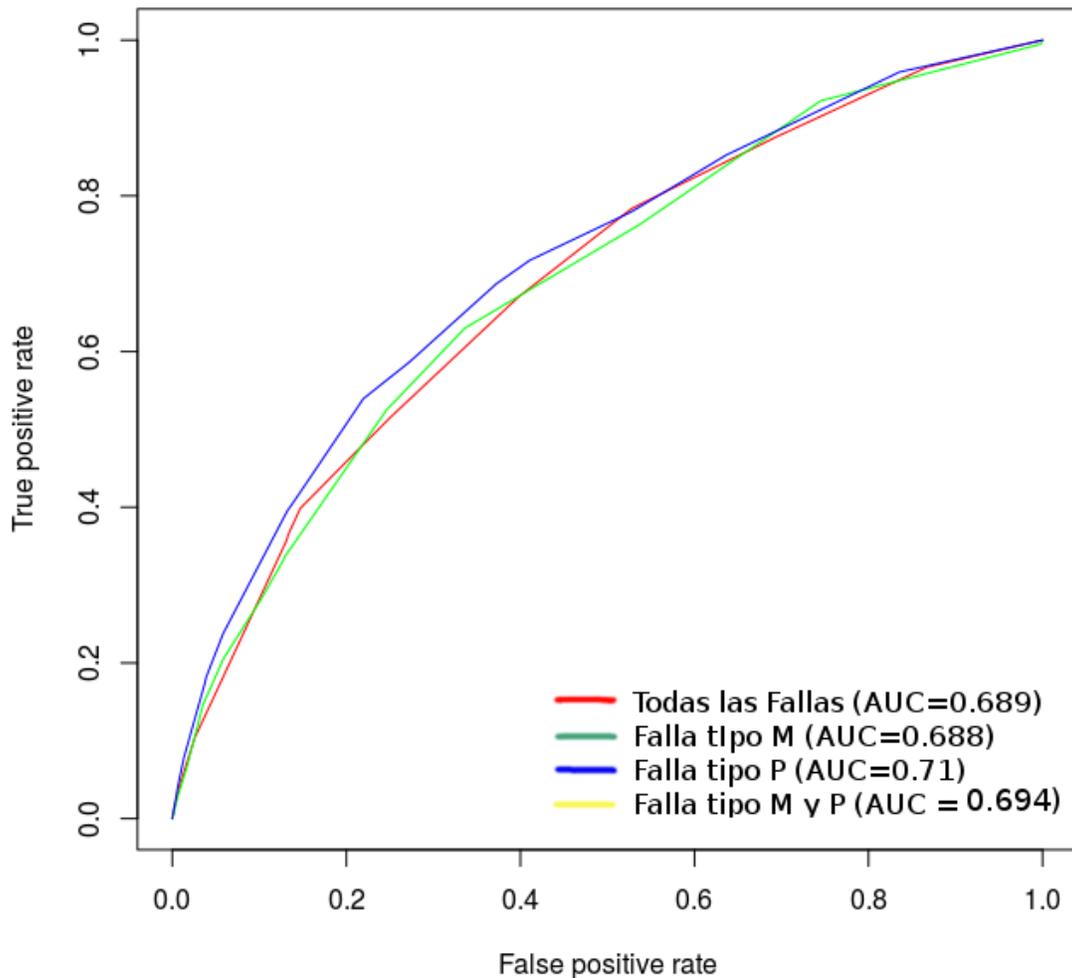


Figura 7.5: Resumen curvas ROC según tipos de Fallas para modelo predictivo basado en árbol de decisión.

Fuente: Elaboración propia.

Se observa que los modelos obtenidos se comportan de forma similar sobresaliendo levemente el modelo con ROC de línea azul, el cual corresponde al modelo de falla P. Esto comprueba lo obtenido con los indicadores en la tabla 7.11.

Podemos concluir que obtenemos mejores resultados prediciendo la falla de tipo P en forma separada a los otros tipos de falla, y que la falla de tipo M mejora si se predice en conjunto con la falla de tipo P. En términos generales, las fallas de tipo A y L empeoran los resultados.

El árbol obtenido de la modelación anterior, en la figura 7.6, usa el método “annova”, tie-

ne como parametros un $cp(\text{complexity parameter})^2$ de 0.000001, y posee 5 niveles y 31 nodos.

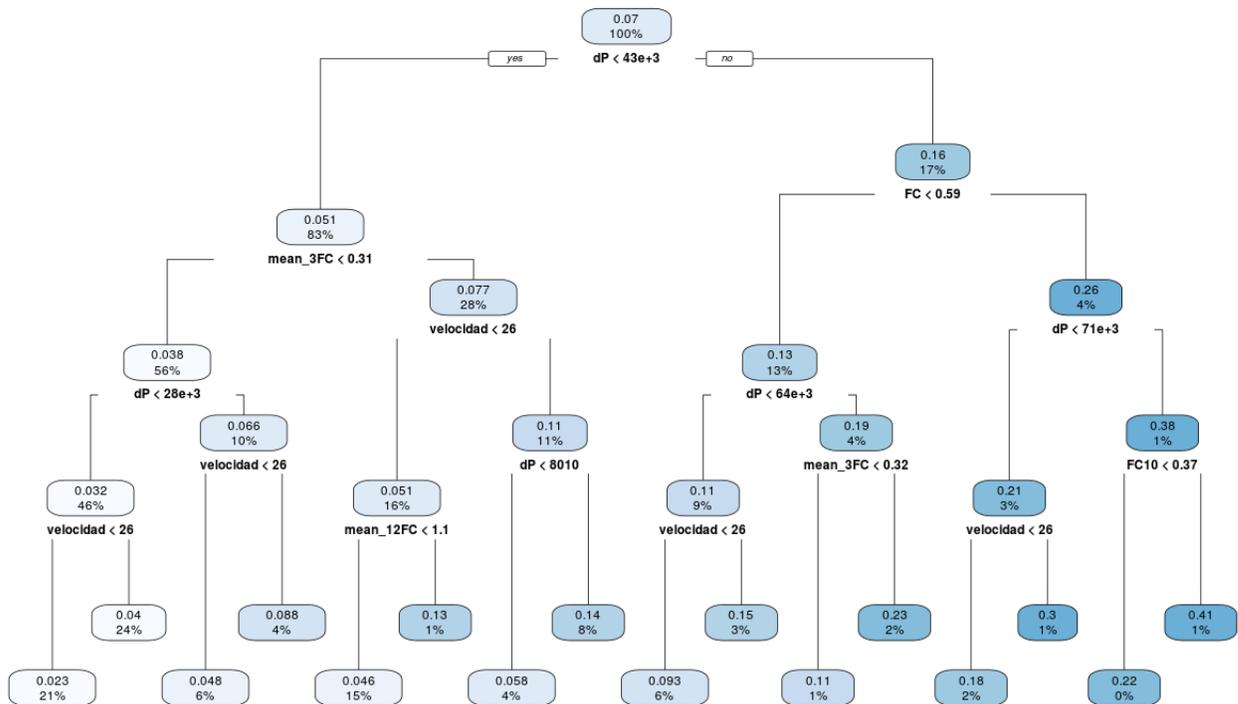


Figura 7.6: Árbol de regresión para Falla de tipo P

Los árboles de decisión, a diferencia de otros tipos de modelos, entregan resultados interpretables que se observan en los cortes de los diferentes nodos en la figura 7.6. De esta imagen se observa que las variables con mayor valor predictivo son “dP” (consumo desde el último cambio de repuesto de tipo P), FC (factor de carga del último mes) y meanFC3 (promedio del factor de carga de los últimos tres meses).

Con respecto a “dP” podemos inferir que la falla de tipo P tiene más incidencia en fallas futuras de los equipos. Es decir, un equipo que presenta una falla de tipo P suele fallar nuevamente con mayor frecuencia. Este ocurre incluso para las fallas de tipo M, esta misma variable aparece en los arboles que generan los modelos predictivos de este tipo de falla por sobre la variable “dM”.

Las variables FC y sus derivadas nos indican que entre más se usan los equipos más tienden a fallar, algo que se evidencio en la figura 7.3.

²medida de tipo corte que evita que el árbol siga creciendo si es que no se mejora el error

Otra variable que aparece en el diagrama del árbol es la velocidad del equipo, y nos indica que entre más rápido es el equipo, más tiende a fallar.

Al construir el modelo en base a regresión logística obtenemos la matriz de confusión de la siguiente tabla 7.12.

Tabla 7.12: Matriz de confusión para falla de tipo P con modelo regresión logística con $p > 0,125$.

Fuente: Elaboración propia.

Real	Predicción	
	0	1
0	14604	908
1	1040	180

Los indicadores asociados a la matriz de confusión anterior son mostrados en la tabla 7.13.

Tabla 7.13: Indicadores para modelo regresión logística para falla de tipo P con $p > 0,125$.

Fuente: Elaboración propia.

Indicador	Valor
Precision	16,54 %
Recall	14,75 %
F-Score	15,6 %

Observamos, de la tabla anterior, que este modelo presenta menor performance al modelo basado en árboles de decisión. Esto se evidencia en su menor precisión y a la vez menor recall, lo que se evidencia en ser el modelo con menor acierto de falla de equipos. Al graficar la curva ROC del modelo obtenemos la figura 7.7, en donde vemos que su AUC es menor al modelo de árbol de decisión, acorde con los indicado anteriormente.

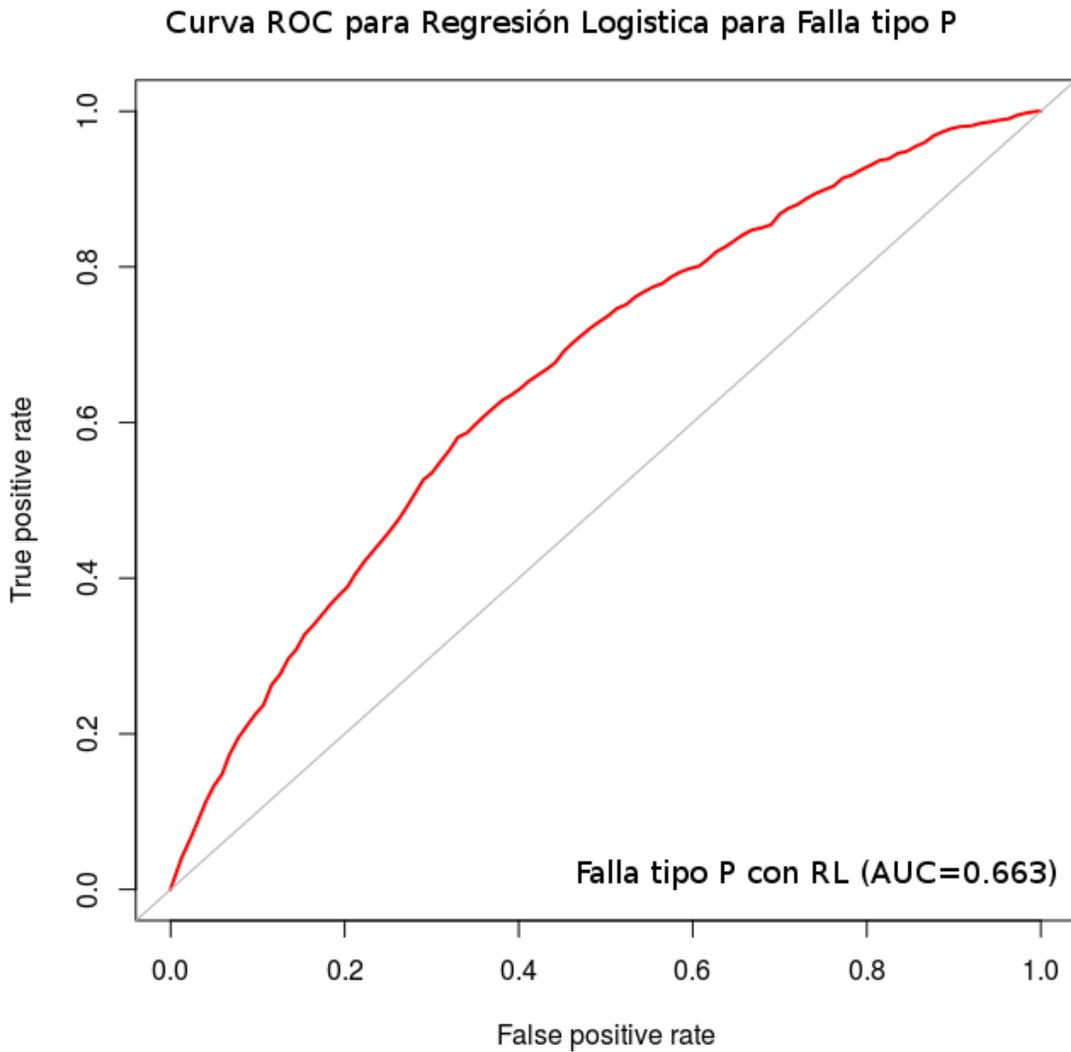


Figura 7.7: Curva ROC para falla tipo P con modelo predictivo basado en regresión logística.

Fuente: Elaboración propia.

Ahora al construir el modelo en base a red neuronal, con una capa oculta, 10.000 iteraciones y un threshold de 0.1, obtenemos la matriz de confusión de la siguiente tabla 7.14.

Tabla 7.14: Matriz de confusión para falla de tipo P con modelo de red neuronal con $p > 0,125$.

Fuente: Elaboración propia.

Real	Predicción	
	0	1
0	13930	1582
1	808	412

Los indicadores asociados a la matriz de confusión anterior son mostrados en la tabla 7.15.

Tabla 7.15: Indicadores para modelo de red neuronal para falla de tipo P con $p > 0,125$.
Fuente: Elaboración propia.

Indicador	Valor
Precision	20,66 %
Recall	33,78 %
F-Score	25,64 %

Observamos, de la tabla anterior, que este modelo presenta menor performance al modelo basado en árboles de decisión. Esto se evidencia en su menor precisión y a la vez menor recall, lo que se evidencia en ser el modelo con menor acierto de falla de equipos.

Al graficar la curva ROC del modelo obtenemos la figura 7.8, en donde vemos que su AUC es menor al modelo de árbol de decisión, acorde con los indicado anteriormente.

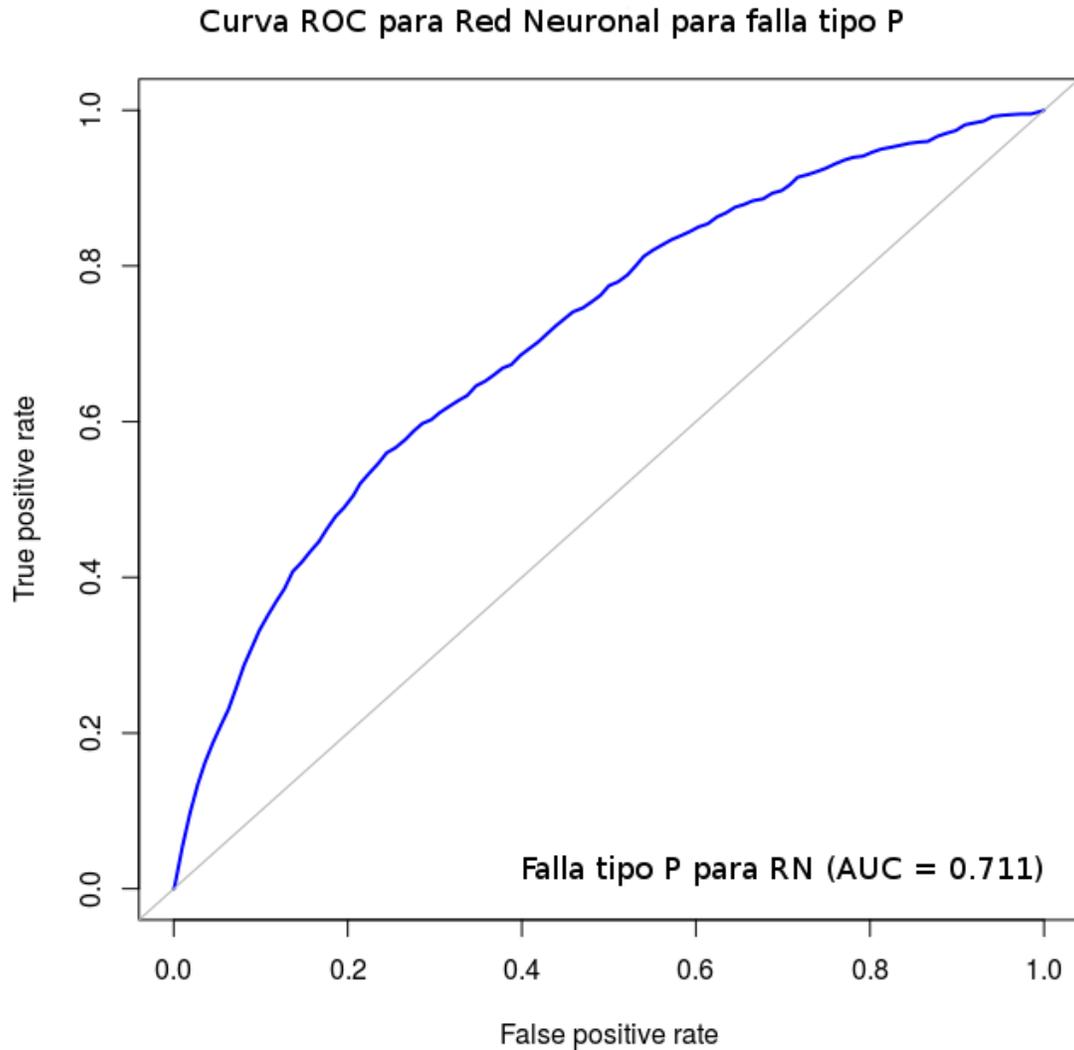


Figura 7.8: Curva ROC para falla tipo P con modelo predictivo basado en red Neuronal.
Fuente: Elaboración propia.

7.1.5. Evaluación del Modelo

Evaluación del Modelo

Para evaluar los modelos implementados anteriormente hacemos una tabla resumen, 7.16, con los valores de los indicadores obtenidos anteriormente. Podemos indicar que los resultados obtenidos por la red neuronal y el árbol de decisión son algo mejor que el modelo de regresión logística.

Tabla 7.16: Resumen de indicadores para todas las fallas con $p > 0,125$.

Fuente: Elaboración propia.

Indicador	Árbol	Logit	Red Neuronal
Precision	18,31 %	16,54 %	20,66 %
Recall	41,97 %	14,75 %	33,77 %
F-Score	25,5 %	15,6 %	25,64 %

También, en base a las figuras 7.5 y 7.8, podemos concluir que los modelos en base a la red neuronal y el árbol de decisión obtienen mejor resultado que la regresión logística. El área bajo la curva para ambos casos es cercana a 0.71, lo que indica que a pesar de no ser una predicción espectacular, se tiende a predecir fallas de este tipo en las máquinas. Si esta predicción es adecuada debemos evaluarla posteriormente agregando el factor económico.

Aprobación del modelo

Para aprobar económicamente la modelación realizada tomamos como base los resultados obtenidos para el modelo de árbol de decisión para la falla de tipo P. Para esto tomamos la matriz de confusión implementada anteriormente en la tabla 10.2 y analizamos cuánto nos cuesta cada decisión de la tabla en la medida que nos movemos por el P.

Es decir, podemos calcular el costo que significa cada decisión, comparándola con la matriz de costos asociada. Para esto, primero debemos determinar los costos asociados a los dos tipos de visita.

- Costo de visita técnica:** hace referencia al costo promedio de realizar una visita a las dependencias de un cliente. Este valor considera el costo de movilización y de horas hombre involucrados. No se considera el costo de los repuestos ni materiales utilizados en el trabajo, debido a que estos son utilizados independiente de la naturaleza dela visita.

En cada mantención reactiva el técnico realiza dos visitas, la primera para diagnosticar la falla y pedir los repuestos necesarios para su arreglo, y la segunda para realizar el trabajo de reparación. Cada visita de un técnico, independiente de su naturaleza, tiene un costo de 0.95 [UF]. Por lo tanto se considera que una mantención reactiva, en este item, tiene un costo 1,9 [UF] por reparación, mientras que una mantención preventiva tiene un costo de 0,95[UF].

- Cobro de SLA:** se refiere al cobro probable por concepto de multas por falta en el compromiso del nivel de servicio adquirido con el cliente (SLA, Service Level Agreement). Para obtener este valor se calcula el promedio de pago de SLA por equipo (2

[UF]) por el promedio historico de incumplimiento (40%) por la probabilidad de que el cliente haga efectivo el cobro por no cumplimiento (35%). Lo que nos da un valor de 0.28 [UF] por equipo. Se considera que este valor no se genera en las visitas preventivas.

- **Continuidad operativa:** es el costo que se ocasiona por tener el equipo detenido. Se calcula multiplicando el costo hora de tener un equipo parado (0.00773 [UF]) por las horas hábiles promedio que se detiene un equipo por falla (10.2 Horas). Lo que nos da un valor de 0.083 [UF]. Se considera que este valor no se genera en las visitas preventivas.
- **Costos asociados a imagen:** corresponde al costo probable que un cliente decida no renovar un contrato asociado a una mala atención de servicio técnico. Se calcula:

$$\text{CostoPerdida} = V_{\text{cliente}} \times \text{ProbNORenueva} \times \text{RazServicioTecnico}$$

En donde, V_{cliente} es el valor que tiene el cliente para la empresa considerando todo su ciclo de vida y se calcula en 385.25 [UF].

ProbNORenueva es la probabilidad de que un evento técnico produjese la decisión de no renovación por parte del cliente y se calcula como el factor entre 1 y la cantidad promedio de visitas técnicas que tiene un cliente en su ciclo de vida (58.32 visitas), lo que nos entrega un valor de 0.017, es decir un evento técnico reactivo tiene la probabilidad de 1,7% de generar una pérdida de cliente.

Por último, $\text{RazServicioTecnico}$ es el porcentaje de cliente que aduce su salida como cliente a un mal servicio técnico por parte de su proveedor. Este valor lo entrega un estudio de la consultora IPSOS en [Marketing, 2013]. En este estudio, realizado en Chile, se indica que los clientes deciden en 23% a su proveedor de servicios de gestión de impresión por razones que hacen referencia a su Servicio Técnico, lo más importante después la razón precios con un 26%.

Con esto tenemos:

$$\text{CostoPerdida} = 385,25[\text{UF}] \times 0,017 \times 0,23 = 1,52[\text{UF}]$$

Todo lo anterior se resumen en la tabla 7.17.

Tabla 7.17: Resumen de Costos asociados a las visitas técnicas.
Fuente: Elaboración propia.

Concepto	Visita Reactiva [UF]	Visita Preventiva [UF]
Costo Visita	1.9	0.95
Probabilidad Cobro SLA	0.28	0
Continuidad Operativa	0.08	0
Costo Imagen Marca	1.52	0
Total	3.78	0.95

Observamos que el costo de una visita reactiva es casi cuatro veces la de una visita preventiva, lo que se explica por lo ineficaz de lo reactivo y el impacto que tiene una falla de un equipo en el cliente.

Realizando la matriz de costos respectiva obtenemos los valores de la tabla 7.18.

Tabla 7.18: Matriz de Costos.
Fuente: Elaboración propia.

	No Falla	Falla
No Falla	0	0.95
Falla	3.78	0.95

En la tabla podemos descubrir que una predicción que resulta cierta genera un ahorro de 2.83 [UF] por predicción. Por otro lado, una predicción que resulta falsa genera un costo mayor de 0.95 [UF], dado que se reemplaza el no hacer nada (o 0 [UF]) una visita técnica, que tiene un valor de 0.95 [UF].

Si cruzamos la matriz de costos, en 7.18, con la matriz de confusión, de 10.2 podemos obtener la función de costos del modelo que graficamos en la figura 7.9. En esta grafica podemos observar el costo de la predicción en función del valor de p de la predicción, que implícitamente se relaciona con la cantidad de equipos que decido atender de la predicción realizada.

En la gráfica dibujamos con color azul la función de costos respectiva y con color rojo el costo fijo que significa actuar en forma reactiva los caso de falla ocurrido, que en este caso es de 5.764,5 [UF].

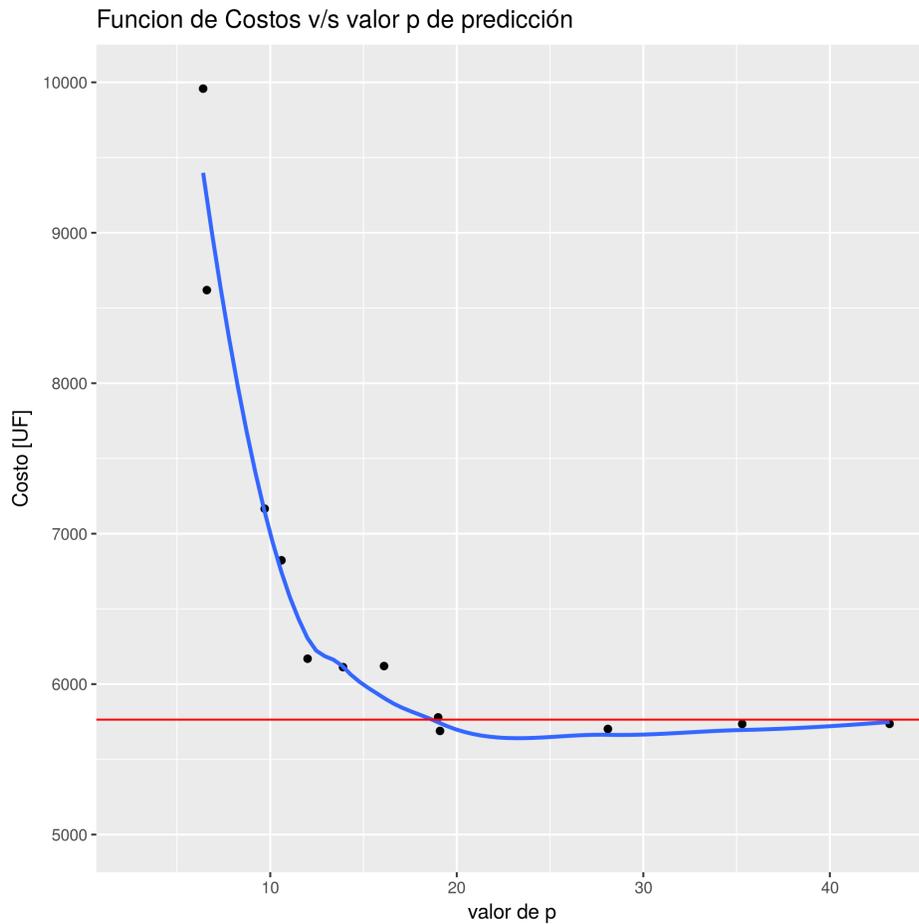


Figura 7.9: Función de Costos versus valor de p en modelo árbol de decisión para falla de tipo P.

Fuente: Elaboración propia.

Desde la figura podemos observar que existe un pequeño espacio en donde el modelo predictor es mejor que ejecutar las visitas técnicas en forma reactiva total. Para la falla de tipo P el costo reactivo es de 5.764,5 [UF], mientras que el menor costo predictivo lo encontramos cerca de un p de 0.19.1 y tiene un valor de 5.689,72 [UF], lo cual genera un ahorro de 74,72 [UF]. Con este resultado es posible indicar que, a pesar de los discretos resultados, el modelo implementado es positivo para el negocio.

Si extrapolamos estos resultados a todo el parque de la empresa obtenemos un beneficio potencial mes de 107,17 [UF] mensual (Multiplicando el resultado anterior por 1,4343 para completar un total de equipos de ≈ 24.000 equipos). Lo que significa un beneficio potencial de 1.286,05 [UF] anual.

7.1.6. Desarrollo

Los próximos pasos, en el corto plazo, son por una parte el despliegue de los resultados obtenidos y la promoción de los mismos en la empresa. Para ello se pretende disponer de los resultados de la predicción de fallas al personal técnico, y contrastarlo con la realidad para probar en terreno los resultados intermedios del proceso que se desea implementar. Como segunda opción, está la de mejorar los resultados ya obtenidos iterando en la parametrización de los diferentes modelos y opciones que se han descubierto.

Como pasos de más largo plazo podemos indicar iniciativas de mejora de la calidad de las fuentes de datos. Una de ellas es crear las condiciones de adquisición de datos en forma más periódica, con tal de obtener datos más desagregados, es decir lograr el “estado día máquina”. Otro paso, en la misma línea, sería la adquisición de datos de funcionamiento de las máquinas como las condiciones mecánicas o de ciclo de vida de los trabajos de impresión. Estos datos se utilizarían para complementar los modelos ya implementados o crear unos nuevos.

Los dos casos anteriores se lograrían, por ejemplo, con una plataforma centralizada de adquisición y/o monitoreo de las máquinas de impresión que la empresa gestiona en clientes, y con los respectivos procesos para resguardar y aprovechar esta data. Los softwares necesarios para esta implementación existen en el mercado desde ya bastante tiempo.

7.2. Discusión de resultados con respecto a Teorías de Mantenimiento

Revisando la literatura acerca de mantenimiento de equipos (equipos en general) un enfoque interesante es el propuesto por el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM, Reliability Centred Maintenance). Como se indica en la tesis de MBE de Rodrigo Lopez, en [López, 2014], el RCM es “un enfoque de mantenimientos desarrollados por la industria aeronáutica durante la década de los 60 y 70 con el objetivo de ayudar a las personas en la determinación de las políticas para optimizar las funciones de los activos físicos y administrar de mejor manera, las consecuencias de sus fallas”.

El RCM se enfoca en las funciones más importantes de los sistemas, evitando acciones de mantenimiento que no son necesarias con la finalidad de reducir el costo de mantenimiento y aumentar las horas de producción de las unidades. Como indica Fernando Espinosa en [Espinosa, 2013] “Una conclusión importante que surgió es que a pesar de que se haga exactamente como estaba planeado, un gran número de tareas derivadas de mantenimiento no conducen a nada, mientras que algunos casos son contraproducentes e incluso peligrosas”.

De esta forma el RCM trata de erradicar o controlar las fallas versus otros enfoques, como

TPM (Total Productive Maintenance), que busca devolver el equipo su estado funcional. Por lo cual, el enfoque RCM, trata de determinar en dónde deben hacerse las mejoras a través del reconocimiento de las fallas, el modo de esta y su origen.

De esto podemos inferir que este enfoque puede ser complementario al trabajo realizado en esta tesis debido a que el enfoque RCM demanda el reconocimiento de las fallas. Este reconocimiento puede ser vía sensando, lectura en línea de las alarmas y predicción de fallas vía analítica de datos.

Por otro lado el enfoque RCM realiza un análisis de criticidad de las fallas con la finalidad de priorizar las acciones a seguir de acuerdo a la frecuencia y el impacto de estas. Esto puede aprovechar las predicciones de fallas generadas por los modelos implementados, enfocando la mantención, en este caso, en los equipos cuyo efecto son más perniciosos para la empresa.

Por último, podemos indicar que tanto el enfoque RCM como el proceso de predicción de fallas, implementado en esta tesis, demandan un sistema centralizado de gestión de equipos de impresión que incorpore la lectura en línea de las alarmas, fallas y uso de los equipos presentes en los clientes de la empresa. Difícilmente podemos ejecutar un enfoque RCM si no podemos determinar las fallas cuando ocurren, sus causas o su importancia en el ambiente del cliente. Y, difícilmente podemos mejorar las predicciones si no poseemos mejoras en la calidad de los datos.

Capítulo 8

Plan de implementación y Gestión del Cambio

El presente capítulo describe la estrategia de gestión del cambio utilizada para impulsar el proyecto descrito en este trabajo de tesis. Con esta finalidad se desarrolló una propuesta metodológica que se basa en el enfoque propuesto por el profesor Eduardo Olguín, en el curso IN76J del MBE, y otros modelos propuestos por otros autores como J Kotter. Esta metodología se bosqueja en la figura 8.1.

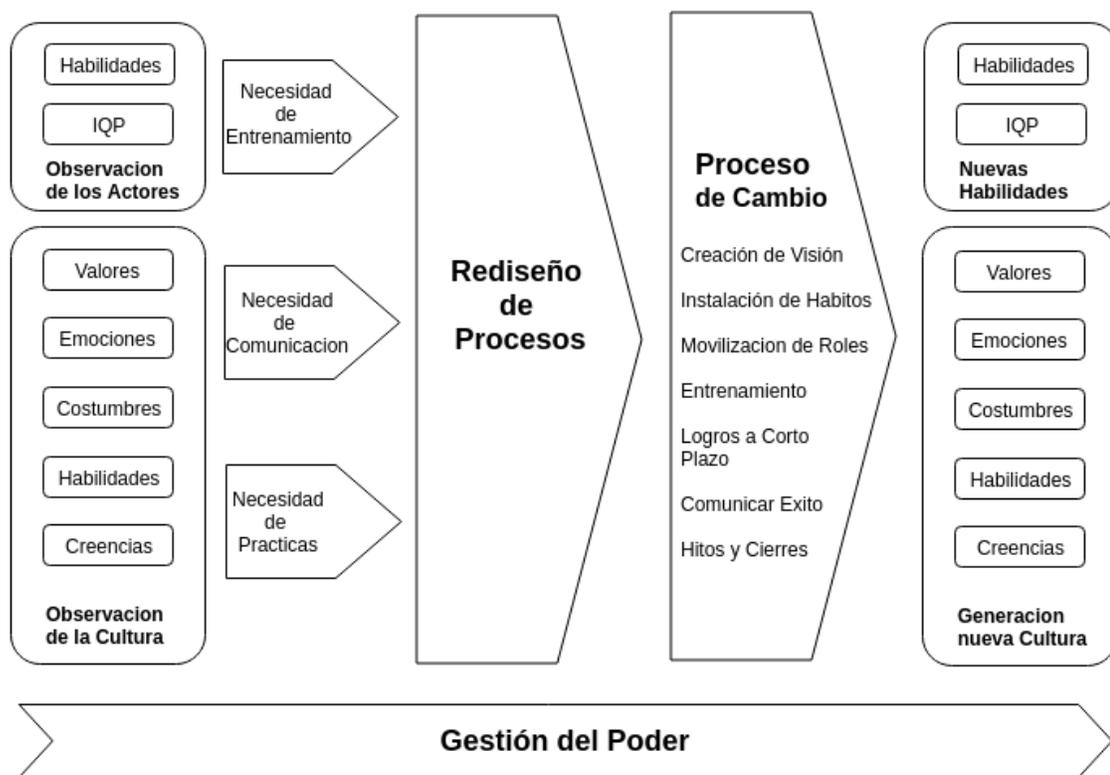


Figura 8.1: Plan de Gestión de Cambio.
Fuente: Elaboración Propia.

E. Olguin propone en [E. Olguín, 2015, p. 61-62] que para lograr los cambios, que implica un determinado proyecto, se debe comenzar con observar tanto a los actores, como la cultura que subyace en ellos. Esta observación generará necesidad de nuevas capacidades, tanto de comunicación, entrenamiento y prácticas. El desarrollo de estas nuevas capacidades implica la generación de nuevas habilidades y una nueva cultura en los involucrados.

8.1. Identificación de la necesidad de Cambios

Para identificar los cambios que se deben impulsar y los que irremediamente se gatillan con el proyecto, debemos comenzar con observar la realidad actual y contrastar con lo que el proyecto implica. Con esto descubriremos necesidades de nuevas capacidades que deben ser trabajadas en pro del éxito del proyecto.

8.1.1. Observación de Actores

En la observación de actores necesitamos primero identificarlos y luego determinar sus capacidades y compromiso con el proyecto. Para ello, E. Olguin nos propone en [E. Olguín, 2015, p. 35] la creación de la tabla IQP o de (I)ntereses, (Q)uiebres y (P)reocupaciones de los actores relevantes al proyecto.

La tabla 8.1 se implementó escuchando, en forma activa, a los actores principales durante el desarrollo del proyecto

Tabla 8.1: Resumen observación de actores relevantes.

Fuente: Elaboración Propia

Actor	Escucha respecto al proyecto	IQP
Gerente de Operaciones	“Considera que el proyecto es interesante pero puede generar pérdidas de tiempo por uso del personal técnico.”	I: Mantener el control de la Gerencia y en particular de los costos. Q: Pérdida de control de costos. P: Mostrar desorden en la Gerencia.
Jefe servicio Técnico	“Considera que el proyecto es positivo porque es una herramienta que puede ayudar en la gestión.”	I: Mejorar la productividad. Q: Que el proceso genere retrasos. P: Que exista resistencia de la solución por los técnicos.
Técnicos	“Considera que tener una herramienta de ayuda a la gestión es algo positivo.”	I: Que la solución sea de ayuda. Q: Una adopción compleja de la solución. P: Que solución sea compleja e inutil.
Operador TI	“Encuentra interesante el proyecto debido al uso de Data Mining.”	I: De nuevas herramientas tecnologicas. Q: Compleja operación de la solución. P: Carga de trabajo operativa.

Teniendo este resumen en mente podemos posteriormente elaborar las necesarias narrativas seductoras que le hagan sentido a cada uno de estos actores para apoyar, o no oponerse, al desarrollo del proyecto.

8.1.2. Observación de la Cultura

“Los proyectos de cambio tecnológico implican un cambio cultural, de estilo, de forma de trabajo o de procesos. Por ello se requiere de contar con habilidades que no se tienen originalmente en las personas y/o en los equipos.” [E. Olgún, 2015].

A continuación se describen las diferentes aristas que componen la cultura, en una organización, según lo observado en la empresa:

Valores

Desde su llegada, el nuevo gerente general ha difundido los valores que el piensa que la empresa debe desarrollar y proteger, estos valores son los siguientes:

- “Actúa como dueño”
- “Orientación al cliente”
- “Trabajo en equipo”
- “Ética profesional”
- “Trabajo bien hecho”

El proyecto de tesis debe considerar no afectar negativamente ninguno de los valores.

Emociones

Es difícil identificar las emociones que sobresalen en un grupo de trabajo o en una institución. Una declaración de este tipo suele ser arbitraria y puede carecer de antecedentes. Considerando lo anterior, creo que la emoción que más abunda en el personal de la empresa es la de resignación, de que los proyectos o acciones que se emprendan en nada van a mejorar el status, y que no hay nada que hacer para que la situación pueda ser cambiada.

Esta emoción afecta negativamente, no solo al proyecto, y se debe considerar en el desarrollo de cualquier actividad que se emprenda. A pesar de esto se percibe una emoción de orgullo de pertenecer a la empresa o de “tener la camiseta puesta ”, lo que puede usarse en la posterior creación de narrativas.

Costumbres

Una de las costumbres negativas observadas del personal de la empresa es el “actuar reactivamente” ante las diversas situaciones que se generan a diario. Esto se evidencia en que casi la totalidad de los trabajos técnicos que se realizan por el servicio que la empresa entrega sean gatillados por peticiones de clientes.

Otra costumbre arraigada, y que va de la mano de la anterior, es el trabajo en “silos organizativos”. Es difícil el trabajo inter áreas, pero se da si son tareas impulsadas centralmente. Lo que es más difícil es que las problemáticas sean visibilizadas y/o tratadas con un mirada transversal a las gerencias.

Ambas costumbres son perjudiciales al proyecto. Particularmente, el “actuar reactivamente”, se ataca en forma directa en el trabajo de esta tesis. Por otra parte la costumbre de “silos organizativos” es pernicioso a todo proyecto que necesite de equipos multitarea, como es demandado por este proyecto.

Habilidades

Las habilidades evidentemente más desarrolladas son las relacionadas con el servicio técnico, es decir las referentes a la reparación y recuperación de máquinas de impresión. La empresa tiene reconocida experiencia en este ámbito en la industria, por lo mismo posee un servicio técnico propio a diferencia de los competidores que son marcas, los cuales subcontratan estos servicios con otras empresas.

Esto que puede parecer beneficioso no lo es tanto si pensamos que se requiere un cambio de cultura por parte de la empresa desde un enfoque de servicio técnico a un enfoque de entrega de servicio profesional, el cual no está centrado en la máquina sino que en el servicio de impresión que se entrega al cliente. Esto es algo central que el proyecto quiere ayudar a cambiar.

Creencias

Como grandes creencias que se observan en el personal de la empresa, se pueden distinguir las de ser el “Mejor Servicio Técnico” y una “marca líder” de la Industria. En la práctica ambas creencias tienen sustento.

Lo de ser “marca líder” de la Industria no afecta mayormente al proyecto. Mientras que la creencia sobre “Mejor Servicio Técnico” ya se comentó en ítem anterior.

8.1.3. Necesidades descubiertas

El levantamiento anterior, que se ha realizado tanto a los actores principales como a la cultura de la organización, demanda necesidades de prácticas, entrenamientos y comunicación que se describen a continuación:

Necesidades de Prácticas

Considerando lo descrito anteriormente, se infiere que es necesario infundir en los actores relevantes del proyecto, y quizás a más personas, el sentido de la gestión preventiva, el valor del negocio en la entrega del servicio y no en la venta de maquinas, y que la forma de tomar decisiones debe ser basada en el análisis de la información que el negocio genera. Se considera que estos cambios son de segundo orden en algunos actores y se hace necesario integrar habilidades de coaching para guiar el aprendizaje de ellos.

Necesidades de Entrenamiento

Otras habilidades, que son necesarias para el éxito del proyecto, como el uso de la interfaces que se creen, se consideran habilidades de primer orden y pueden atacarse con capacitaciones o manuales.

Necesidades de Comunicación

Las aristas culturales que se hacen necesarias de ser cambiadas, como las costumbres antes mencionadas, y los (I)ntereses, (Q)uiebres y (P)reocupaciones de los actores principales, y que se resumen en la tabla 8.1, requieren de una estrategia comunicacional.

8.1.4. Lo que se Conserva

Una de las aristas que se suele dejar de lado en los procesos de gestión del cambio es lo que se debe resguardar o cuidar con tal de no atentar, muchas veces de forma indirecta, al éxito del proyecto. Como indica Humberto Maturana:

“Lo más importante de todo proceso de cambio no es lo que se cambia sino lo que se conserva.”

De acuerdo a lo descrito anteriormente podemos implementar la tabla 8.2

Tabla 8.2: Diagnóstico Organizacional – Cambio y Conservación.
Fuente: Elaboración propia.

Conservar	Prevenir - Eliminar	Cultivar
Los valores de la empresa.	El “actuar reactivamente ” y los “silos organizativos ”	Orgullo de pertenencia, el “tener la camiseta puesta ”

8.2. Plan de proceso de Cambio

Con respecto al proceso de cambio:

8.2.1. Creación de Visión

Según lo que indica John P. Kotter en [Kotter, 2007] la tarea clave de líder de un proyecto es la creación de una visión alineada con un futuro necesario e incluso de premura para la organización. Esto refuerza al proyecto especialmente en los momentos de complejidad que se puedan presentar.

Lo anterior debe ser comunicado a la comunidad en forma clara y breve, y sin subestimar lo complejo que puede ser el sacar a los actores desde su zona de confort. Esto se genera “la sensación de urgencia”, algo necesario especialmente cuando hay cambios de segundo orden involucrados

8.2.2. Desarrollo del Cambio

El desarrollo del proyecto debe contemplar las actividades del proyecto de cambio como el entrenamiento de nuevas habilidades por parte de los actores principales, de coaching de ser necesario, de movilización de nuevos roles, como encargados, y la instalación de hábitos para impulsar, por ejemplo, el uso de la herramienta,

8.2.3. Comunicar Exitos

La comunicación de los éxitos es de gran importancia ya que esta genera “la sensación de avance” de lo que se emprende, tanto en el grupo de trabajo como en la comunidad. Kotter nos indica en [Kotter, 2007] que debemos planificar logros a corto plazo con el fin de impulsar el proyecto en fases iniciales del mismo, visibilizando estos resultados y recompensando a los involucrados en estos logros.

8.2.4. Hitos y Ritos

E, Olguín nos indica en [E. Olguín, 2015, p. 105] que “Algo que todos comparten es la declaración del inicio y del final del proceso, pues son vitales para identificar aquello que gatilla el proceso y en qué momento se obtuvo el resultado deseado.”

Por esto, se pretende presentar el cierre del proyecto al negocio mostrando los resultados obtenidos. Por otro lado, se pretende realizar una evaluación final del proyecto de cambio, con la finalidad de detectar aspectos que fueron erróneamente tratados u otros olvidados, y los aciertos ejecutados.

8.3. Gestión del Poder

Según Olguín, el poder se debe considerar como una fuerza que incentiva el movimiento para que “las cosas ocurran”. Se hace necesario determinar a los actores principales en la organización, determinar a los “líderes naturales”, con tal de generar una estrategia adecuada para abordarlos.

Una herramienta que permite analizar el entorno y los actores relevantes a un proyecto desde el punto de vista del poder, es el mapa de poder. La construcción del mapa del poder de este proyecto se indica en la tabla 8.3.

Tabla 8.3: Mapa del Poder.
Fuente: Elaboración propia.

Actor	Tipo de Poder	Tipo de Poder
Gerente de operaciones	Gerencia del área de operaciones	Autoridad, simbólico y articulación.
Jefe servicio Técnico	Encargado del servicio técnico	Cargo y conocimiento
Técnicos	Encargado de las reparaciones de la máquinas de impresión	Cargo y conocimiento
Operador TI	Encargado del soporte de las plataformas TI	Cargo y conocimiento

Podemos indicar que el actor que posee la mayor capacidad de poder, en referencia a este proyecto, es el Gerente de operaciones. Los demás actores no poseen una capacidad comparable, ni el jefe de Servicio técnico ni el conjunto de los técnicos. Su poder se basa en la autoridad que le entrega el cargo, su identidad y sus habilidades de articulación.

Por lo anterior resulta importante aplicar una estrategia comunicacional asertiva con el gerente del área de operaciones con tal de lograr su apoyo en el desarrollo del proyecto.

8.4. Creación de Sentido y Narrativas

Después del levantamiento anterior podemos elaborar las narrativas que creen el sentido necesario a los diferentes actores involucrados con el objetivo de obtener el apoyo, o men- guar el rechazo, del proyecto que se está implementando. Como el profesor Olguín lo indica en [E. Olguín, 2015]:

“Cuando se detectan los elementos esenciales de la narrativa que se levantan desde la Ob- servación y el Escuchar hacia los actores, el siguiente paso para realizar una exitosa gestión

del cambio consiste en la generación de ofertas seductoras que le hagan sentido al actor o usuario objetivo.”

Tabla 8.4: Narrativas elaboradas.

Fuente: Elaboración propia.

Actor	Oferta Seductora	Valor para el actor
Gerente de operaciones	“El sistema va a permitir la obtención de predicciones de falla en las máquinas que se gestionan, permitiendo al area mejorar su eficiencia en la entrega del servicio.”	“Gestión del servicio en forma eficiente. Control del área. Satisfacción de clientes.”
Jefe servicio Técnico	“Con el desarrollo del proyecto tendrá una herramienta que apoye a la planificación de las visitas técnicas a clientes.”	“Gestión integral del proceso productivo y técnico. Mejoramiento de las mantenciones preventiva.”
Técnicos	“Los resultados que entrega la herramienta será un apoyo en su trabajo diario.”	“Apoyo a su trabajo.”
Operador TI	“Se pretende que el llegue a ser una herramienta fundamental en la entrega del servicio a los clientes.”	“Importancia en su labor.”

Capítulo 9

Evaluación Económica del Proyecto

A continuación se presentan algunas consideraciones relevantes y elementos necesarios (Ingresos y Costos) para construir el flujo de caja privado necesario para la evaluación Económica del Proyecto. La forma en que se evaluará este proyecto es desde un punto de vista privado debido a que se realiza para una empresa de ese carácter.

9.1. Consideraciones Relevantes

9.1.1. Plan de Marketing

Considerando los dos tipos de clientes que se ha declarado que tiene el proyecto, el plan de Marketing posee dos ramas o misiones:

Para los Clientes Externos

Enfocado en los clientes que tiene Dimacofi en la entrega de su Servicio de Impresión. Acá el objetivo es publicitar la mejora en eficiencia que genera el proyecto para la empresa y lo que eso significa en la mejora en el servicio que se le entrega. Esta tarea es realizada por las ejecutivas de cuentas quienes tienen la misión de ser el canal de comunicación con los clientes. No se ha considerado en el flujo de caja del proyecto debido a que se esta tarea debe realizar con o sin proyecto, es decir se considera como un costo hundido.

Para los Clientes Internos

Corresponde a plan de gestión del cambio descrito anteriormente y tiene la motivación de aminorar el impacto del proceso de cambio, que el proyecto implica, sobre las personas y la organización involucrándose desde el inicio del proceso, resguardando que este se desarrolle en forma ordenada y con la menor interferencia posible sobre la operación actual. Este plan incide en el flujo de caja del proyecto por lo cual es valorizado.

9.1.2. Horizonte de Evaluación

En esta evaluación se utiliza un horizonte de tres años debido a que el proyecto se considera de tipo táctico para la empresa. Esto se justifica en que “el proyecto afecta en forma directa a un área de la empresa...”, a la Gerencia de operaciones, “... mientras que a otras áreas afecta en forma indirecta” [E. Contreras, 2015].

Podemos agregar, que el proyecto pretende instaurar una nueva forma de realizar un proceso importante de la empresa. Además, se siguen las orientaciones de la planificación estratégica enfocados en la coordinación de algunos recursos.

La unidad de tiempo a utilizar es por años, la cual es la unidad de tiempo que se usa mayoritariamente en la evaluación de proyectos.

9.1.3. Tasa de Descuento

La tasa de descuento que se ocupará en este análisis es de 12 % anual y corresponde a la utilizada por la empresa. Esto no ha sido cuestionado.

9.2. Inversión y Costos del Proyecto

Los costos del proyecto corresponden principalmente a la inversión para implementar el modelo predictivo y la plataforma de apoyo tecnologico, que implica este proyecto, y los costos operacionales y de mantención de estas una vez implementado. No existen costos variables debido a que la operación y mantención del sistema no depende de la cantidad de clientes o máquinas que se gestionen.¹.

9.2.1. Inversión del Proyecto

La inversión del proyecto consiste principalmente en las HH de los involucrados tanto en el diseño, la implementación, y el plan de Marketing asociado (Gestión del Cambio) de acuerdo a lo indicado anteriormente. Además, existe un costo por Virtualización del Servidor en donde será instalado el software necesario. No existe pago alguno de licencias de Software propietario.

El detalle de las inversiones en el concepto de horas hombre, descritas anteriormente, de este proyecto se describen en la tabla 9.1. Todos los valores se calculan en base a una

¹Supuesto válido a menos que haya un crecimiento muy grande del parque de equipos de impresión de la empresa que implique redimensionamiento de la Infraestructura ocupada, lo cual es muy poco probable.

UF=27.450 (Valor para el 7 de Noviembre 2018).

Tabla 9.1: Cálculo de Inversión por Horas Hombre.
Fuente: Elaboración propia.

Ítem	Valor HH [\$]	Horas proyecto	Total [\$]
Jefe de Proyecto	12.098	540	6.532.920
Ingeniero	8.836	410	3.622.760
Programador	5.260	410	2.156.600
Periodista	4.376	120	525.120
Operador	4.376	30	131.280
		Total	12.968.680

A esto se agrega **\$123.525**, correspondiente a 4.5 [UF], por habilitación de Servidor Virtual que aloja . Como se dijo anteriormente no existen pago de Licencias. Con todo esto la inversión del proyecto es de **\$ 13.092.205**.

9.2.2. Costos del Proyecto

Los costos fijos del proyecto corresponden a los costos de Horas Hombre de mantención y operación del servidor, y los costos de soporte del servidor en donde se aloja la máquina virtual dónde está implementada la plataforma.

El detalle de los costos por horas hombre, descritos anteriormente, de este proyecto en la tabla 9.2.

Tabla 9.2: Cálculo de Costos Fijos por Horas Hombre del Proyecto.
Fuente: Elaboración propia.

Ítem	Valor HH [\$]	Horas mensual	Total anual [\$]
Jefe de proyectos	12.098	6	871.056
Ingeniero	8.836	6	636.192
Programador	5.260	20	1.262.400
Operador	4.376	20	1.050.240
		Total	3.819.888

A esto se le debe sumar los costo anual por soporte de la máquina virtual de \$ 988.200, correspondiente a 3 [UF]. Con todo lo anterior, el costo fijo anual del sistema es de **\$ 4.808.088**.

9.3. Beneficios del Proyecto

Los beneficios potenciales que implica la realización del proyecto para la empresa se miden de acuerdo a lo calculo obtenido en 7.1.5. El ahorro potencial que puede generar el modelo predictor de la falla de tipo imagen (P), la que tiene mejor performance, es de 107,17 [UF] y anual de 1.286,05 [UF]. Con lo que significa \$ 35.302.093, calculado con $UF = 27.450$.

Para el escenario base o moderado consideramos que el flujo de caja, por temas de ineficiencias, se logra replicar los resultados en el 70% del MIF de la empresa. En el escenario pesimista se considera que solo se logra replicar los resultados en el 40% del MIF de la empresa, mientras que en el escenario optimista se espera su totalidad.

Por otro lado se considera que la adopción de los resultados de esta plataforma por parte del personal de operaciones de la empresa se hace en forma paulatina. Se considera que la adopción completa se realiza durante los tres años del horizonte de evaluación del proyecto, con un avance paulatino cada año.

Con todo lo anterior podemos fabricar la tabla 9.3, en donde calculamos los posibles escenarios descritos anteriormente.

Tabla 9.3: Cálculo por año de posibles Escenarios.

Fuente: Elaboración propia.

Año	Pesimista = 0,4	Normal = 0,7	Optimista = 1
Año 1 50% adopción	7.060.419	12.355.733	17.651.047
Año 2 75% adopción	10.590.628	18.533.599	26.476.570
Año 3 adopción completa	14.120.837	24.711.465	35.302.093

Esta proyección de beneficios se ingresará posteriormente en el desarrollo del flujo de caja.

9.4. Construcción del Flujo de Caja

De acuerdo a los beneficios, costos y consideraciones presentadas anteriormente, se elabora a continuación el flujo de caja privado del proyecto. Se recuerda que esta evaluación se realiza para la empresa Dimacofi S.A., es por eso que corresponde a una evaluación de proyecto de caracter privado.

9.4.1. Flujo de Caja

La tabla 9.4 se muestra el flujo de caja privado del proyecto para el escenario moderado, revisar tabla 9.3.

Tabla 9.4: Flujo de Caja del proyecto, escenario normal.
Fuente Elaboración propia.

Ítem	0	Año 1	Año 2	Año 3
Ingresos		12.355.733	18.533.599	24.711.465
- Costos Fijos		-4.808.088	-4.808.088	-4.808.088
- Costos Variables				
- Depreciaciones Legales				
- Pérdidas ejercicio Anterior				
= Utilidad antes de Impuestos		7.547.645	13.725.511	19.903.377
- Impuesto primera Categoría (25 %)		-1.886.911	-3.341.378	-4.975.844
= Utilidad después de Impuestos		5.660.733	10.294.133	14.927.533
+ Depreciaciones Legales				
+ Pérdidas ejercicio Anterior				
-/+ Ganancias/Pérdidas de Capital				
= Flujo de Caja Operacional		5.660.733	10.294.133	14.927.533
- Capital de Trabajo	-13.092.205			
+ Recuperación Capital de Trabajo				
- Amortizaciones				
= Flujo de Capitales	-13.092.205			
= Flujo de Caja	-13.092.205	5.660.733	10.294.133	14.927.533

Como se observa en la tabla 9.4 en el proyecto no hay depreciación de activo fijo, ganancia o pérdida de capital, ingresos financieros, pago de intereses, ni pérdidas del ejercicio anterior.

De acuerdo al flujo de caja se obtiene un VAN del proyecto de \$ 10.793564 y un TIR de 48,203 %. Esto indica que la realización de este proyecto, a la tasa de descuento de 12 %, es rentable en el escenario moderado.

9.5. Análisis de Sensibilidad

El análisis de sensibilidad se realiza de acuerdo a los escenarios especificados en 9.3 y corresponden al nivel de performance con respecto a los resultados obtenidos en este trabajo de tesis. Así el escenario pesimista (0,4) indica que se obtiene solo un 40 % de efectividad de las predicciones, por ejemplo. En la tabla 9.5 se muestra como varían los valores del VAN de acuerdos a estos escenarios.

Tabla 9.5: Cálculo VAN posibles Escenarios.
Fuente: Elaboración propia.

Escenario	Valor
Pesimista	-3.155.121
Moderado	10.793.564
Optimista	27.664.616

Podemos indicar que el proyecto no es tan sensible a este factor, lo que indica que no existe un peligro de una gran pérdida de recursos si decide implementar el proyecto (controlando otros factores). Por otra parte, ya con un performance de $\approx 50\%$ de los resultados el proyecto se hace rentable. Por estas razones se recomienda la realización del proyecto.

Capítulo 10

Conclusiones

10.1. Sobre el trabajo de Tesis

Los resultados obtenidos en este trabajo de tesis demuestran que es posible implementar la capacidad de generación de planes de visitas técnicas preventivas de máquinas de impresión que prevean las ocurrencias de fallas en estas. Esta capacidad impactaría positivamente en la provisión de los servicios que la empresa provee, reduciendo los costos de operación en las cuentas e impactando positivamente en la imagen marca en sus clientes.

En efecto se logra un resultado que generaría un ahorro potencial de 107,17[UF] en un mes, extrapolando la predicción obtenida al total del parque de máquinas de la empresa. Proyectando este resultado al parque total, considerando ineficiencias y latencias en las adquisición, se espera obtener un VAN de proyecto de 10,79 MM , lo que indica lo positivo de una posible implementación completa.

Las variable explicativa más importante, que se observa en este análisis, es el factor de carga que se le aplica a la máquina por parte de los usuarios, es decir la relación entre el consumo que se aplica a la máquina versus el valor nominal recomendado por el fabricante. Se comprueba que a una mayor valor del factor de carga de una máquina su posibilidad de falla aumenta. Otra variable explicativa es la ocurrencia de fallas ocurridas anteriormente en la máquina, especialmente de la falla de tipo “imagen”, que suele incidir en fallas futuras del equipo

Es de gran importancia considerar las problemáticas encontradas con respecto a la calidad y nivel de agregación de los datos con los cuales se trabajó. Esto plantea grandes posibilidades a futuro con respecto a la mejora de la performance del modelo predictivo, sí logramos implementar mejoras en este aspecto.

El diseño de este proceso se guió tanto en buenas prácticas, planteadas por números autores en lo referente inteligencia de negocios, como por la experiencia del personal, espe-

cialmente técnico, que la empresa posee.

10.2. Sobre la metodología de la Ingeniería de Negocios

El presente trabajo, apoyado en las metodologías aprendidas en el MBE, ha logrado crear una estructura en un principio sencilla, pero efectiva, que permite implementar la capacidad de generar planes preventivos de visitas técnicas en base a modelos predictivos de fallas de máquinas de impresión.

La Ingeniería de Negocios, presentada en 2.2.1, tiene la particularidad de orientar el diseño, o rediseño, de los proyectos de mejoras en los procesos que mayor impacto tienen para la empresa. Esto es debido a que posee dos cualidades muy importantes. La primera de ellas es que sigue un enfoque top-down y la segunda es que contempla diferentes aristas que son fundamentales para proyectos de este tipo como son la estrategia de la empresa, el modelamiento de procesos, la infraestructura TI, la aplicación de lógicas complejas y las técnicas de gestión del cambio.

Particularmente, es interesante la incorporación de las técnicas de gestión del cambio en los proyectos dado que su objetivo principal es garantizar que los cambios que un proyecto tecnológico (o de otro ámbito) demanda no se vean perjudicados por variables intrínsecas a la organización como pueden ser la cultura que en ella se subyace. Esto nace para dar respuesta al *por qué* muchos proyectos tecnológicos no logran ser de utilidad o no resuelven las problemáticas de una empresa, en lo que Erik Brynjolfsson en [Brynjolfsson and Hitt, 1998] denomina *Paradoja de la productividad*.

10.3. Sobre los procesos y la aplicación de lógicas complejas

Un gran aprendizaje que entrega el desarrollo de este proyecto de tesis es que la implementación de modelos de minería de datos, o la implementación de otro tipo de lógicas complejas, por sí solas difícilmente pueden tener un efecto sin un análisis de los procesos que estos impactan.

Una de las principales ventajas del enfoque conjunto, que la Ingeniería de Negocios plantea, es que asegura que estos modelos analíticos o herramientas de lógicas complejas se incorporen a los procesos más cruciales, o que mayores problemas presentan, de acuerdo a los objetivos estratégicos que la empresa persigue considerando las complejidades que estas involucran .

Lo anterior es de vital importancia debido a que el planteamiento desde la misión o meta de la institución a una determinada herramienta y no al revés. Es habitual que en el mundo empresarial se adquiriera una herramienta tecnológica, o se aplique alguna metodología o se emprendan desarrollos de proyectos tecnológicos sin conocer el *por qué* de esta incorporación.

10.4. Sobre el trabajo realizado en el MBE

El trabajo realizado a lo largo del MBE ha ido cambiando con respecto a sus objetivos y su desarrollo. Esto es natural en el proceso de aprendizaje que se conlleva con el estudio, en este caso, de un magister. Esto se suma a la inexperiencia de manejar un proyecto que implica el rediseño de procesos, la ejecución de algoritmos de minería de datos, el trabajo con otras áreas de la empresa y la dificultad que conllevan los cambios. Dado lo anterior, es esperable que los tiempos estimados en un principio no se hayan cumplido de acuerdo a lo planificado.

10.5. Sobre trabajos futuros

Acerca de trabajos futuros relacionados con el proyecto realizado en esta tesis podemos indicar que existen algunas oportunidades como:

- La obtención de datos con mayor nivel de desagregación. Es decir, que la obtención se realice con más periodicidad, especialmente de las variables explicativas. Sería ideal construir el “estado maquina diario” en vez del carácter mensual que se ocupó en este trabajo. Esto permitiría observar fenómenos que la agregación de datos oculta. Un ejemplo de esto sería diferenciar equipos que tienen una mayor varianza de consumo con peaks fuertes frente a equipos con consumos diarios más estables.
- La incorporación de variables de funcionamiento de las máquinas, como por ejemplo las condiciones físicas y mecánicas de éstas en el tiempo. Esto ayudaría a encontrar síntomas puntuales del funcionamiento de los equipos que anticipan una posible falla. Por ejemplo, mayores demoras en sus ciclos de trabajos o simplemente constantes atascos de papel.
- La incorporación de datos sobre los ciclos de vida de los trabajos que los usuarios envían o las características de los mismos. Como pueden ser: la cantidad de hojas, que tipo de formato tienen, simple o dúplex, calidad de estos, etc, y si esto afecta en su vida útil. Esto ayudaría a entender cómo afectan estas variables, en los diferentes modelos, según el uso que los usuarios le dan. Por ejemplo, entender cómo responde un equipo

especializado a gran tiraje cuando es utilizado en trabajos de baja cantidad de equipos o viceversa.

Las tres últimas iniciativas demandan la implementación de una plataforma de monitoreo y control on-line de las máquinas de impresión a las cuales la empresa que la empresa debe proveer servicios.

Acerca de trabajos que pueden implementarse en la empresa sin una relación directa con este trabajo de tesis podemos mencionar:

Apéndices

A . Glosario de Terminos

- **B2B:** Business to Business, concepto que hace referencia a las transacciones comerciales entre empresas. Del ingles, “de Negocio a negocio”.
- **CART:** Classification And Regression Tree, término genérico usado para referirse a ambos procedimientos de arboles de regresion y arboles de casificación, presentado por primera vez por Breiman et al. en 1984. Fuente: Wikipedia.
- **CRISPDM:** CRoss-Industry Standard Process for Data Mining, modelo estándar de proceso utilizado en minería de datos. Fuente: Wikipedia.
- **DAAS:** Devices As A Services, servicio de adquisición y mantención, en todo su ciclo de vida, de dispositivos tecnologicos.
- **DNA:** Dinacofi Negocios Avanzados, empresa de Holding Dimacofi de provisión de servicios de impresión.
- **MCS:** Management Content Services, “Una solución integral que racionaliza, optimiza las comunicaciones comerciales dentro de la organización al proporcionar a los clientes ayuda consultiva, software e implementación.”Fuente: Consultora Gartner.
- **MDS:** Management Document Services, servicios para optimizar y administrar la infraestructura de documentos de una organización y el flujo de trabajo para documentos impresos y electrónicos. Fuente: Consultora Gartner.
- **MFP:** Multi-Funcional Printer, maquina con las funcionalidad de impresión, scanner y/u otras funcionalidades.
- **MIF:** Machine in Field, termino que hace referencia a las maquinas que se les provee de servicios y que estan en dependencias de clientes.
- **MPS:** Management Print Services, son servicios ofrecidos por un proveedor externo para optimizar o administrar la salida de documentos de una empresa. Fuente: Consultora Gartner.

- **RCM:** Reliability Centred Maintenance, Mantenimiento Centrado en Fiabilidad o Confiabilidad es una técnica para elaborar un plan de mantenimiento de equipos.
- **SLA:** Service Level Agreement o acuerdo de nivel de servicio, es un acuerdo escrito entre un proveedor de servicio y su cliente con objeto de fijar el nivel acordado para la calidad de dicho servicio. Fuente: Wikipedia.
- **TPM:** Total Productive Maintenance o Mantenimiento Productivo Total, técnica de gestión de mantenimiento de equipos.

B . Breve historia de Dimacofi S.A

Se describen a continuación los hitos de mayor relevancia en la historia de la empresa:

- 1927: La empresa nace como importadora de máquinas de escribir Adler de Alemania.
- 1966: Dimacofi gana una propuesta pública para la integración y armadura de máquinas de oficina realizada por CORFO con el objetivo de fomentar la industrialización del país.
- 1968: Con una planta de 250 personas, Dimacofi lanza la primera máquina fotocopidora de país.
- 1978: Se inaugura en Ahumada con Moneda, en Santiago, el primer Centro de Copiado de Dimacofi. Éste tiene por objetivo ofrecer al público servicios de reproducción de documentos que incluyen los últimos adelantos y técnicas a nivel mundial.
- 1978: Comienza la expansión nacional de Dimacofi con la creación de la sucursal de Valparaíso.
- 1979: Dimacofi introduce al mercado chileno el primer equipo de fax.
- 1993: Se crea ColorTech, la primera empresa chilena en ofrecer impresión digital en grandes formatos.
- 2006: Se crea “Dimacofi Negocios Avanzados”, una nueva empresa del holding dedicada a la gestión y la búsqueda de nuevos negocios relacionados a la impresión.
- 2006: Se crea Emotions, empresa de impresión de imágenes en productos foto altamente personalizada.
- 2007: Dimacofi cumple 80 años en el mercado nacional. Es premiada entre las 26 Super Brands de Chile.
- 2011: La empresa inaugura el centro de impresión digital más moderno de Sudamérica.
- 2012: Dimacofi lanza al mercado el productos tecnológicos E-printing.
- 2013: Se lanza al mercado Imprenta Digital y nuevos Softwares de Control de impresión propios.
- 2016: Creación de “Inteligencia Digital Dimacofi”, area de negocio sobre Gestión Documental.

C . Consideraciones Extras del Modelo de Negocio

Para complementar el análisis realizado en los módulos utilizados en la metodología de Canvas de Osterwalder indicados en la figura 3.5, podemos agregar lo siguiente:

Acerca de Clientes, podemos indicar que corresponden solo a otras empresa¹, y dentro de estas no realiza una segmentación con tal de enfocar la oferta. Dimacofi clasifica a sus clientes en tres grupos:

- **Grandes Cuentas,** reúne el grupo de clientes más importantes para la empresa, por sus necesidades de impresión y de soluciones tecnológicas para optimizar sus procesos documentales. Estas cuentas se ganan en base a licitaciones de arriendo, y actualmente sus principales demandas están en el control de Costos.
- **PYMES,** es el segmento de clientes que tienen requerimientos de impresión con menores volúmenes. Una gran parte de estos clientes mantiene la compra de los equipos. Su mayor demanda a nivel de servicio recae en sistemas de Accounting.
- **Mercados Verticales,** representan a empresas y organismos del área de Salud, Educación y Gobierno, que se atienden de manera especial por sus requerimientos más específicos.

En la práctica, dentro de estas divisiones los ejecutivos de ventas realizan diferenciaciones de acuerdo a los rubros de los clientes, pero es algo informal y dado por la experiencia de cada uno de ellos.

Acerca de los Canales, utilizados por la empresa son los comunes en la industria:

- **Ejecutivos comercial,** Dimacofi posee un departamento de Ventas que está dividido según la clasificación que realiza de sus clientes. En la práctica, el departamento de Ventas maneja a los clientes que le son asignados por los otros canales, a pesar de que tienen la libertad de captar ventas.
- **Pagina Web,** www.dimacofi.cl. entrega información general y se pueden realizar peticiones de venta y reclamos.
- **Call Center,** para atender reclamos, peticiones, consultas u otros requerimientos. Además se canalizan posibles nuevas ventas hacia los diferentes ejecutivos de ventas que se clasifican según lo explicado anteriormente.

¹Excluyendo la venta directa de equipos, repuestos e insumos

Acerca de la Relación con los Clientes, la empresa tampoco innova en este aspecto, podemos indicar,

- **Servicio Técnico,** con tal de mantener la continuidad operativa y/o cualquier petición o reclamos por parte de los clientes.
- **PostVenta,** para canalizar reclamos y peticiones. El objetivo de los ejecutivos de Post-Venta es tratar de mantener las cuentas después del término del contrato.

La empresa no realiza tareas muy elaboradas de captación de nuevos clientes, en gran medida depende de iniciativas de los vendedores.

Acerca de las Actividades Claves, que la empresa debe realizar podemos indicar:

- **Mantención del Servicio,** en sí es la actividad clave en modelo de negocios de la empresa. Aquí existen actividades de operación del servicio contratado, optimización del servicio, mantención de los equipos, solución de problemáticas de usuarios (mesa de ayuda), etc. Las características del servicio entregado dependen de lo contratado y negociado por cada cliente.
- **Mantención del valor de la Marca,** necesaria para mantener la posición actual dominante en el mercado de los servicios de Impresión.

Acerca de los Recursos Claves, que son necesarios para el funcionamiento del servicio podemos indicar:

- **Equipos de Impresión y Software necesario,** los cuales son la interfaz inmediata con el cliente. si un equipo es defectuoso o de baja calidad se nota de inmediato y puede dar lo mismo otros factores. En este momento el software es una herramienta necesaria para entregar un adecuado servicio, en especial en grandes empresas que tienen una gran cantidad de equipos en el servicio.
- **Logística y Servicio Técnico,** son los que dan soporte, una de las caras visibles de la empresa con el cliente en la entrega del servicio a estos. Dimacofi se ha podido diferenciar en calidad en estos recursos claves en comparación con sus competidores, teniendo presencia en casi todo Chile.
- **Marca,** el valor de la marca Dimacofi que se ha construido en 88 años en el mercado chileno.

Acerca de Socios Claves, que corresponden a las empresas que proveen a Dimacofi, tanto de los equipos de impresión como de las herramientas software. Parte importante de la solución entregada por la empresa depende de los equipos de Impresión y de las herramientas de software que permite realizar la gestión de los equipos en forma más eficiente.

Proveedores de Hardware, con los que

- **Ricoh,** multinacional japonesa, dedicada a la fabricación y comercialización de equipos de impresión. Dimacofi los representa, desde el año 1968 y representa el mayor porcentaje de equipos presentes en los clientes de Dimacofi. Las máquinas Ricoh tienen una gran performance y requieren bajo gasto en mantención en comparación a otras marcas.
- **Samsung,** empresa Surcoreana que complementa el mix de productos con multifuncionales e impresoras de bajo y medio volumen de alta velocidad a precios más convenientes que Ricoh, pero necesitan mayor mantención. Estas máquinas complementan la oferta que tiene Dimacofi con las máquinas Ricoh, o permiten reducir costos en la misma. Samsung es partner de Dimacofi hace un par de años.
- **Riso,** es una empresa Japonesa cuyo principal producto, que Dimacofi comercializa, son los duplicadores de alta velocidad.

Proveedores de Software, sin considerar a los mismos fabricantes de equipos, que también proveen software para gestionar sus propios equipos:

- **Nuance,** una empresa Canadiense que, con el software Equitrac, es el que está presente en mayor proporción en los servicios de Control de Costos.
- **PaperCut,** empresa Australiana que ha llegado hace poco al mercado chileno, ofrece su software de control de costos de impresión PaperCut.

D . Complemento de la Construcción del Modelo Predictivo

Matriz de confusión de arbol de decisión pa falla tipo M

Tabla 10.1: Matriz de Confusión para falla tipo M.
Fuente: Elaboración propia

Real	Predicción							
	0.019	0.020	0.038	0.042	0.064	0.082	0.096	0.097
0	34	3985	3285	3166	1418	1727	126	5
1	5	70	153	128	101	170	12	2

Real	Predicción							
	0.105	0.115	0.135	0.154	0.201	0.216	0.292	0.367
0	407	687	373	90	209	170	37	51
1	49	74	57	24	55	37	11	14

Matriz de confusión de arbol de decisión para falla tipo P

Tabla 10.2: Matriz de Confusión para falla tipo P.
Fuente: Elaboración propia

Real	Predicción							
	0.021	0.036	0.039	0.044	0.065	0.075	0.082	0.105
0	2550	3085	1693	1811	599	1541	828	1121
1	50	130	89	76	37	122	58	146

Real	Predicción							
	0.126	0.130	0.145	0.170	0.200	0.249	0.290	0.445
0	187	49	1142	301	26	374	103	102
1	24	6	192	68	10	117	43	52

Matriz de confusión de arbol de decisión para falla tipo M y P

Tabla 10.3: Matriz de Confusión para falla tipo M y P.
Fuente: Elaboración propia

Real	Predicción							
	0.025	0.047	0.0472	0.060	0.091	0.097	0.109	0.121
0	2027	2568	2637	2078	2255	508	340	676
1	47	122	131	151	225	52	64	80

Real	Predicción							
	0.182	0.185	0.190	0.264	0.293	0.307	0.455	0.692
0	1241	405	256	22	165	48	69	4
1	279	82	69	2	68	19	42	0

E . Paquetes de lenguaje R utilizados

Paquetes de lenguaje R utilizados en el desarrollo de este proyecto tesis

- **dplyr**, para la manipulación de data.
- **stringr**, para manejo de strings.
- **ggplot2**, para la creación de graficos.
- **caret**, base para la construcción de modelos de data analitica.
- **ROSE**, base para manejo de dataset desbalanceados.
- **rpart**, base para modelación de arboles de decisión.
- **rlist**, para manipulación de datos en objetos list.
- **lubridate**, para manipuación de tiempo y fecha.
- **gridExtra**, complemento para la creación de graficos.
- **neuralnet**, base para modelación de redes neuronales.
- **ROCR**, para creación y visualización de analisis ROC.

Bibliografía

- [Barros, 2015] Barros, O. (2015). *Ingeniería de Negocios: Diseño Integrado de Servicios, sus Procesos y Apoyo TI*. ResearchGate, 1st edition edition.
- [Booch et al., 2006] Booch, G., Rumbaugh, J., Jacobson, I., Molina, J., and Martínez, J. (2006). *El lenguaje unificado de modelado: guía del usuario*. Addison-Wesley object technology series. Pearson Educación.
- [Brynjolfsson and Hitt, 1998] Brynjolfsson, E. and Hitt, L. M. (1998). Beyond the productivity paradox. *Commun. ACM*, 41(8):49–55.
- [Chapman et al., 2000] Chapman, P., Clinton, J., and Kerber, R. (2000). Crisp-dm 1.0 step by step data mining guide.
- [Collao, 2014] Collao, C. (2014). Diseño de una estructura de soporte a la venta con el fin de aumentar la productividad del área comercial de ricoh chile. Master’s thesis, MBE, Universidad de Chile.
- [César Ferri Ramírez, 2004] César Ferri Ramírez, J. H. O. y. M. J. R. Q. (2004). *Introducción a la Minería de Datos*. Pearson.
- [E. Contreras, 2015] E. Contreras, C. D. (2015). *Diseño y evaluación de proyectos: un enfoque integrado*. Jcsaez editor.
- [E. Olguín, 2015] E. Olguín, P. Velasquez, E. c. I. (2015). Gestión del cambio: Un enfoque practico. Master in Business Engineering, Universidad de Chile.
- [Espinosa, 2013] Espinosa, F. (2013). Desarrollando el modelo rcm. Technical report.
- [Fayyad et al., 1996] Fayyad, U., Piatetsky-Shapiro, G., and Smyth, P. (1996). The KDD process for extracting useful knowledge from volumes of data. *j-CACM*, 39(11):27–34.
- [Fernandes, 2018] Fernandes, L. (2018). Managed print services landscape, 2018. Technical report, Quocirca Business and IT analysis.
- [Frawley et al., 1992] Frawley, W. J., Piatetsky-Shapiro, G., and Matheus, C. J. (1992). Knowledge discovery in databases: An overview. *AI Magazine*, 13(3):57–70.

- [H. Chesbrough, 2008] H. Chesbrough, R. S. R. (2008). The role of the business model in capturing value from innovation: Evidence from xerox corporations. Technical report, Harvard Business School.
- [Hax, 2010] Hax, A. C. (2010). *The Delta Model: Reinventing Your Business Strategy*. Springer.
- [Kotter, 2007] Kotter, J. P. (2007). Leading change: Why transformation efforts fail. *Harvard Business Review*, (1).
- [López, 2014] López, R. (2014). Rediseño de procesos de mantenimiento proactivo de máquinas en skc maquinarias. Master's thesis, MBE, Universidad de Chile.
- [Marketing, 2013] Marketing, I. (2013). Estudio de imagen y posicionamiento. *Ipsos Marketing*.
- [Muñoz, 2015] Muñoz, E. (2015). Orientación a objetos para e-business. Master in Business Engineering, Universidad de Chile.
- [Orallo et al., 2004] Orallo, J., Quintana, M., and Ramírez, C. (2004). *Introducción a la minería de datos*. Editorial Alhambra S. A. (SP).
- [Osterwalder et al., 2013] Osterwalder, A., Pigneur, Y., and Cao, L. (2013). *Generación de modelos de negocio*. Sin colección. Grupo Planeta.
- [Porter, 2007] Porter, M. E. (2007). Understanding industry structure.
- [Rios, 2015] Rios, S. (2015). Material de curso: Taller de data mining. Master in Business Engineering, Universidad de Chile.
- [Witten and Frank, 2005] Witten, I. H. and Frank, E. (2005). *Data Mining: Practical machine learning tools and techniques*. Morgan Kaufmann.