



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

**DISEÑO DE PROCESO DE GESTIÓN DE TRAYECTORIA CURRICULAR
PARA LA DETECCIÓN DE RIESGO DE DESERCIÓN EN ESTUDIANTES
DE PREGRADO EN LA FACULTAD DE ECONOMÍA Y NEGOCIOS DE
LA UNIVERSIDAD ALBERTO HURTADO**

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

CLAUDIO ENRIQUE ESCOBAR ARRIAGADA

PROFESOR GUÍA:
MARCEL GOIC FIGUEROA

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:
SEBASTIÁN RÍOS PÉREZ
PABLO CLEVELAND ORTEGA

SANTIAGO DE CHILE
2019

RESUMEN EJECUTIVO

El proyecto que se presenta a continuación se desarrolla en la universidad Alberto Hurtado, institución fundada por la Compañía de Jesús en el año 1997. En la actualidad, la universidad se ve enfrentada a una serie de cambios producto de la reforma en la educación superior. Entre dichos cambios destaca el ingreso de la universidad a el recientemente creado sistema de gratuidad, el cual ha generado pérdidas por concepto de matrícula y pago de aranceles en torno a los 1.400 millones de pesos anuales, lo que ha obligado a la universidad a buscar la forma de optimizar sus procesos, generar nuevas formas de ingresos e intentar disminuir sus pérdidas.

Es en dicho contexto que surge la idea de proyecto, el cual se basa en la metodología de ingeniería de negocios planteada por Oscar Barros y enseñada durante todo el proceso formativo del Magister en Ingeniería de Negocios (MBE). Como resultado del análisis de la organización se detectó que la universidad no cuenta con un proceso formal para gestionar la trayectoria curricular de sus estudiantes de pregrado, lo que ha repercutido negativamente en la actual tasa de deserción (18%). La idea de proyecto consiste en el diseño e implementación de un proceso que permita gestionar el avance en la malla curricular por parte de los estudiantes con el objetivo de reducir la deserción y por consiguiente la pérdida económica que eso implica para la universidad.

En base a revisión de literatura respecto a deserción universitaria se determinaron las principales variables que influyen en dicho fenómeno, lo que permitió definir datos históricos relevantes para poder crear un modelo predictivo de estudiantes con potencial de deserción, pieza fundamental en el proceso creado. Además de lo anterior, el proceso contempla la realización de acciones sobre los estudiantes para evitar su posible deserción. Dichas acciones propuestas también se basan en recomendaciones obtenidas de literatura idónea.

El proceso requirió de la creación de un sistema tecnológico de apoyo a sus principales actividades y de un subproceso orientado a realizar mejoras futuras en base al éxito/fracaso de las acciones realizadas sobre los estudiantes.

*Dedico este trabajo a mi esposa Daniela, mi hermana
Johana y mis padres María y Luis
Por su amor y apoyo en este proceso*

Mis agradecimientos a todos quienes de alguna u otra manera ayudaron a la realización de este trabajo, en especial a:

Eduardo Abarzúa, actual decano de la Facultad de Economía y Negocios de la Universidad Alberto Hurtado, por facilitar el acceso a los datos e información necesaria.

Francisca Abumohor, Macarena Flores y Maccu Kripalani, por su apoyo en búsqueda de información.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN EJECUTIVO	ii
CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN Y CONTEXTO	1
1.1 ANTECEDENTES DE LA INDUSTRIA	1
1.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA ORGANIZACIÓN	1
1.3 PROBLEMA U OPORTUNIDAD IDENTIFICADA	3
1.4 OBJETIVOS Y RESULTADOS ESPERADOS DEL PROYECTO	4
1.4.1 Objetivo General.....	4
1.4.2 Objetivos Específicos.....	4
1.4.3 Resultados Esperados.....	4
1.5 ALCANCE	5
1.6 RIESGOS POTENCIALES.....	5
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO	7
2.1 INGENIERÍA DE NEGOCIOS	7
2.1.1 Planteamiento Estratégico	8
2.1.2 Definición del Modelo de Negocio	8
2.1.3 Diseño de Arquitectura de Procesos	9
2.1.4 Diseño Detallado de Procesos	9
2.1.5 Diseño de Aplicación de Apoyo.....	9
2.1.6 Construcción e Implementación	9
2.2 CIENCIA DE DATOS	9
CRISP-DM	10
Análisis No Supervisado	12
Análisis Supervisado.....	12
2.3 DESERCIÓN ESTUDIANTIL EN EDUCACIÓN SUPERIOR	12
2.3.1 Modelos de Deserción Estudiantil.....	13
2.3.2 Causas de Deserción Estudiantil	13
2.3.3 Estrategias de Retención	14
CAPÍTULO 3: PLANTEAMIENTO ESTRATÉGICO Y MODELO DE NEGOCIOS	15
3.1 POSICIONAMIENTO ESTRATÉGICO	15
3.2 BALANCED SCORECARD.....	17

3.3	MODELO DE NEGOCIOS	21
CAPÍTULO 4: ANÁLISIS SITUACIÓN ACTUAL.....		24
4.1	ARQUITECTURA DE PROCESOS.....	24
4.2	MODELAMIENTO DETALLADO DE PROCESOS	26
4.2.1	Modelamiento IDEF0	26
4.2.2	Modelamiento BPMN	28
4.3	DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....	30
4.4	CUANTIFICACIÓN DEL PROBLEMA U OPORTUNIDAD	31
CAPÍTULO 5: PROPUESTA DE DISEÑO DE PROCESOS		32
5.1	DIRECCIONES DE CAMBIO Y ALCANCE	32
5.2	ARQUITECTURA DE PROCESOS TO BE.....	32
5.3	DISEÑO DETALLADO DE PROCESOS TO BE	32
5.3.1	Diseño en BPMN	32
5.4	DISEÑO DE LÓGICA DE NEGOCIOS	40
CAPÍTULO 6: PROPUESTA DE APOYO TECNOLÓGICO		43
6.1	ESPECIFICACIÓN DE REQUERIMIENTOS	43
6.1.1	Requerimientos Funcionales	43
6.1.2	Requerimientos No Funcionales	44
6.2	ARQUITECTURA TECNOLÓGICA	44
6.3	DISEÑO DE LA APLICACIÓN.....	48
6.3.1	Casos de Uso.....	48
6.3.2	Diagramas de Secuencia	49
6.3.3	Modelo Relacional.....	49
6.4	PROTOTIPO FUNCIONAL DESARROLLADO	51
CAPÍTULO 7: GESTIÓN DEL CAMBIO.....		52
7.1	CONTEXTO DE LA ORGANIZACIÓN	52
7.2	OBSERVACIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN A REALIZAR.....	52
7.3	ANÁLISIS DE INVOLUCRADOS	54
7.4	FACTORES CRÍTICOS DE ÉXITO	56
7.5	ESTRATEGIAS PARA LA GESTIÓN DEL CAMBIO	57
CAPÍTULO 8: EVALUACIÓN DEL PROYECTO		60
8.1	PLAN PILOTO / ANÁLISIS RETROSPECTIVO	60
8.1.1	Definición del Plan Piloto / Presentación de datos.....	60

8.1.2	Resultados Obtenidos.....	61
8.2	DEFINICIÓN DE BENEFICIOS Y COSTOS.....	63
8.3	FLUJO DE CAJA.....	65
8.4	ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD.....	66
CAPÍTULO 9: CONCLUSIONES.....		68
9.1	PROCESO PROPUESTO.....	68
9.2	RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE DATOS.....	68
9.3	TRABAJOS FUTUROS.....	69
BIBLIOGRAFÍA.....		71
ANEXOS.....		73

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN Y CONTEXTO

Para entender la problemática a abordar es necesario entender el contexto de la educación superior en Chile. En este capítulo se presenta información general de la universidad, así como su relación con el resto de los actores de la industria.

1.1 ANTECEDENTES DE LA INDUSTRIA

La Universidad Alberto Hurtado (UAH) está inserta en el contexto de la educación superior chilena, la cual está conformada por: Universidades, Institutos Profesionales, Centros de Formación Técnica y Escuelas Matrices de las Fuerzas Armadas y de Orden. En el año 1981 se introdujeron fuertes cambios en la educación superior chilena, permitiéndose la creación de instituciones privadas. Es debido a ello que a agosto de 2014 existían 16 universidades estatales y 9 universidades particulares con aporte del Estado, las que en su conjunto integran las universidades del Consejo de Rectores (CRUCh). A ellas se suman 35 universidades privadas, siendo el 80% autónomas para fijar sus planes y programas de estudio.

A fines de 2015, en la Ley 20.882 (Presupuestos del Sector Público para el año 2016), por medio de glosa presupuestaria, se consignan recursos para el financiamiento gratuito a las instituciones de educación superior, lo que coloquialmente se conoce como “Gratuidad”. En un comienzo esta ley afectó solamente a universidades (CRUCh y privadas que cumplieran con los requisitos impuestos por el Ministerio de Educación), pero a la fecha se han incorporado Institutos Profesionales y Centros de Formación Técnica.

1.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA ORGANIZACIÓN

La Universidad Alberto Hurtado fue creada el 20 de octubre de 1997 por la Compañía de Jesús, buscando ser una institución inclusiva y que permitiera la formación de jóvenes profesionales con espíritu de servicio social. Es una universidad privada no perteneciente al CRUCh y actualmente conformada por 6 facultades que congregan 35 programas de pregrado. Los programas académicos impartidos están relacionados, en su mayoría, con las Humanidades, Filosofía, Educación y Ciencias Sociales. Además de la formación de pregrado, la universidad ofrece formación continua y de postgrado, dedicándose también a la investigación y al desarrollo de proyectos para terceros. Es

importante señalar que la universidad está acreditada en las 5 áreas por un período de 5 años (2015-2019). Debido a lo anterior fue admitida su adscripción al Sistema de Gratuidad a contar de diciembre de 2015. Además, en el pleno del CRUCH realizado el 27 de septiembre de 2018, se aceptó la incorporación de la universidad a ese organismo, faltando solamente la emisión del decreto por parte del Ministerio de Educación para formalizar la incorporación.

Actualmente la universidad cuenta con cerca de 6.000 estudiantes activos en pregrado. De los cuales un 46% cuenta con gratuidad. Respecto a la titulación oportuna, la tasa es de un 34% y la de deserción un 18%. La primera está bajo la media a nivel país, mientras que la segunda está en la media.

Visión

En esta etapa de desarrollo del país y de la Universidad, nos proponemos que de aquí al año 2020 ésta sea reconocida, cada vez más, por la calidad de la formación que entrega, por la solidez de sus comunidades académicas y de la investigación que realizan, como también por su espíritu de servicio y por los espacios de diálogo que genera con la sociedad. Coherente con su proyecto pedagógico, queremos que la Universidad se destaque, crecientemente, por la calidad profesional y humana de sus egresados: hombres y mujeres que cuentan con las herramientas adecuadas para insertarse laboralmente, para asumir liderazgos significativos allí donde sean requeridos y para prestar los servicios que la sociedad necesita en su camino al desarrollo integral.

Misión

La Universidad como heredera de la tradición educacional jesuita, proyecta en el campo académico el espíritu de San Alberto Hurtado con el que queremos seguir marcando nuestra época. Contribuyendo al desarrollo de la persona y a la promoción de una sociedad más justa, en Chile y América Latina, por medio de una investigación, docencia y extensión de calidad. Como Universidad buscamos cultivar un nuevo humanismo mediante una interacción creativa de las ciencias con la concepción cristiana del ser humano y del mundo en actitud de diálogo respetuoso, plural y fecundo. Entregamos una formación integral a los estudiantes para que sean profesionales con sentido ético y espíritu de servicio, con capacidad de seguir aprendiendo y de responder creativamente a los desafíos personales y sociales.

Planificación estratégica 2017-2021

En la actual planificación estratégica, la universidad ha declarado 6 ejes de acción: Gestión, Gobierno y Participación, Infraestructura, Vinculación con el Medio, Calidad y Comunidad. En el eje 'Calidad' es donde la universidad hace énfasis en los estudiantes, declarando que se busca *Desarrollar mejores procesos para hacerse cargo de*

estudiantes que ingresan con déficit académicos, necesidades socio afectivas y económicas.

En base a lo anterior, uno de los ocho objetivos estratégicos busca *Garantizar la calidad de la formación entregada mediante la institucionalización de los procesos formativos, del perfeccionamiento de la docencia y la consolidación de apoyos a estudiantes y egresados.*

1.3 PROBLEMA U OPORTUNIDAD IDENTIFICADA

Desde finales de 2015 la universidad se encuentra en un período complejo producto del nuevo escenario generado por la reforma en la educación superior. La implementación del sistema de gratuidad genera pérdidas económicas importantes para la universidad (en torno a los 1.400 millones de pesos anuales) debido a las diferencias entre el arancel real (fijado por la universidad) y el arancel de referencia (fijado por el Ministerio de Educación). A mediados de 2018 cerca del 60% de los estudiantes de pregrado contaban con el beneficio de la gratuidad. La diferencia entre los aranceles de esos estudiantes es asumida por la universidad como pérdida. Adicionalmente, la inminente incorporación de la universidad al CRUCH añade incertidumbre en cuanto a los cambios que se deberá implementar en la universidad complicando aún más la situación descrita. Ante este escenario urge la necesidad de ser más eficientes en el uso de los recursos, generar nuevas vías de ingresos e intentar disminuir las pérdidas que se producían antes de la entrada en vigor de la gratuidad.

Debido a que los pagos de matrículas y aranceles sean los principales medios por los cuales la universidad registra ingresos, es crítico que se generen pérdidas en esas áreas respecto a la situación de la universidad antes de ingresar al sistema de gratuidad (ahora hay un 60% de estudiantes por los que se recibe un pago menor que hace 3 años atrás). No hay indicios de que el funcionamiento del sistema de gratuidad vaya a cambiar en los próximos años, lo que hace necesario que la universidad pueda generar nuevos ingresos y/o disminuir otras pérdidas que existían desde antes de ingresar a la gratuidad. En ese contexto, el disminuir la tasa de deserción de estudiantes de pregrado va en directa ayuda a disminuir las pérdidas que hoy posee la universidad. En otro ámbito, pero no menos importante, la deserción es un problema que también afecta a los estudiantes, ya que les genera endeudamiento, pérdida de tiempo y dinero, y no habrá una mejora en su situación social. Este último punto es una preocupación de la universidad, incluso dejándolo de manifiesto como uno de los ejes en la planificación estratégica antes mencionada.

En vista de lo anterior, se hace necesario para la universidad crear un proceso que vaya en apoyo a los estudiantes gestionando su trayectoria curricular, para de esta forma ayudarlos a mantenerse en la universidad hasta que logren obtener su título profesional.

1.4 OBJETIVOS Y RESULTADOS ESPERADOS DEL PROYECTO

1.4.1 Objetivo General

Diseñar e implementar, en un plazo de 2 años, un proceso sustentado en el uso de técnicas de Data Mining para gestionar la trayectoria curricular de estudiantes de pregrado mediante el monitoreo y control de indicadores clave asociados principalmente a su desempeño académico con la finalidad de reducir la actual tasa de deserción

1.4.2 Objetivos Específicos

- Diseñar e implementar un modelo que permita, en base a datos históricos de los estudiantes, predecir los alumnos que tendrán mayor probabilidad de desertar de la universidad.
- Identificar, en base al modelo creado, las características de los estudiantes que influyen en la deserción académica.
- Elaborar “acciones a seguir” sobre los estudiantes de pregrado que permitan disminuir la actual tasa de deserción en un período de 3 años posterior a la implementación del proceso.
- Desarrollar un sistema que permita generar ‘reportes de información’ para la toma de decisiones respecto a gestión curricular a directores y coordinadores de carreras.

1.4.3 Resultados Esperados

Finalizado el proyecto se espera contar con:

Tabla 1. Resultados esperados del proyecto

Resultado Esperado	Fecha
Declarar y formalizar proceso de gestión de trayectoria curricular	Diciembre de 2018
Determinar cuáles son las variables que repercuten en la deserción académica, midiendo correlación y causalidad.	Desde octubre de 2018
Elaborar indicadores relativos al progreso curricular y comparar el desempeño de los segmentos en cada uno de ellos.	Desde octubre de 2018

Elaborar lista de acciones a seguir según tipo de segmento de estudiantes (en colaboración con profesores de programas de estudio)	Noviembre de 2018
Finalizar el sistema de visualización de datos	Diciembre de 2018
Realizar mejoras al proceso: Implementar un centro de datos a nivel Universidad y un Sistema tipo BI, afinar actividades del proceso, evaluar impacto de acciones realizadas a la fecha, entre otras	2019-2021

1.5 ALCANCE

El proyecto contempla la formulación y declaración del nuevo proceso, incluyendo la identificación de los actores que intervendrán en él, así como las tareas y actividades a realizar. Incluye, además, el desarrollo de un prototipo de sistema que dará soporte al proceso creado, lo que implica la selección de tecnología idónea para satisfacer las necesidades de las actividades involucradas.

El proyecto no contempla la implementación del nuevo proceso en toda la universidad, solo un piloto en las carreras que conforman la Facultad de Economía y Negocios: *Ingeniería Comercial, Contador Público Auditor, y Gestión de Información, Bibliotecología y Archivística*. Respecto a la solución tecnológica, se empleará la infraestructura existente en la universidad, descartándose la adquisición de nuevo hardware.

1.6 RIESGOS POTENCIALES

Tabla 2. Riesgos potenciales del proyecto

Nº	Tipo	Riesgo	Probabilidad	Impacto	Estrategia de Mitigación
1	Organizacional	Cambio de directivos en la organización y que no apoyen el proyecto	30%	Medio	Reunión con los nuevos directivos para explicar la problemática y los beneficios.
2	Tecnológico	Incapacidad de integrar todas las fuentes de datos con el nuevo sistema	20%	Bajo	Determinar otras formas de cargar los datos al sistema (automático o manual)

3	Político	Pérdida de 'valor' del nuevo proceso al recibir financiamiento adicional producto del futuro ingreso al Consejo de Rectores de Universidades Chilenas (CRUCH)	50%	Alto	Potenciar otros aspectos relacionados al proyecto en desmedro de la perspectiva económica y ampliar la orientación de este hacia otros indicadores (ej: titulación oportuna)
4	Tecnológico	Incapacidad de integrar la herramienta de Data Mining con el sistema para visualizar resultados mediante JSON	50%	Medio	Seleccionar otra forma de interoperabilidad, no descartando carga manual de data
5	Técnico	Modelo de predicción no adecuado	50%	Alto	Revisión y prueba de otros modelos predictivos
6	Tecnológico	Incorrecto funcionamiento del sistema de visualización de datos	50%	Alto	Externalizar el desarrollo del sistema
7	Técnico	Variables escogidas para la segmentación de estudiantes no sean relevantes para el problema	50%	Alto	Emplear otros datos que sean relevantes al problema

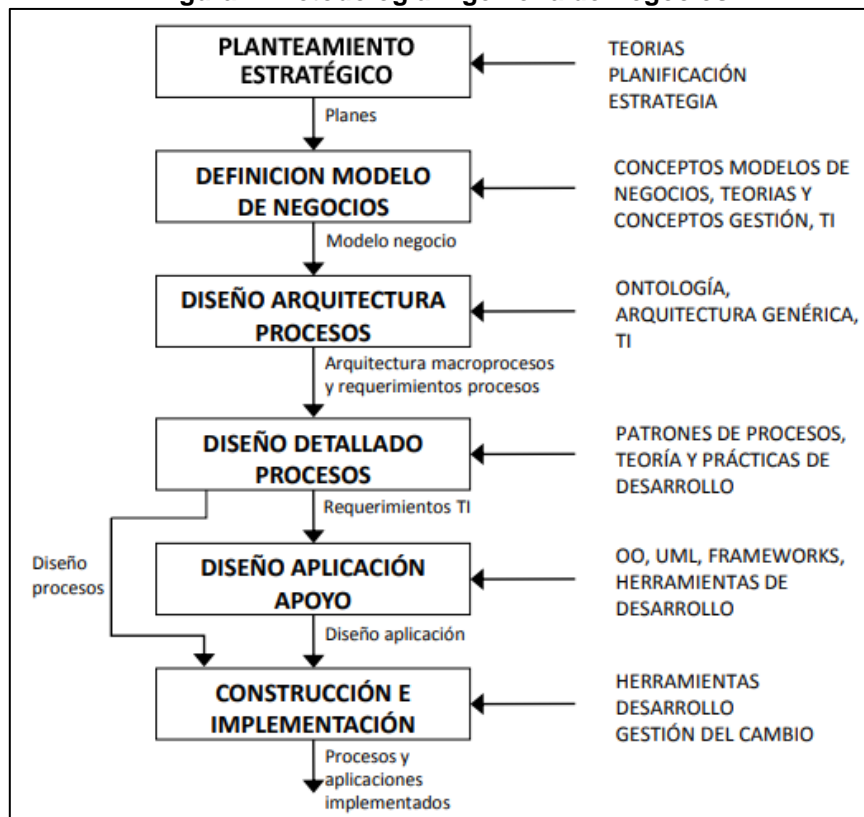
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

En el presente capítulo se abordan teóricamente los tres pilares que darán sustento al desarrollo e implementación del proceso: *Ingeniería de negocios*, *Ciencia de datos* y *Deserción estudiantil*. Por medio de la ingeniería de negocios se empleará una metodología para realizar un análisis integral de la universidad con énfasis en su estrategia, modelo de negocios y principales procesos. El proceso por crear requerirá, en parte, de poder analizar datos históricos de los estudiantes de pregrado, por lo que será necesario conocer técnicas de Data Mining que permitan realizar predicciones. Finalmente, será necesario entender el fenómeno de la deserción estudiantil con la finalidad de poder seleccionar variables relevantes para incorporar a los modelos predictivos a crear.

2.1 INGENIERÍA DE NEGOCIOS

Para desarrollar el presente trabajo se empleó la metodología de Ingeniería de Negocios desarrollada por Oscar Barros (2004). Dicha metodología cuenta con las siguientes seis etapas:

Figura 1. Metodología Ingeniería de Negocios



2.1.1 Planteamiento Estratégico

La metodología plantea que la etapa inicial busca clarificar y determinar el posicionamiento estratégico al cual desea o aspira llegar la organización. Para ello se puede utilizar, en primer lugar, el modelo Delta Hax. Este modelo tiene como característica que centra su foco en el usuario o consumidor final, es decir, la mirada se orienta en el receptor de el o los productos y/o servicios que ofrece la organización. De esta manera la organización determina qué estrategia es la que más le conviene. Éstas pueden ser: *Consolidación del sistema*, que es la estrategia que busca que el cliente no tenga más opciones para escoger debido, principalmente, a que la organización define los estándares del sector y se apropia de ellos; *Mejor producto*, estrategia orientada a ofrecer productos y/o servicios de calidad (que se diferencien de la competencia) y liderar en los costos, para así ser más atractivos al consumidor final; y *Solución integral al cliente*, estrategia que se busca garantizar la satisfacción del cliente mediante la cooperación e integración con él. En segundo lugar, la metodología sugiere emplear el Cuadro de Mando Integral (Balanced Scorecard), que no es otra cosa que un análisis de visión y de estrategia de la organización. Este análisis posee cuatro perspectivas: financiera, interna de la organización, del cliente, y de innovación y/o aprendizaje. En base a estas perspectivas se puede crear un mapa estratégico de la organización.

2.1.2 Definición del Modelo de Negocio

En esta etapa se busca materializar el posicionamiento estratégico determinado en la etapa anterior. La idea es que la organización pueda generar una oferta con valor a sus clientes, algo por lo que ellos estén dispuestos a pagar. Para definir un modelo de negocios se debe tener en cuenta los *recursos claves* de la organización: humanos, tecnológicos, infraestructura, entre otros; *procesos* como: diseño de productos, marketing y capacitación; la *propuesta de valor al cliente*, que contiene los clientes objetivos y el trabajo que se realizará y, finalmente, la *fórmula de utilidad* la cual debe indicar las fuentes de ingresos, los costos y cuán rápido se usan los recursos para obtener el volumen deseado. Hay diversas propuestas para representar un modelo de negocios: propuesta de Hamel (2000); propuesta de Osterwalder (2004), la cual se empleará en el presente trabajo y que consiste en visualizar las 9 áreas principales de un negocio: clientes, propuesta de valor, canal de distribución, relación con el cliente, ingresos, recursos clave, actividades clave, estructura de costos y alianzas clave; y la propuesta de Johnson (2008).

2.1.3 Diseño de Arquitectura de Procesos

A partir del modelo de negocio se busca crear grandes agrupaciones de los procesos más importantes de la organización. A estas agrupaciones se les denomina macroprocesos. Barros (2004) plantea el uso de 4 macroprocesos: Macro 1: Cadena(s) de valor; Macro 2: Desarrollo de nuevas capacidades; Macro 3: Planificación del negocio; y Macro 4: Gestión de recursos habilitadores.

2.1.4 Diseño Detallado de Procesos

Después de agrupar los procesos de la organización en los macroprocesos antes mencionados, es el turno de detallar los más relevantes para el proyecto. El detalle se realizará mediante diagramas en IDEF0 (Integration Definition for Function Modeling) o BPMN (Business Process Model and Notation).

2.1.5 Diseño de Aplicación de Apoyo

En base al detalle de los procesos se deben definir los apoyos tecnológicos necesarios para darles soporte. Esto determinará los diseños o adaptaciones de las aplicaciones que serán implementadas con la tecnología seleccionada. Se debe detallar la arquitectura tecnológica a emplear y el diseño de la aplicación (por medio de casos de uso, diagramas de secuencia, diagramas de clase, entre otros).

2.1.6 Construcción e Implementación

En esta, la última etapa, se desarrollan e implementan las aplicaciones necesarias para dar soporte a los procesos diseñados. Es importante señalar que esto se debe realizar con la debida gestión del cambio.

2.2 CIENCIA DE DATOS

En términos generales, la ciencia de datos es la extracción de conocimiento a partir de dichos datos. Utiliza técnicas de muchas áreas como: matemáticas, estadística, ciencias de la información, programación, visualización de datos, ingeniería de datos, entre otras.

Según Daza (2017), la minería de datos es un proceso en el que se integran los datos de diferentes fuentes para, posteriormente, extraer un importante conocimiento, detectar patrones o realizar predicciones, es decir, identificar información trascendente, valiosa y útil, a partir de lo cual las organizaciones van a poder tomar decisiones significativas. Existen diversas metodologías para realizar un proceso de minería de datos, entre ellas destaca CRISP-DM.

CRISP-DM

Metodología para la minería de datos en el campo empresarial que pretende facilitar la realización de nuevos proyectos con características similares, optimizar la planificación y dirección de éstos, reducir su complejidad y permitir hacer un mejor seguimiento a ellos (Gondar Nores, 2004). La guía paso a paso de data mining: CRISP-DM 1.0 (Clinton et al., 2000) define los siguientes pasos como vitales para la implementación de la metodología CRISP-DM:

Comprensión del negocio: Esta fase se enfoca en entender los objetivos del proyecto y sus requerimientos desde una perspectiva de negocios, para descubrir desde un principio los factores que pueden influir en el resultado del proyecto. Una posible consecuencia de omitir este paso será el de invertir una gran cantidad de esfuerzo para encontrar la respuesta correcta a la pregunta equivocada.

Comprensión de los datos: Esta fase comienza con la recopilación y consolidación de datos para posteriormente continuar con actividades que permitan ‘familiarizarse’ con ellos en base a la *comprensión del negocio* (entender los datos en el contexto del negocio). Intenta identificar problemas de calidad en los datos y/o detectar subconjuntos interesantes para formar patrones e hipótesis con respecto a información oculta.

Preparación de los datos: La fase de preparación de datos cubre todas las actividades necesarias para construir el “*dataset*” final (datos que se incorporarán a las herramientas de modelado) a partir de los datos iniciales sin preparar. Estas tareas incluyen: limpieza de datos, eliminación de duplicados, detección y eliminación de valores fuera de rango (*outliers*), tratamiento de valores faltantes, entre otras.

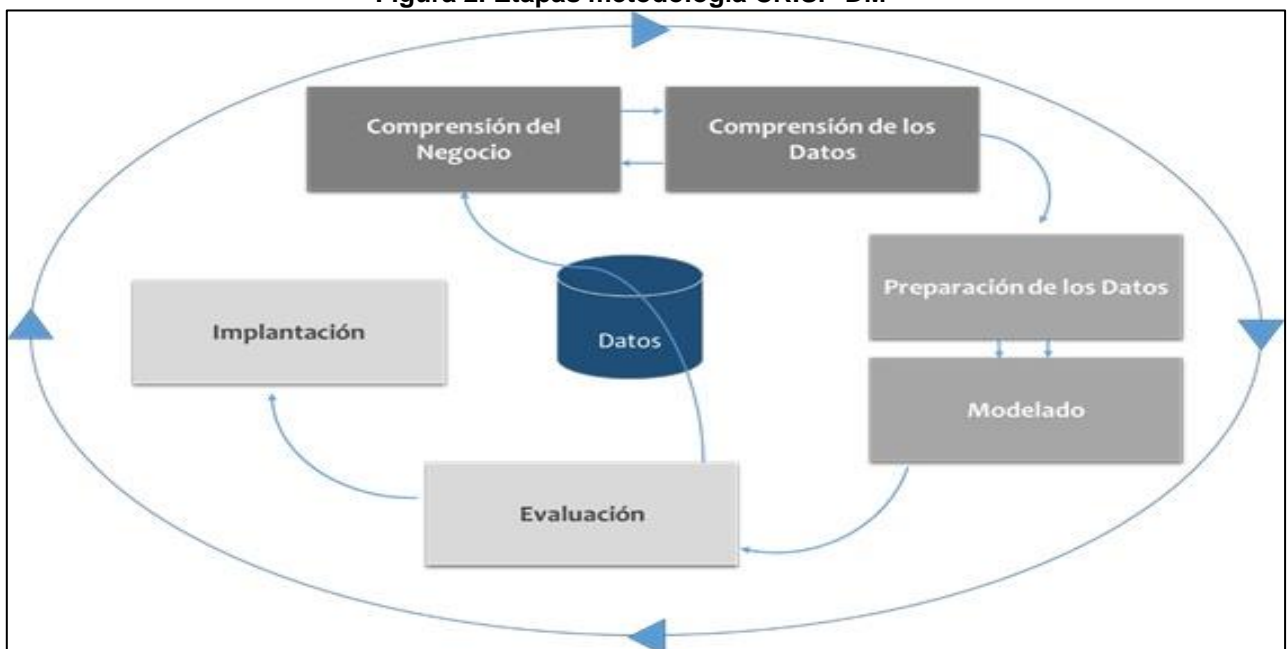
Modelado: En esta fase se seleccionan varias técnicas de modelado y calibrado a parámetros óptimos. Normalmente hay varias técnicas de MD para cada problema. Algunas tienen requerimientos específicos en la forma de expresar los datos. Aun así, regularmente es necesario volver al paso anterior y preparar los datos nuevamente.

Evaluación: Se construyen modelos de alta calidad de acuerdo con la perspectiva de análisis de datos. Antes de proceder a la implantación final del modelo, es importante evaluar el modelo exhaustivamente y revisar las etapas tomadas para construirlo, a modo de estar seguro de que se cumplirá con los objetivos esperados del proyecto. Un objetivo clave es determinar si hay algún problema del negocio importante que no se haya tenido suficientemente en cuenta. Al final de esta fase, se debe alcanzar una decisión sobre el uso de los resultados de la minería de datos.

Implantación: Se presenta el conocimiento ganado de forma que sea utilizable por los clientes. A menudo implica la aplicación de modelos “en vivo” dentro de los procesos de la toma de decisiones en una organización, por ejemplo, la personalización en tiempo real de las páginas web. Según los requisitos, la fase de implementación puede ser tan simple como generar un informe o tan compleja como implementar un proceso repetible de minería de datos en toda la organización. En muchos casos es el cliente, no el analista de datos, quien lleva a cabo los pasos de implementación. Sin embargo, incluso si el analista llevara a cabo el esfuerzo de despliegue, es importante que el cliente comprenda por adelantado qué acciones deben llevarse a cabo para poder utilizar realmente los modelos creados.

Dependiendo del tipo de proyecto, las técnicas de minería de datos se podrán aplicar para *explicar eventos pasados* o para intentar *predecir comportamientos futuros*. Debido a lo anterior es que básicamente se emplearán métodos de análisis supervisados y no supervisados.

Figura 2. Etapas metodología CRISP-DM



Análisis No Supervisado

Estos modelos son aquellos que no tienen una variable objetivo, es decir, no buscan predecir un futuro comportamiento. Principalmente se emplean para realizar reglas de asociación y segmentación (creación de clústeres). Un ejemplo de estos modelos podría ser el análisis de datos para detectar patrones que permitan caracterizar y agrupar el comportamiento de clientes de una empresa o de estudiantes en una universidad.

Análisis Supervisado

Son los modelos en los que si existe una variable objetivo (la variable que queremos 'estudiar'). Este tipo de análisis tiene por objetivo predecir futuros comportamientos en base a datos históricos. El proceso se inicia con un análisis de características o patrones de los datos y el dataset se separa en dos partes: set de entrenamiento o estudio (que sirve para calibrar el modelo), y set de prueba o validación (para medir el rendimiento del modelo). Entre estos modelos podemos encontrar: regresiones lineales, regresiones logísticas, árboles de decisión, random forest, SVM, redes neuronales, entre otras.

El objetivo del proyecto es diseñar e implementar un proceso de apoyo a la gestión de la trayectoria curricular con la finalidad de disminuir la tasa de deserción, por lo que si se cuenta con una variable objetivo (deserción). Parte del proceso a crear consistirá en el análisis supervisado de datos empleando algunas de las técnicas mencionadas. Se deberán realizar modelos con dichas técnicas y determinar cual otorga mejores resultados en base al mismo set de datos.

2.3 DESERCIÓN ESTUDIANTIL EN EDUCACIÓN SUPERIOR

Para efectos del presente trabajo se entenderá la deserción estudiantil como el *abandono voluntario* por parte de un estudiante a la institución donde estaba cursando algún programa académico.

2.3.1 Modelos de Deserción Estudiantil

Los modelos de deserción estudiantil buscan analizar y determinar los factores o variables que influyen en los estudiantes a la hora de tomar la decisión de no continuar sus estudios. Entre los principales modelos de este tipo destaca el de Vincent Tinto (1975). Este modelo plantea que existen 2 grandes aspectos a considerar: el compromiso del estudiante con la universidad a la que ingresó; y el nivel de compromiso del estudiante con sus propios objetivos respecto a sus estudios. A esto se deben agregar factores propios del estudiante y de su entorno inmediato. En base a estos aspectos Tinto plantea 5 fases:

- 1) Atributos previos al ingreso
- 2) Metas y compromisos del estudiante
- 3) Experiencias vividas por el estudiante durante su estadía en la universidad.
- 4) Integración social y académica del estudiante
- 5) Nuevos objetivos y compromisos del estudiante con la universidad.

2.3.2 Causas de Deserción Estudiantil

En la literatura respecto a esta temática destaca el estudio de Tinto (1989), quien plantea diversos factores que influyen directamente en la deserción estudiantil. Entre ellas:

- **Aspectos vocacionales y/o emocionales:** Se plantea que estudiantes ingresan a estudiar una carrera que no fue su primera opción, por lo que al correr del tiempo se empieza a generar una frustración que finaliza en la deserción. De igual forma, si no existe una correcta inducción a la disciplina se puede generar un sentimiento de angustia respecto al futuro.
- **Rendimiento académico:** La literatura plantea que el bajo rendimiento académico, evaluado por calificaciones formales, es uno de los factores más decisivos asociados a la deserción. Los estudiantes que presentan un atraso en sus respectivas asignaturas tienden a desertar, pues ven más lejano el cumplir el objetivo de obtener el título profesional.
- **Problemas financieros:** La situación económica del estudiante y su núcleo más cercano repercute directamente en la deserción, esto debido a que afecta a los pagos asociados a la continuidad en la universidad (matrícula, arancel), sino también a otros temas asociados, tales como: movilización, alimentación, acceso a información, tecnología, entre otros.

Al momento de crear los modelos predictivos de deserción se considerarán variables relacionadas con las causas planteadas en la literatura. Entre ellas destacarán las relacionadas con las dimensiones académicas (antes y durante la trayectoria en la universidad) y económicas. La universidad no cuenta con datos relacionados a los aspectos emocionales/vocacionales de los estudiantes, por lo que esa dimensión no será considerada en los modelos.

2.3.3 Estrategias de Retención

Como medidas para mitigar la deserción se pueden mencionar las siguientes:

- **Programas de apoyo académico:** Consiste en la creación de cursos remediales (también conocidos como cursos de nivelación), los cuales pueden ser de diversos tipos: cursos previos al ingresar a la universidad, ayudantías en las asignaturas que históricamente han tenido mayor tasa de reprobación, charlas sobre métodos de estudios y/o uso del tiempo, entre otras.
- **Programas de orientación:** Generación de instancias para apoyar al estudiante en orientaciones de cómo continuar su carrera en caso de estar atrasado en el avance de malla, o en su defecto en orientaciones que favorezcan la movilidad entre carreras.
- **Programas de apoyo económico y social:** Por medio de la Dirección de Asuntos Estudiantiles o Servicios de Bienestar Estudiantil se deben generar instancias como becas de traslado, alimentación, fotocopias. Así mismo, se debe acompañar y orientar a los estudiantes para postular a financiamiento externo. Este tipo de programa debe ser transversal para todos los programas académicos y en todos sus niveles, no haciendo diferencias entre alumnos nuevos o antiguos.
- **Programas de integración y motivación:** Consiste en la creación de ambientes de docencia innovadores y estimulantes. Se refiere al uso de estrategias y técnicas que incentiven el aprendizaje, entre ellas se pueden mencionar: salidas a terreno (sobre todo en cursos de primer año), visitas de expertos en áreas de interés para la profesión, uso de mecanismos de aprendizaje colaborativo, uso de tecnologías educativas, participación de estudiantes en investigaciones y/o proyectos, entre otras.

El proceso por implementar en la universidad para gestionar la trayectoria curricular contempla la realización de acciones sobre los estudiantes que tengan probabilidades de desertar. Dichas acciones se basarán en las estrategias antes descritas.

CAPÍTULO 3: PLANTEAMIENTO ESTRATÉGICO Y MODELO DE NEGOCIOS

En el presente capítulo se analizará la organización desde un punto de vista estratégico. Debido a la complejidad de las funciones de las universidades (académicas, investigación y vinculación con el medio) el presente planteamiento estratégico de la universidad se centrará solamente en la dimensión académica, mencionando cuál será su estrategia frente a sus clientes (estudiantes), metas e indicadores más relevantes y el modelo de negocio, así como su impacto o relevancia en el proyecto. Se seleccionó esa dimensión en desmedro de las otras debido, principalmente, a que actualmente es la que otorga los mayores ingresos económicos y a que es la más consolidada y compleja a nivel de procesos.

3.1 POSICIONAMIENTO ESTRATÉGICO

El posicionamiento estratégico de la organización se puede definir como '*Integración con el cliente*' debido en gran medida a dos factores:

- Existe una gran preocupación por parte de la universidad en conocer profundamente los intereses de los estudiantes. Es por ello por lo que existe la Vicerrectoría de Integración (VRI), de la cual depende la Dirección de Asuntos Estudiantiles (DAE). Estas unidades de la universidad son las encargadas de brindar apoyo a los estudiantes ante posibles dificultades que afecten su rendimiento académico.
- La propuesta de valor de la universidad se centra en la formación profesional de los estudiantes, generando una relación a largo plazo con los estudiantes de pregrado, la cual comprende toda su trayectoria en la universidad.

Figura 3. Posicionamiento estratégico Universidad Alberto Hurtado



COMPETIDORES

Los principales competidores detectados son otras universidades que imparten programas académicos similares a los impartidos por la Universidad Alberto Hurtado, que posean un nivel de acreditación similar y que estén adscritos a la gratuidad. Entre ellas se pueden mencionar: Universidad Diego Portales, Universidad Adolfo Ibáñez, Universidad Católica Silva Henríquez, entre otras.

NUEVOS PARTICIPANTES

El marco jurídico chileno ha permitido que en los últimos 30 años se hayan creado 35 universidades privadas no pertenecientes al CRUCH y decenas de institutos profesionales y centros de formación técnica (Lavados, 2016). Sin embargo, las universidades consolidadas presentan ventajas debido a que sus costos son más bajos y la productividad más alta. No existe, con claridad, mayor diferenciación entre los servicios y beneficios ofrecidos. La mayor diferencia se observa en la creación de valor y en las ventajas competitivas que puede generar cada universidad.

SUSTITUTOS

Los sustitutos 'tradicionales' corresponden a *Institutos Profesionales y Centros de Formación Técnica* que otorgan títulos técnicos de nivel superior en un horizonte de menor tiempo y costo. Sin embargo, en los últimos años la oferta educativa en línea se ha ido consolidando como una opción válida, transformándose en un nuevo actor a considerar.

CLIENTES

La Universidad considera clientes a los estudiantes matriculados y a los que están postulando a alguno de sus programas de estudio. En ese contexto, se considera que el poder de negociación de los clientes es medianamente alto. En el caso de los postulantes se debe a que en el proceso de admisión suele haber ofertas de diversos beneficios por parte de otras universidades y/o institutos profesionales. Respecto a los estudiantes de cursos superiores, el contar con centros de alumnos y federación de estudiantes les da el poder de negociación en diversas áreas. Si se considera además el movimiento estudiantil que se lleva a cabo en la actualidad, el poder de negociación aumenta, exceptuando los casos en que existe una marcada diferenciación según institución e identidad de marca (Pontificia Universidad Católica, Universidad de Chile, entre otras).

PROVEEDORES

En la dimensión académica de la universidad existe una gran variedad de proveedores que ofrecen productos y/o servicios similares: sistemas de gestión académica, acceso a bases de datos bibliográficas, libros digitales, equipamiento tecnológico, entre otros; no apreciándose un gran poder de negociación. Es debido a esto que no debería existir 'presión' en las universidades, pudiendo éstas cambiar de proveedor con relativa facilidad.

3.2 BALANCED SCORECARD

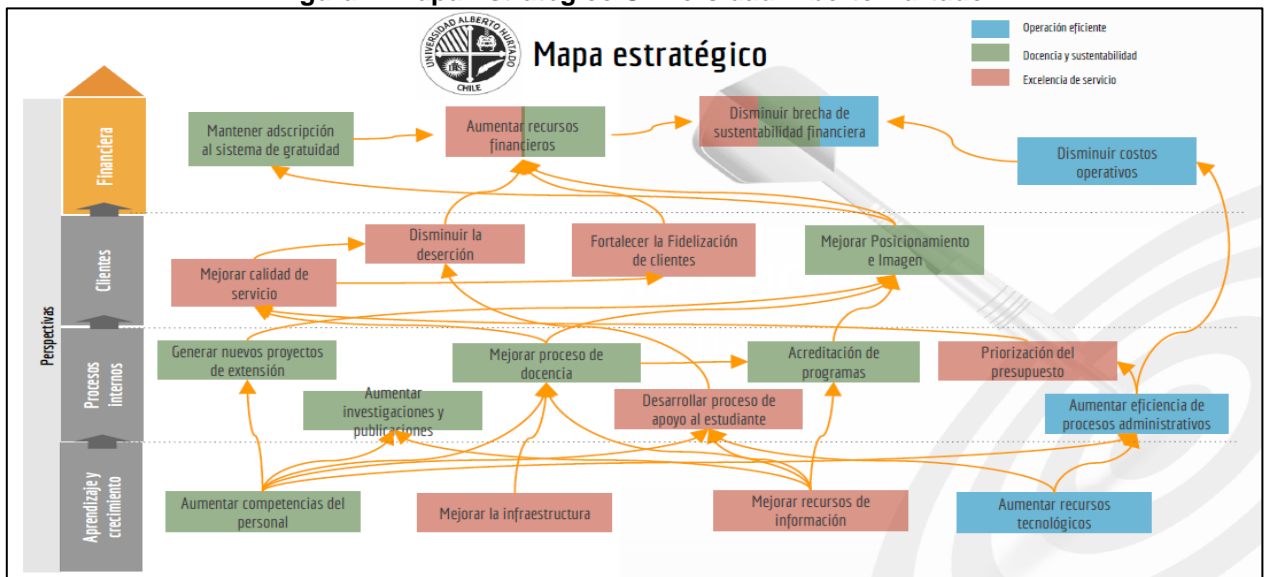
En la actualidad la universidad no cuenta con Balanced Scorecard (BSC), por lo que se realizó el desarrollo de un *mapa estratégico* en base a la planificación estratégica 2017-2021 y una propuesta de BSC. Los objetivos estratégicos planteados en dicha planificación son:

- 1) Garantizar la calidad de la formación entregada mediante la institucionalización de los procesos formativos, del perfeccionamiento de la docencia y la consolidación de apoyos a estudiantes y egresados.**
- 2) Fortalecer la investigación, elevando los niveles de productividad, envergadura, impacto e interdisciplinariedad.
- 3) Potenciar y desarrollar nuestra oferta de postgrado, articulándolo con la generación de conocimiento y con el pregrado.
- 4) Visibilizar el impacto de la universidad en la sociedad mediante un rol más activo en la contingencia, vinculándose de manera efectiva con el entorno y ofreciendo los aportes de nuestra investigación y docencia.
- 5) Consolidar un modelo de gobierno acorde a los desafíos que plantea el futuro, alcanzando mayores niveles de transparencia, comunicación, y definiendo pautas formales para la toma de decisiones.
- 6) Implementar un modelo integrado de gestión y financiamiento, que asegure la disponibilidad de infraestructura, contemple la excelencia y eficiencia como ejes transversales y responda a las particularidades de las distintas unidades.
- 7) Potenciar la internacionalización de toda nuestra actividad académica.

En base a lo anterior se definieron acciones en 3 áreas: *Operación eficiente*, *Docencia y sustentabilidad*, y *Excelencia de servicio*. Dichas acciones se clasifican también desde 4 perspectivas: *Aprendizaje y Crecimiento*, *Procesos Internos*, *Clientes* y *Financiera*.

El proyecto tiene directa relación con el primer objetivo estratégico planteado por la universidad, pues el nuevo proceso a implementar está orientado a consolidar el apoyo a los estudiantes de pregrado con la finalidad de disminuir la deserción.

Figura 4. Mapa Estratégico Universidad Alberto Hurtado



BALANCED SCORECARD PROPUESTO

Tabla 3. Balanced Scorecard propuesto para UAH

PERSPECTIVA	OBJETIVO	KPI	METAS
Financiera	Aumentar recursos financieros	% De aumento de recursos financieros	5%
	Disminuir costos operativos	% Disminución de costos operativos	3%
	Disminuir brecha de sustentabilidad financiera	% Disminución de brecha operacional	20%
	Fidelización de clientes	% Aumento de exalumnos que retornan a Postgrado/Postítulo	10%
Clientes	Aumento de calidad de servicio	Nota promedio de encuesta de calidad de servicio a alumnos	6
	Posicionamiento de imagen	% Aumento alumnos nuevos de postgrado/postítulo matriculados	10%
	Posicionamiento de imagen Disminución de deserción	% Aumento de alumnos que ponen a la UAH en los 3 primeros lugares de la postulación	30%
		% Aumento de seguidores en campañas de redes sociales	10%
		% Empleabilidad de los egresados de los último 5 años	90%
		% Disminución de deserción	10%
	Disminución de deserción Nuevos proyectos de extensión	% Aumento de proyectos de extensión	20%
Procesos Internos	Mejorar proceso de docencia	Promedio de nota de evaluación docente	85%
	Mejorar proceso de docencia	% De cumplimiento de calendarización	90%
	Aumento de investigación y publicaciones	Publicaciones/Año	150
	Aumentar la eficiencia de los procesos administrativos	% Disminución de tiempo de realización de los procesos	25%

	Aumentar la eficiencia de los procesos administrativos	Presupuesto ejecutado/presupuesto planificado	1
	Acreditación de programas	% Programas acreditados	95%
	Proceso de apoyo al estudiante	% Alumnos con titulación oportuna	40%
	Priorización del presupuesto	% Del presupuesto dedicado a formación académica	60%
	Aumentar competencia del personal	% Cumplimiento de perfil de cargo	50%
Recursos	Mejora de infraestructura	Espacio útil por alumno	1.2 m ² /alumno
	Mejora de recursos de información	Cantidad de libros de bibliografía básica por alumno	7
	Mejora de recursos de información Aumento de recursos tecnológicos	% Programas con base de datos bibliográfica	90%
		% Uptime de los sistemas	98%
	Aumento de recursos tecnológicos	% Aumento de capacidad de almacenamiento y procesamiento	50%

3.3 MODELO DE NEGOCIOS

Los principales componentes del modelo de negocios de la universidad en relación a la dimensión académica, forma por la cual se busca generar valor, son:

- **Clientes:** Además de los alumnos matriculados de educación continua, pre y postgrado, se consideran clientes los egresados de Enseñanza Media que hayan rendido la prueba de selección universitaria y jóvenes de sectores vulnerables que hayan postulado a la universidad y estén seleccionados en un programa de estudio. Los egresados también son considerados clientes debido a que son posibles estudiantes de postgrado y educación continua. Además, es importante mantener una relación con ellos para obtener información actualizada útil para temas de acreditación y mejora continua.
- **Relación con el cliente:** La universidad se caracteriza por ofrecer una atención directa con los estudiantes (presencial y online) por medio de las coordinaciones de cada uno de los programas de estudio y por medio de la Vicerrectoría de Integración. Además, la universidad cuenta con una red de egresados (Alumni)
- **Canales:** Los canales establecidos para relacionarse con los clientes son la atención directa por medio de profesores, coordinadores académicos, secretarías; y de forma virtual por medio de la plataforma *Educativa*. Además, la universidad realiza ferias abiertas como actividades de difusión de programas de estudio y, en ciertos períodos del año, utiliza medios de comunicación para difundir sus programas de educación continua y postgrado.
- **Actividades claves:** Las actividades para la generación de valor son la realización de docencia (pre y postgrado), investigación en diversas áreas disciplinares (con énfasis en las Ciencias Sociales y Humanidades) y la vinculación con el medio, generalmente a través de realización de proyectos y la generación de actividades para la comunidad (disponible a través de la unidad de extensión).
- **Asociaciones claves:** La universidad pertenece a la Red de Universidades Jesuitas de América Latina (AUSJAL), lo cual le permite el intercambio estudiantil y la realización de compras cooperativas. Además de lo anterior, la universidad ha establecido convenio con colegios de sectores vulnerables y se ha adscrito al *Programa de Acompañamiento y Acceso Efectivo a la Educación Superior (PACE)* perteneciente al Ministerio de Educación. Dejando de manifiesto su intención de seguir en la línea de la inclusión de estudiantes provenientes de sectores socioeconómicos vulnerables.
- **Recursos claves:** Los dos recursos clave que posee la organización para realizar sus actividades son los docentes (calidad académica) y la infraestructura física/tecnológica. Respecto a los primeros, la universidad ha establecido una

política de contratación para poder contar con una planta académica más robusta (más profesores planta y menos profesores hora). Además, la universidad cuenta con un programa para perfeccionar a sus docentes en estrategias y metodologías académicas que apuntan a mejorar la calidad docente en temas relacionados a innovación pedagógica en el aula y a mecanismos de evaluación. En relación con la infraestructura, la universidad ha invertido fuertemente para crecer en espacio físico destinado a más salas de clases y laboratorios computacionales.

- **Flujo de ingresos:** La principal vía de ingresos es el pago de matrícula y arancel por parte de estudiantes de pre y postgrado. En los últimos años la universidad a potenciado su oferta académica en línea (<http://eduvirtual.uahurtado.cl>) con la finalidad de ampliar su oferta académica y generar nuevos ingresos.
- **Estructura de costos:** Costos fijos bien definidos (principalmente el pago de sueldos y el mantenimiento de la infraestructura). Además, en los últimos años se ha potenciado el costo destinado a fines de publicidad en períodos claves para el proceso de admisión de estudiantes nuevos.

Figura 5. Modelo de negocios Universidad Alberto Hurtado – Dimensión Académica

ACTIVIDADES CLAVE	ASOCIACIONES CLAVE	PROPUESTAS DE VALOR	RELACIONES CON CLIENTES	SEGMENTOS DE MERCADO
 <ul style="list-style-type: none"> - Docencia - Investigación - Vinculación con el medio 	 <ul style="list-style-type: none"> - AUSJAL (Asociación de Universidades Jesuitas en América Latina) - Colegios de sectores vulnerables <p style="text-align: center;">RECURSOS CLAVE</p>  <ul style="list-style-type: none"> - Docentes - Infraestructura física y tecnológica 	 <p>Formación de profesionales con sentido ético y espíritu de servicio</p> <p>Realización de investigación y publicaciones en revistas SCielo o ISIS</p> <p>Realización de proyectos para terceros relacionados con las áreas de enseñanza propias de la universidad</p>	 <p>- Atención directa a través de coordinación de carrera</p> <ul style="list-style-type: none"> - Red de exalumnos <p style="text-align: center;">CANALES</p>  <ul style="list-style-type: none"> - Relación directa con el cliente (clases presenciales) - Plataforma virtual (Moodle) 	 <ul style="list-style-type: none"> - Estudiantes que hayan finalizado su educación secundaria y rendido PSU - Jóvenes de sectores vulnerables que deseen estudiar en la universidad
 <p style="text-align: center;">ESTRUCTURA DE COSTES</p>		<p style="text-align: center;">FUENTES DE INGRESOS</p> 		
<ul style="list-style-type: none"> - Costos fijos, principalmente infraestructura y remuneraciones - Costos por concepto de publicidad 		<ul style="list-style-type: none"> - Matrícula y arancel (pregrado, postgrado y educación continua) - Cobros por asesorías y/o consultorías a terceros - Venta de publicaciones propias (revistas, libros, etc) 		

CAPÍTULO 4: ANÁLISIS SITUACIÓN ACTUAL

4.1 ARQUITECTURA DE PROCESOS

La arquitectura se ha definido en base al planteamiento estratégico de la universidad, en específico al primero de sus objetivos estratégicos declarados y a su orientación hacia sus clientes (estudiantes). Lo anterior establece qué macroprocesos son relevantes para que la universidad alcance el posicionamiento estratégico que ha sido definido anteriormente, y en base a eso, se determinan las líneas de negocios.

La elaboración y entrega del servicio requieren de procesos que ejecutan la producción del servicio, el que comienza con el ofrecimiento del servicio a los alumnos y concluye cuando éste se le entrega satisfactoriamente, es decir, procesos contenidos en el Macroproceso Cadena de valor o Macro1.

La universidad cuenta con 3 cadenas de valor: *Formación de profesionales*, *Investigación y publicación*, y *Extensión y Proyectos* (consultorías y asesorías). Estas tres cadenas son independientes, pero se relacionan principalmente en cuanto al uso de algunos recursos habilitantes que no son propios de la cadena de valor (por lo que no se considera unificación). Los principales recursos que comparten son tecnología, gestión financiera y adquisiciones. Además del uso compartido de recursos, las últimas dos cadenas de valor influyen positivamente en la primera, esto debido a que por medio de ellas se cuenta con docentes vinculados al medio e investigando en sus respectivas áreas manteniéndolos a la vanguardia del conocimiento, lo cual es relevante en la formación de los estudiantes.

- **Formación de profesionales:** Es la cadena de valor principal de la organización. Se centra en la formación y capacitación de los estudiantes para que éstos obtengan títulos profesionales y/o grados académicos.
- **Investigación y publicación:** Contempla la publicación de los resultados de las investigaciones realizadas por los académicos de planta de la universidad. Estas publicaciones pueden ser libros o artículos de revistas (ISI o Scielo).
- **Proyectos:** La universidad, además, realiza proyectos para terceros a través de consultorías o asesorías en temáticas atinentes a los programas de estudio impartidos en las diversas facultades.

Servicios comunes propios: Es el conjunto de procesos de apoyo que manejan los recursos necesarios para que las cadenas de valor antes mencionadas puedan funcionar correctamente. Entre ellos se pueden mencionar: Gestión de Adquisiciones,

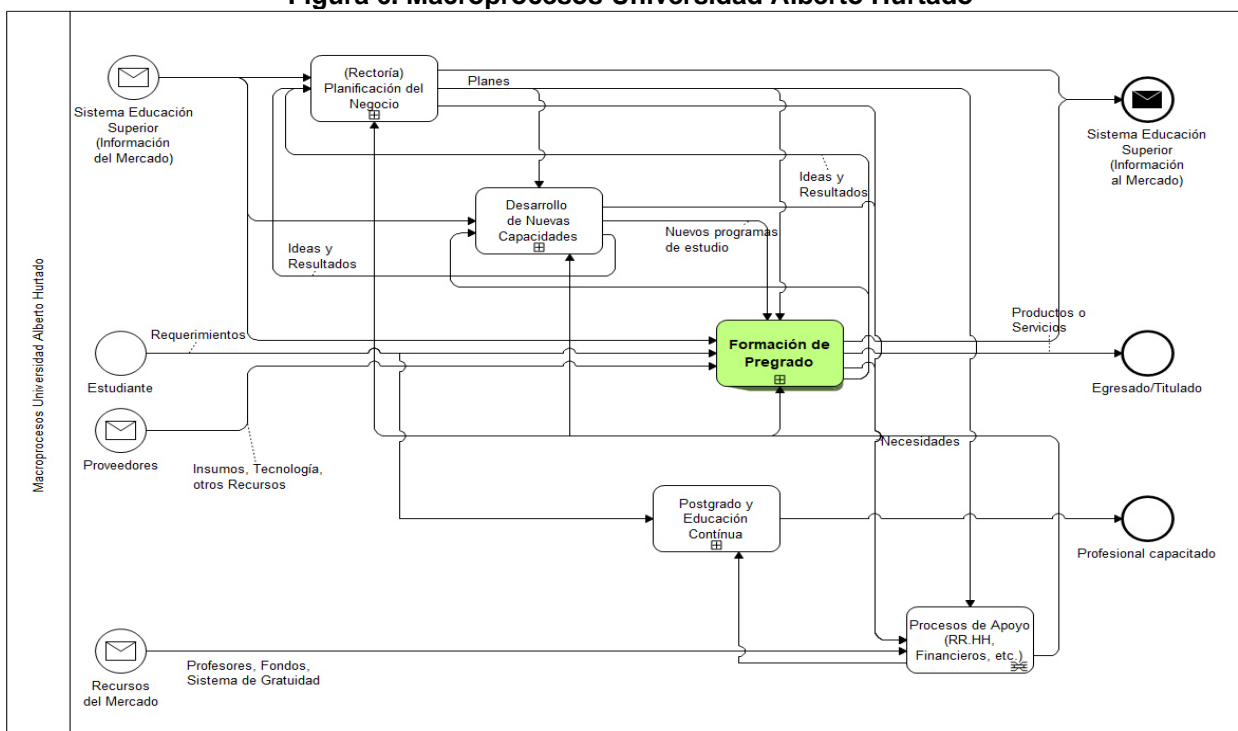
Gestión de Recursos Humanos y Gestión de Convenios (encargado de realizar “alianzas” con colegios, otras universidades y empresas)

Servicios comunes externalizados: Hay un servicio transversal a las 3 cadenas de valor y que se realiza de manera externalizada, el Marketing institucional (pre y post grado, educación continua, publicaciones realizadas por la universidad, y proyectos realizados)

El problema por abordar se encuentra ubicado en la Macro1 Cadena de valor (ver figura 6). Específicamente en la primera de ellas: ‘Formación de profesionales’, ya que en la actualidad no se dispone de un proceso que gestione el avance de los estudiantes respecto a su malla curricular. De esta manera los programas de estudio no llevan un control de la situación particular de sus estudiantes, pudiendo estos atrasarse en su titulación o, peor aún, desertar de la universidad. Es la intervención de la cadena de valor mencionada lo que generará valor al cliente (estudiante).

Del modelo de negocio de la universidad se ve que la relación con el cliente se da básicamente a través de la coordinación de cada carrera: secretaria académica y coordinador de carrera, quienes serán los principales actores involucrados en el nuevo proceso. Es importante señalar también, que esta cadena de valor es la que genera el mayor ingreso de recursos económicos a la universidad.

Figura 6. Macroprocesos Universidad Alberto Hurtado



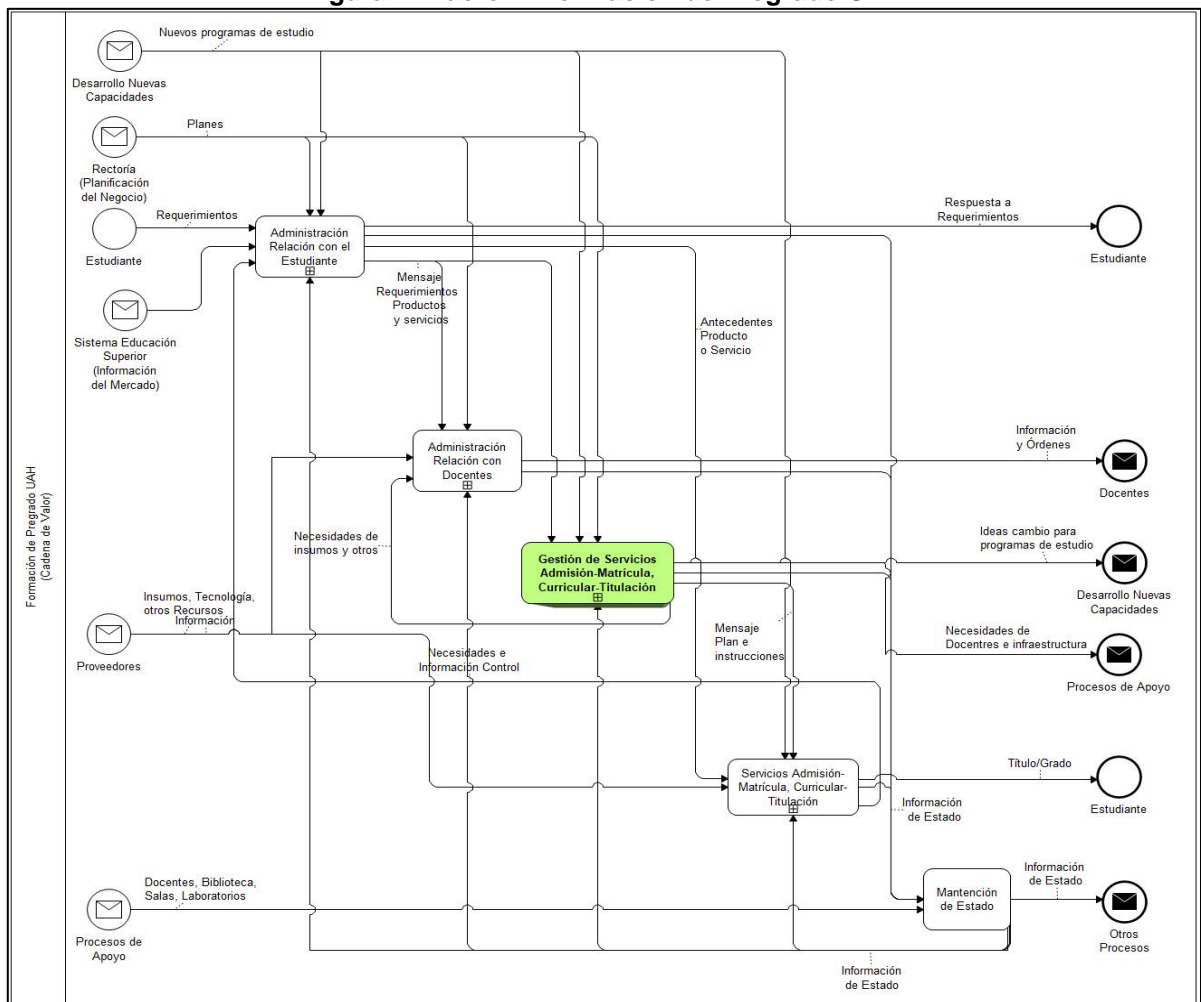
4.2 MODELAMIENTO DETALLADO DE PROCESOS

4.2.1 Modelamiento IDEF0

La *Gestión de Servicios Admisión-Matricula, Curricular-Titulación* (figura 7), es el proceso de gestión que procesa los requerimientos de los alumnos e inicia el proceso de Admisión a la Universidad y al Seguimiento Académico relacionado con su condición de alumnos para la posterior obtención del título profesional.

Este proceso comienza con la postulación de los estudiantes a la oferta académica de la Universidad Alberto Hurtado en el Proceso de Admisión (por medio de PSU). Mediante este proceso los estudiantes postulan a la oferta académica de la universidad y son seleccionados o rechazados como alumnos en los distintos programas.

Figura 7. Macro 1: Formación de Pregrado UAH

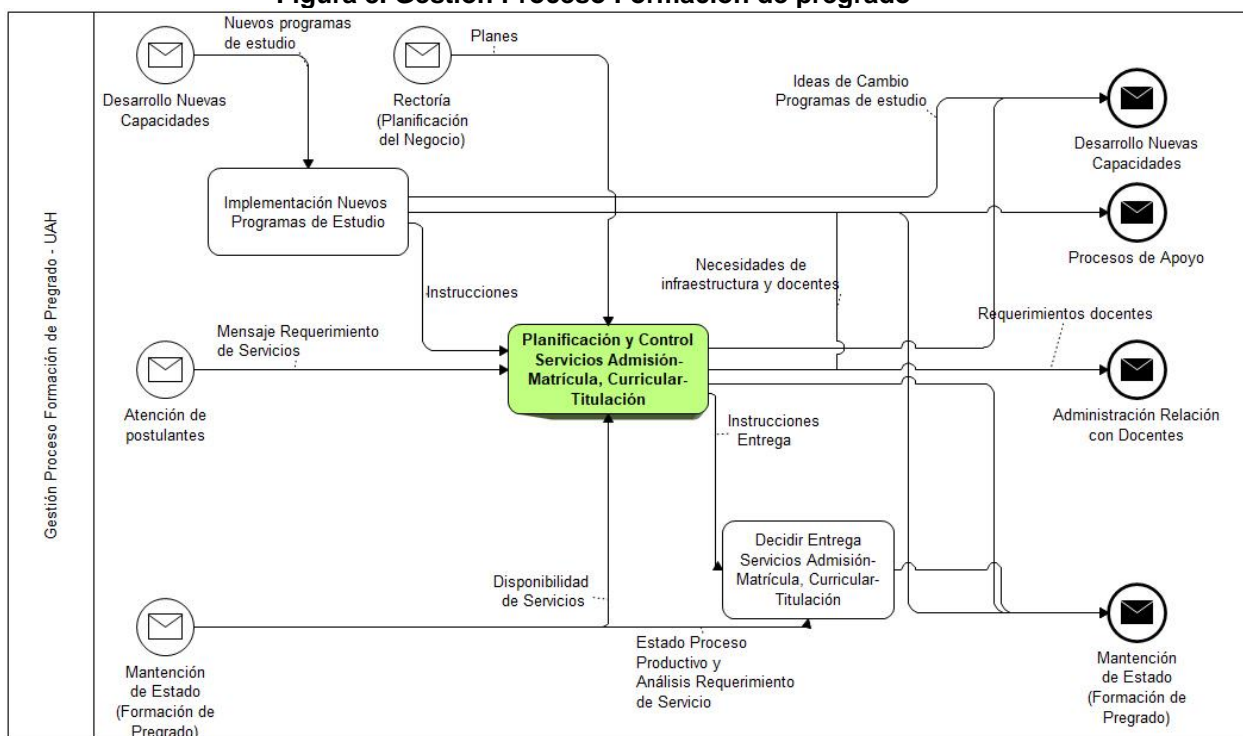


Una vez finalizada la matrícula (proceso de Admisión), los estudiantes se encontrarán en condiciones de alumno regular y realizarán su Inscripción Académica, actividad en la cual inscriben las asignaturas del semestre, modifican y/o eliminan cursos. La inscripción académica, presenta apoyo computacional desde el portal web de Alumnos, administrado centralizadamente por Vicerrectoría Académica, para el manejo de requisitos, equivalencias de asignaturas, la oferta de cursos según el semestre de carrera que corresponda, los horarios y los profesores correspondientes.

De igual manera, durante todo el semestre en curso, se registrarán las calificaciones, aprobaciones y reprobaciones de los distintos ramos por parte de los alumnos con el apoyo del sistema computacional SIGA (Sistema de Información de Gestión Académica). Una vez registrada el acta final del curso por parte del académico, el estado de cada asignatura para cada alumno queda en estado, Aprobado, Reprobado o Pendiente.

Finalmente, el conjunto de asignaturas aprobadas o reprobadas y su correspondiente avance académico le darán al alumno la condición de alumno: Regular, Egresado o Eliminado.

Figura 8. Gestión Proceso Formación de pregrado



4.2.2 Modelamiento BPMN

Figura 9. Proceso Admisión-Matricula Universidad Alberto Hurtado

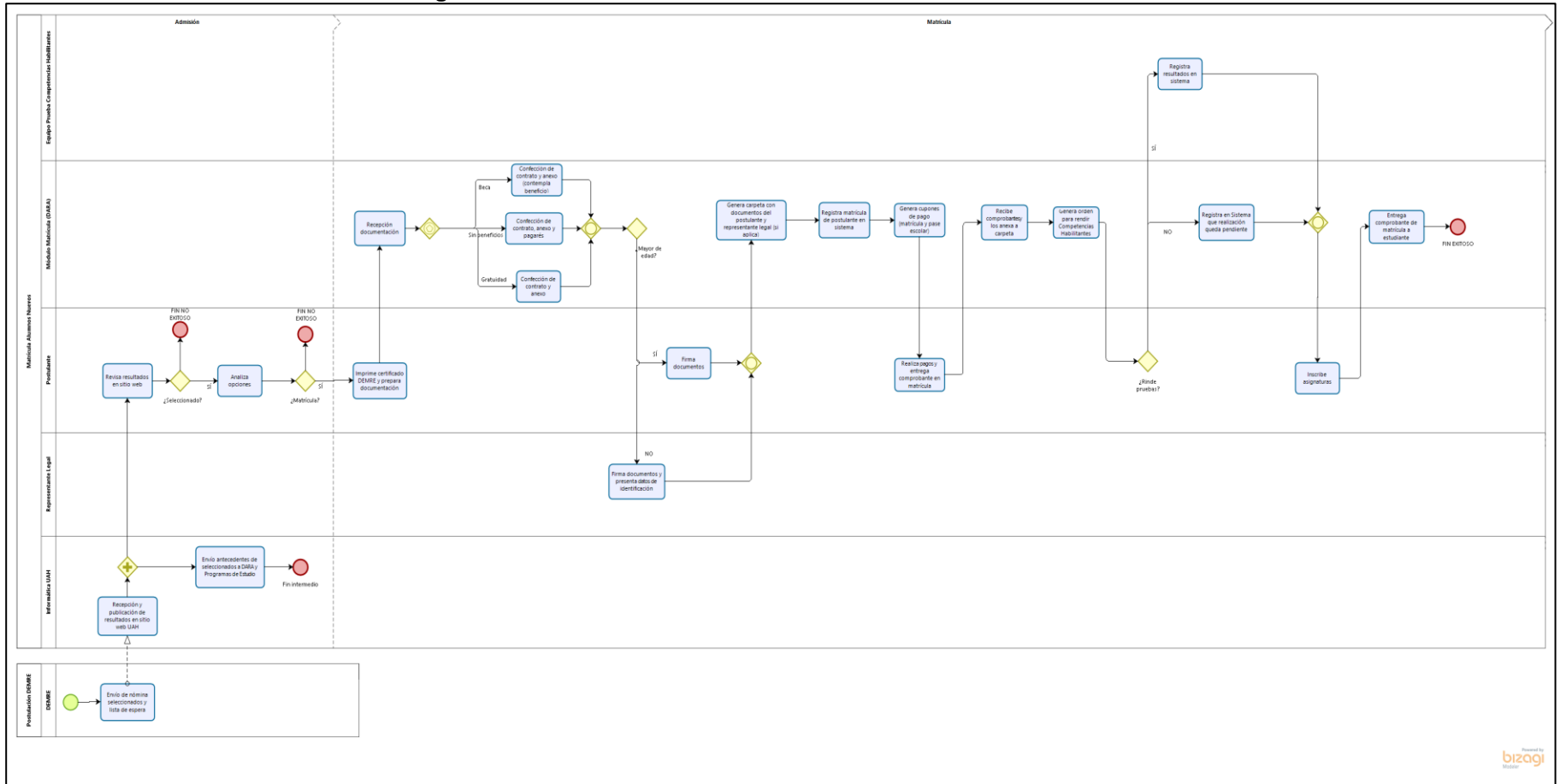
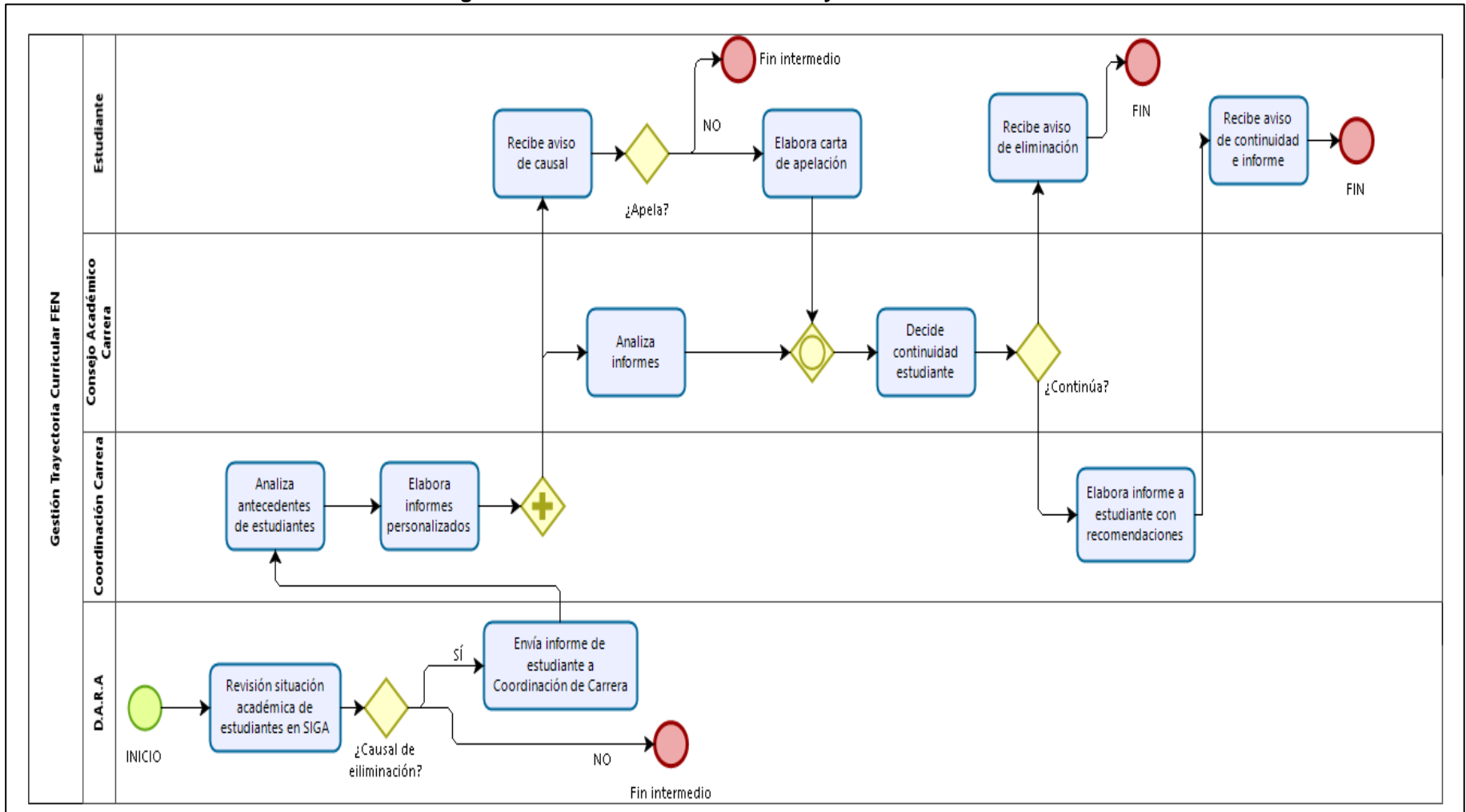


Figura 10. Proceso actual Gestión Trayectoria Curricular



En la figura 10 se aprecia el diagrama BPMN de lo que actualmente se conoce, de manera informal, como proceso de gestión de trayectoria curricular. Sin embargo, el proceso está conformado por actividades que buscan solamente controlar los estudiantes que no han cumplido con las exigencias mínimas para mantenerse como estudiantes regulares de la universidad, cayendo en 'causal de eliminación'. Lo anterior refleja que desde el proceso de Admisión/Matricula hay un vacío respecto a lo que pasa con los estudiantes hasta que algunos de ellos caigan en causal de eliminación. Se hace necesario entonces crear formalmente un proceso de gestión de trayectoria curricular que permita monitorear y controlar la situación de los estudiantes durante el transcurso del semestre y detectar aquellos que posean riesgo de deserción para generar las acciones necesarias de manera oportuna.

4.3 DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

Como se mencionó en el apartado 1.3 del presente trabajo, la situación de la universidad se vio afectada al ingresar al sistema de gratuidad, pues genera pérdidas económicas. Debido a ello se hace necesario disminuir las pérdidas que se generan por otros aspectos. Entre esas pérdidas está la provocada por la deserción de estudiantes, y para ello es clave contar con un eficiente proceso de apoyo a la gestión de trayectoria curricular. Al analizar el diagrama del proceso de gestión de trayectoria curricular actual de la universidad (ver figura 10), se puede apreciar que corresponde más bien a un proceso de eliminación de estudiantes por razones académicas que a un proceso que busque orientar a los estudiantes respecto al avance curricular. De esta manera, no se realiza ningún tipo de acción sobre los estudiantes que no caen en causal de eliminación, no teniendo claridad en su situación académica, emocional y financiera, pudiendo estos ser posibles desertores. Además, tampoco se realizan acciones de acompañamiento y/o asesoramiento a los estudiantes que entran en causal, por lo que un porcentaje de esos estudiantes no apela y finalmente terminan siendo eliminados de la universidad.

En la figura 10 se muestra el proceso que se inicia desde una unidad central de la universidad (D.A.R.A), la cual se encarga de generar reportes desde el Sistema de Gestión de Información Académica de la universidad (SIGA), centrándose en aquellos estudiantes que hayan aprobado menos de 30 créditos, o bien, hayan reprobado una misma asignatura por tercera vez. El proceso se centra en ese grupo, dejando de lado al resto de los estudiantes, sobre los cuales no se realiza ningún tipo de análisis, y, por consiguiente, ningún tipo de recomendación y/o guía respecto a cómo avanzar en su malla curricular, obviando si van al día en su avance, aspecto

importante a tener en cuenta, pues está relacionado con las posibles deserciones futuras y a la titulación oportuna.

Solamente al final del actual proceso se realizan recomendaciones a los estudiantes que cayeron en causal de eliminación, pero que finalmente no fueron eliminados de la universidad, pero no se le realiza un seguimiento posterior a eso. Queda de manifiesto entonces que, en la actualidad, el foco que le dan los programas de estudio a su quehacer está en dar continuidad operativa a la formación de pregrado y no en realizar mejoras en este proceso.

4.4 CUANTIFICACIÓN DEL PROBLEMA U OPORTUNIDAD

En la actualidad, el 18% de los estudiantes que ingresan a la universidad desertan de ella (principalmente al finalizar el primer año). Si bien es cierto que este fenómeno ocurre en todas las instituciones de educación superior, es una fuente de pérdida para las instituciones. Estas pérdidas son asumidas por las universidades, pues es parte del funcionamiento 'normal' de ellas, pero en el caso de la Universidad Alberto Hurtado, disminuir esa pérdida servirá para amortiguar las pérdidas económicas provocadas por la inclusión al sistema de gratuidad.

A marzo de 2018, aproximadamente el 60% de los 6.200 estudiantes activos de pregrado contaban con gratuidad. De los alumnos nuevos ingresados este año el 53% contaba con el beneficio. Esas cifras se traducen en una pérdida de alrededor de los 1.400 millones de pesos anuales. Surge entonces la necesidad de reducir presupuestos, ser más eficientes en los procesos actuales, generar nuevas formas de ingresos y, reducir las pérdidas que, hasta antes de ingresar al sistema de gratuidad, se consideraban 'normales'. Es importante destacar que el número de estudiantes que cuenta con gratuidad ha ido aumentando, por lo que se vislumbra que en los próximos años el problema irá profundizándose.

Tomando en consideración que el actual proceso de gestión de trayectoria curricular es un proceso de eliminación de estudiantes por razones académicas, urge el crear un verdadero proceso que se dedique a gestionar las trayectorias académicas o curriculares de todos los estudiantes de la universidad, dando énfasis a aquellos que tengan más probabilidades de desertar de la universidad.

CAPÍTULO 5: PROPUESTA DE DISEÑO DE PROCESOS

En este capítulo se abordan los cambios necesarios en la arquitectura de negocios y/o procesos de la universidad para llevar a cabo el proyecto. Se detalla el apoyo tecnológico en el proceso, así como su diseño y lógica de negocios.

5.1 DIRECCIONES DE CAMBIO Y ALCANCE

Actualmente, y como se mencionó en el punto 3.1, el posicionamiento estratégico de la universidad está definido como *integración con el cliente*. Por medio de este proyecto se espera avanzar más hacia una *solución integral al cliente*, pues por medio del nuevo proceso se realizará un monitoreo regular del riesgo de deserción estudiantil, permitiendo tomar acciones de manera oportuna y determinar líneas de acción que vayan en beneficio de los estudiantes. Además de lo anterior, es importante señalar que al desarrollar el proyecto se espera comenzar a formalizar los procesos en la universidad, es decir, a declararlos formalmente, generar sus respectivos diagramas, determinar responsables y generar procedimientos. Dentro del alcance se puede mencionar que el proceso se aplicará solamente a una de las seis facultades que posee la universidad (Economía y Negocios) y se requerirá del apoyo puntual de la Dirección de TICs y D.A.R.A.

5.2 ARQUITECTURA DE PROCESOS TO BE

Desde un punto de vista de la arquitectura de procesos (ver apartado 4.1), es necesario señalar, a modo de alcance, que no habrá modificaciones en los macroprocesos, pues el nuevo proceso se enmarcará en la macro 1, específicamente en la cadena de valor de *Formación de Pregrado*. Sin embargo, sí será necesario realizar un diseño en BPMN del proceso.

5.3 DISEÑO DETALLADO DE PROCESOS TO BE

5.3.1 Diseño en BPMN

El proyecto propone la realización de un nuevo proceso para la gestión de trayectoria curricular con la finalidad de disminuir la deserción estudiantil. Para ello, el proceso tendrá 3 etapas claramente diferenciadas:

- Análisis temprano de deserción
- Gestión de trayectoria curricular
- Mejoras al análisis de datos

ANÁLISIS TEMPRANO DE DESERCIÓN

En esta etapa del proceso (ver figura 11) intervienen la Dirección de Admisión y Registro Curricular (D.A.R.A), las secretarías, Coordinadores y/o Jefes de las carreras de Ingeniería Comercial, Gestión de Información, Bibliotecología y Archivística, y Contador Público Auditor y el Analista de Datos.

Una vez que ha finalizado el proceso de matrícula de los alumnos nuevos, desde la D.A.R.A se ingresan los datos de los estudiantes nuevos de las carreras de la Facultad de Economía y Negocios al sistema financiero de la universidad y a SIGA. Los datos relevantes para su posterior análisis son, básicamente, los recibidos por parte del DEMRE en el proceso de admisión:

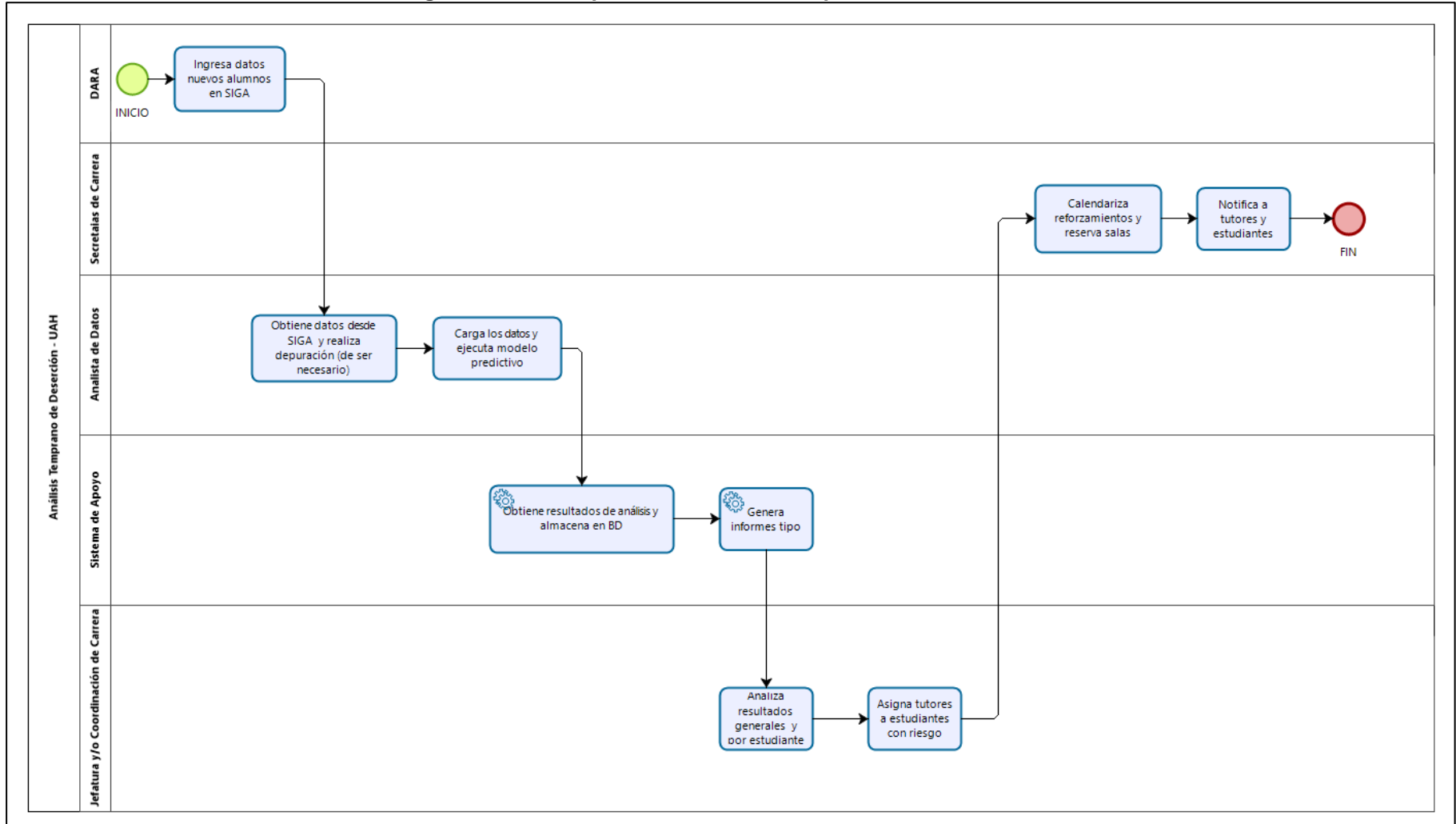
Identificador del estudiante, región y comuna de residencia, género, nacionalidad, año de egreso enseñanza media, NEM, puntaje lenguaje, puntaje matemática, puntaje historia, puntaje ciencias, promedio ponderado y preferencia de postulación.

El analista de datos procede a ejecutar tareas de transformación, depuración y limpieza de los datos (detecta datos faltantes y los imputa, elimina duplicados, detecta valores fuera de rango, entre otras acciones). Posteriormente, el analista de datos procede a cargar los datos depurados en el modelo de predicción actual (Árbol de Decisión) creado en RapidMiner y ejecuta el modelo. Los resultados arrojados por el modelo son cargados en el sistema informático de apoyo creado especialmente para este proceso, el cual cargará los resultados en su base de datos y generará informes tipo configurados en él.

Los coordinadores o jefes de carrera son los encargados de analizar los resultados contenidos en los informes y determinar las acciones a seguir en base a los resultados. En primera instancia seleccionarán y asignarán tutores a los estudiantes con riesgo de desertar, quienes apoyarán a ese grupo de estudiantes al menos durante el primer semestre de sus respectivas carreras.

Finalmente, las secretarías de las carreras serán quienes calendaricen las sesiones de tutoría, reserven salas y/o laboratorios, para posteriormente notificar tanto a los tutores como a los estudiantes de dichas fechas.

Figura 11. Modelo proceso detección temprana de deserción



GESTIÓN DE TRAYECTORIA CURRICULAR

Esta etapa es la más compleja y extensa del proceso propuesto (ver figura 12). Esto debido principalmente a la cantidad de actividades y actores que intervienen, dentro de los cuales se pueden mencionar: D.A.R.A, Dirección de TICs, analista de datos, coordinadores de carrera, secretarías y un profesional de apoyo al proceso.

El analista de datos, como parte de sus funciones, es quien gatilla esta parte del proceso solicitando acceso a los datos a D.A.R.A, quienes son los 'dueños' (responsables) de esos datos (y de quienes acceden a ellos). Es por esta razón que es el director de esta unidad quien debe realizar la solicitud de extracción de esos datos a la Dirección de TICs, quienes deberán extraer la información académica desde el *Sistema de Información de Gestión Académica* (SIGA) y financiera desde el sistema MAGIX. Los datos son consolidados en una sola planilla Excel y enviada al analista de datos, quien la recibe y la añade al set de datos que generó en la etapa anterior (análisis temprano de deserción). Los nuevos datos agregados al dataset son:

código de carrera, nombre de programa de estudio, cohorte (año de ingreso a la universidad), *plan académico, estudiante de otra carrera, situación académica, cantidad de créditos aprobados, cantidad de créditos reprobados, avance de malla, promedio simple, promedio ponderado, morosidad y beca.*

El nuevo set de datos es cargado en el sistema ejecutándose el modelo (Árbol de Decisión) arrojando resultados, los cuales son almacenados en un archivo con extensión CSV y cargados en la aplicación que dará apoyo al proceso (desarrollo local). Esta aplicación guarda el archivo en el servidor y de forma automática envía una notificación a los coordinadores académicos y jefes de carrera informando que los resultados del análisis de datos están disponibles en el sistema.

Los coordinadores académicos ingresan al sistema y acceden a los resultados, pudiendo determinar cuántos y quiénes son los estudiantes con riesgo de deserción. Además de lo anterior, el sistema muestra un listado de posibles acciones a realizar para disminuir la deserción. En base a lo anterior el coordinador se comunica con el profesional de apoyo del proceso, quien determinará cuál o cuáles de las acciones recomendadas se realizarán con el objetivo de disminuir la deserción. Estas medidas serán personalizadas para cada estudiante que esté en riesgo de deserción. El profesional de apoyo deberá notificar a las autoridades involucradas (coordinadores

académicos, jefes de carrera, jefes de departamento y decano) y secretarías quienes son los estudiantes y qué acciones se tomarán con cada uno de ellos.

Posterior a la notificación realizada a las autoridades, las secretarías de los programas de estudio notificarán a cada uno de los estudiantes qué medidas se tomarán con ellos, entregando las especificaciones correspondientes según sea el caso. Otra labor importante dentro del proceso que deberá ser realizada por las secretarías, es el monitoreo respecto a las realizaciones de dichas acciones, es decir, llevar un control de que las acciones planificadas se estén llevando a cabo, y en caso de no estarse realizando tomar las medidas correspondientes.

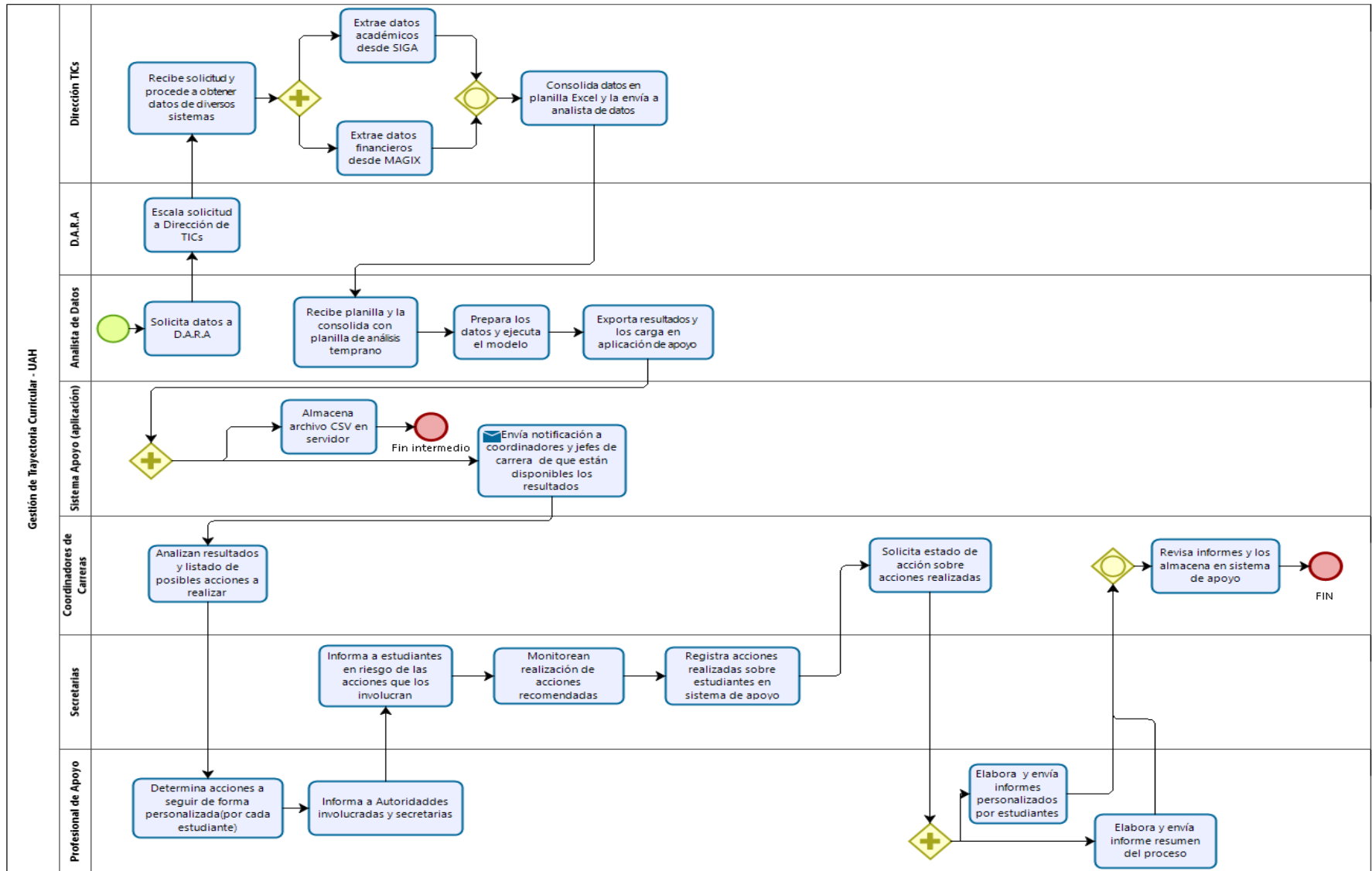
Para poder evaluar si las acciones planificadas para cada estudiante que presentó un nivel de riesgo de deserción están, a futuro, dando resultados, el proceso contempla que las secretarías de los programas ingresen esa información al sistema de apoyo.

Por otra parte, los coordinadores académicos podrán solicitar informes que den cuenta del estado de la gestión realizada sobre los estudiantes. Esos informes son elaborados por el profesional de apoyo, quien deberá generarlos de forma personalizada para cada estudiante sobre el que se esté realizando alguna acción. Estos informes deben incluir el mayor grado de detalle posible, información que será de utilidad para evaluar la efectividad de las medidas implementadas y así poder realizar mejoras futuras. Además, el profesional de apoyo debe generar un informe resumen, el cual debe incluir una mirada más general de lo realizado.

Ambos informes serán enviados a los coordinadores académicos, quienes los revisarán y almacenarán en el sistema de apoyo, quedando almacenados en el servidor.

Este proceso se realizará a mediados y fines de cada semestre. Esto debido a que la situación académica y financiera puede ir sufriendo cambios que tengan impacto en los resultados del modelo.

Figura 12. Gestión de trayectoria curricular



MEJORAS AL ANÁLISIS DE DATOS

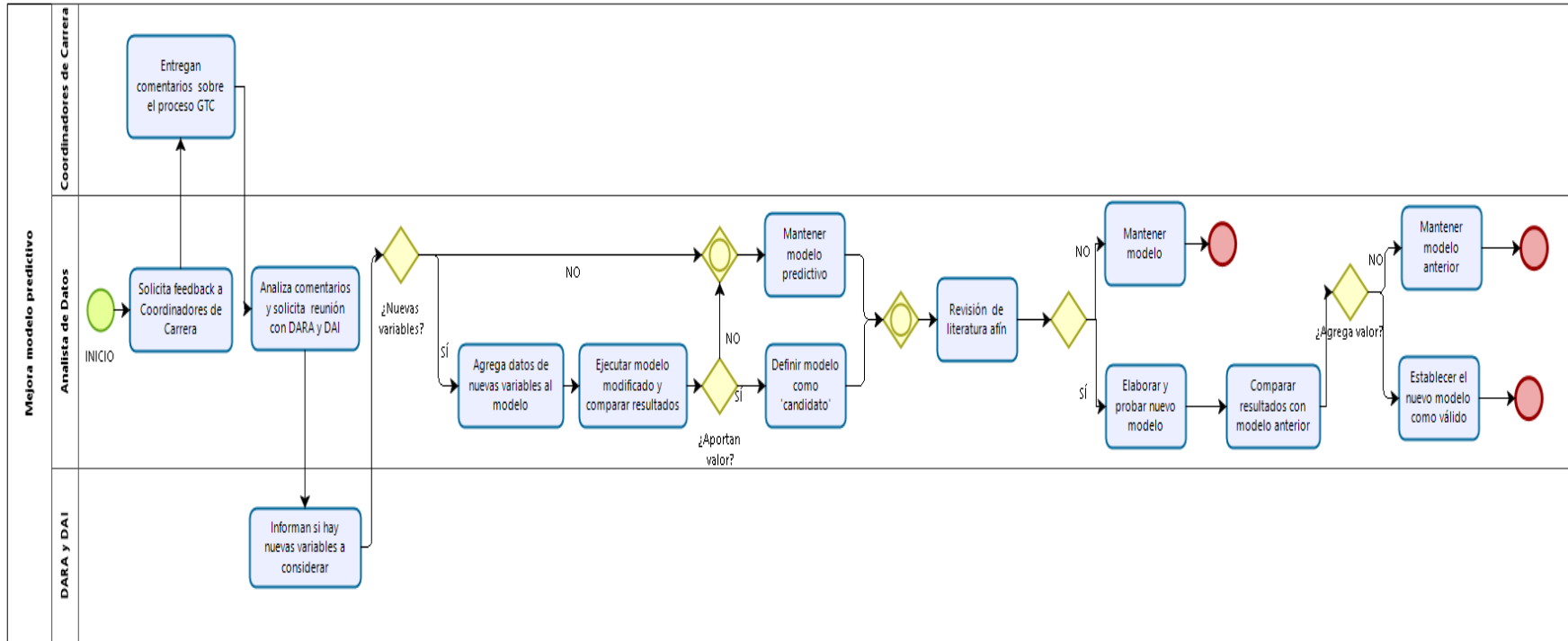
Esta etapa del proceso consiste en analizar el modelo predictivo de análisis de datos y determinar si es posible realizar mejoras con la finalidad de optimizar el proceso completo. Para ello, el analista de datos solicita feedback a los coordinadores de cada programa de estudio y posteriormente analiza esos comentarios y solicita reunirse con D.A.R.A y D.A.I (Dirección de Aprendizaje Institucional). El objetivo de esa reunión es determinar si existen nuevas variables (internas y/o externas) que sean relevantes para el proceso.

Si hay nuevas variables de interés, el analista de datos procederá a agregarlas al modelo y ejecutarlo nuevamente. De esta manera podrá comparar los resultados anteriores y los nuevos y determinar si la o las nuevas variables son un aporte a la hora de poder predecir qué estudiantes tienen riesgo de desertar de la universidad. Si las nuevas variables aplicadas al modelo aportan valor, se considerará ese nuevo modelo como un 'modelo candidato', es decir, un modelo que podría reemplazar al actual. Si no hay variables nuevas o éstas no generan valor en el modelo actual, se procede a mantener el modelo para realizar las predicciones.

Posterior al análisis de nuevas variables, el analista de datos procede a realizar revisión de literatura y determinar si existen nuevos modelos y/o algoritmos que permitan mejorar el proceso. En caso de existir el analista procede a diseñar un nuevo modelo y ejecutarlo con la finalidad de comparar los resultados con los del modelo candidato. Según sea el resultado de los análisis el analista deberá determinar qué modelo seguirá empleando tanto para el análisis de detección temprana de deserción como para el modelo que incluye datos de la trayectoria curricular de los estudiantes.

Es importante señalar que esta etapa del proceso se realizará una vez al año, debido principalmente a que es una etapa que busca solamente mejorar un proceso que ya está operativo y ofrece resultados que generan valor.

Figura 13. Mejora de modelo predictivo



5.4 DISEÑO DE LÓGICA DE NEGOCIOS

La lógica de negocios por un lado aborda la creación del proceso, la cual se separó en tres etapas: análisis temprano de deserción, gestión de trayectoria curricular, y mejoras al modelo de detección. Por otro lado, hace referencia al diseño del modelo de deserción. Se detallarán ambos aspectos.

LÓGICA DEL PROCESO

Debido al interés de la universidad por avanzar más hacia una 'solución integral al cliente', se hace necesario que el proceso comience desde el momento en que los estudiantes se matriculen en la institución. En ese contexto, era deseable que el proceso contemplara la realización de un análisis temprano solamente con los datos provistos por el DEMRE como parte del proceso de admisión a la universidad. Es importante señalar que no todos los postulantes finalmente se matriculan, por lo que se hizo necesario en la definición del proceso que el comienzo de éste se dé una vez finalizado el proceso de admisión, para así solamente analizar los datos de los postulantes que realmente se matricularon en la universidad. Este análisis temprano sirve además para que las jefaturas de carrera y coordinaciones académicas tengan una idea preliminar de cada generación que ingresa (cohorte) y tomen acciones tempranamente. Debido a que los datos que entrega el DEMRE son acotados, se tiene pensado para una segunda etapa del proceso incluir en el proceso de matrícula la realización de un cuestionario que permita obtener datos relevantes para el análisis temprano.

La segunda fase o etapa del proceso contempla la gestión de la trayectoria curricular propiamente tal, y para ello se realizó una prueba de concepto empleando los datos históricos de los estudiantes (2012-2017). Se decidió emplear RapidMiner como aplicación para realizar el análisis de datos debido, principalmente, a que sus funcionalidades se ajustaban a lo requerido, su facilidad de uso y a que posee una versión gratuita en la que se podía analizar toda la cantidad de datos existentes. En esta etapa cobra importancia la obtención de datos generados en la misma universidad producto de la trayectoria del estudiante en la universidad. Dichos datos se centran en su rendimiento académico y se complementan con su situación financiera. Esta lógica permitirá determinar qué aspectos son los que más influyen en la deserción de estudiantes de la Facultad. Determinar qué variables son las que más inciden en la deserción es uno de los intereses que manifestaron las autoridades respecto al proyecto. Junto con lo anterior, el énfasis de esta etapa del proceso radica en el monitoreo que se realizará a los estudiantes con riesgo de deserción, ya que actualmente la universidad no realiza un seguimiento constante de sus estudiantes, y

este proceso generará un cambio en la forma de relacionarse con ellos, llevando un control más acabado de su rendimiento académico y facilitando, dentro de lo posible, instancias para mejorarlo. Para lograr lo anterior, resulta necesario la figura de un profesional que apoye la aplicación de medidas correctivas, desde el momento de su planificación hasta la obtención de resultados y generación de informes que dé cuenta del impacto obtenido y de si el proceso está siendo un aporte o no.

La toma de decisiones respecto a qué acciones seguir con los estudiantes se basa, en primera instancia, en los resultados del modelo predictivo. Si un estudiante está dentro del grupo de estudiantes con riesgo de deserción se informa al profesional de apoyo, quien, en base a los resultados, decidirá y recomendará qué acciones seguir dependiendo del tipo de riesgo (académico, económico, etc.).

```
//Decidir acciones
Si (estado_alumno == riesgo) Entonces
    acciones = true
Sino
    acciones = false

Si (acciones == true) Entonces
    Según (tipo_riesgo) Hacer
        opción 1: Asignar tutor
        opción 2: Asignar reforzamiento
        opción 3: Asignar ayuda económica
        De otro modo: Evaluar otra acción
    Fin Según
Sino
    acción = null
```

Finalmente, la última etapa del proceso radica en mejorar un aspecto esencial del proceso, el modelo predictivo de deserción. Con el correr del tiempo es muy probable que aparezcan nuevos datos que tengan relevancia en el proceso y que se desarrollen nuevos modelos y/o algoritmos supervisados, por lo que se hace necesario que el proceso cuente con un mecanismo que permita la mejora continua del mismo.

LÓGICA DEL MODELO

Parte del éxito del nuevo proceso radica en que el modelo que determinará los estudiantes con riesgo de deserción posea una buena performance. Es por ello por lo

que se diseñaron cuatro modelos: árbol de decisión, support vector machine, random forest y regresión logística, y sobre cada ellos se realizaron diversas variantes por medio de los hiperparámetros y de los porcentajes usados como set de entrenamiento y prueba.

Dentro de las actividades clave para el éxito del modelo se pueden mencionar: limpieza, preprocesamiento de datos y balanceo. De los datos contenidos en el set, solo un 13,43% correspondía a estudiantes que desertaron arrojando resultados poco concluyentes, por lo que se hizo necesario tener que balancear los datos mediante el operador *Sample*.

A partir de los datos existentes, se procedió a crear una nueva variable llamada “*avance de malla*”, el cual es el resultado de la división entre los *créditos aprobados* y el *total de créditos* de la malla curricular.

Para medir el desempeño del modelo se empleó una matriz de confusión, centrándose en el valor de los indicadores *accuracy* y F-measure. Además, para determinar las variables que presentan mayor impacto en la deserción se hizo uso del operador ‘*Weight by correlation*’. Los resultados obtenidos (ver apartado 8.1.2 del presente trabajo) arrojaron que el modelo basado en Árboles de Decisión son el que mejor se ajusta al set de datos. Como se mencionó anteriormente, el proceso contempla la mejora del análisis incluyendo nuevos datos de los estudiantes y de los resultados de las acciones correctivas, por lo que a futuro el modelo a emplear puede variar.

CAPÍTULO 6: PROPUESTA DE APOYO TECNOLÓGICO

La implementación del proceso descrito en el capítulo anterior requiere de un apoyo tecnológico que de soporte a las tareas y actividades que lo conforman. En este apartado se explicará en detalle dicho apoyo tecnológico.

6.1 ESPECIFICACIÓN DE REQUERIMIENTOS

Se entiende por requerimientos todas las acciones y características que debe contemplar un sistema para dar respuesta a las necesidades de uno o más procesos. Dichos requerimientos se clasifican en funcionales y no funcionales.

6.1.1 Requerimientos Funcionales

Los requerimientos funcionales son los ‘servicios’ que deberá proporcionar la aplicación a desarrollar. Para efectos del proyecto el sistema deberá ser capaz de:

- Cargar datos por medio de archivos en formato CSV (valores separados por coma). Debido a que la universidad no cuenta con sistemas tipo BI resulta complicado crear repositorios de datos desde los diversos sistemas empleados (finanzas, matrícula, biblioteca, SIGA, entre otros), por lo que generar archivos CSV es la opción realista en el corto plazo. Sin embargo, en una futura fase 2 del proyecto se debería contemplar la carga automática de datos desde los distintos sistemas.
- Aplicar técnicas de modelo supervisado (Regresiones Logísticas, Árboles de Decisión, Random Forest, Support Vector Machine, entre otros). Está contemplado que a futuro el proceso sea más eficiente, y probablemente se incluyan nuevos datos por analizar. Debido a esto es necesario que el sistema sea capaz de aplicar varias técnicas de modelo supervisado.
- Exportar resultados de análisis en archivos en formato CSV
- Validar acceso al sistema. En piloto será contra datos almacenados en la misma base de datos. A futuro se deberá contemplar la opción de validación vía LDAP
- Registrar y gestionar usuarios (con diversos privilegios)
- Visualizar reportes tipo
- Permitir la solicitud de creación de nuevos reportes al administrador del sistema
- Generar nuevos reportes
- Sugerir acciones a realizar sobre estudiantes que tengan riesgo de deserción en base a perfil dado producto del análisis de datos.

6.1.2 Requerimientos No Funcionales

Los requerimientos no funcionales son todos aquellos que sirven de ‘restricciones’ a las funciones o servicios del sistema. Suelen ser parte de estos requerimientos los referentes a diseño, fiabilidad, tiempos de respuesta, capacidad de almacenamiento, entre otros.

- Correcta visualización de la aplicación en navegadores Edge, Firefox, Safari, Opera y Chrome
- Diseño acorde al manual de estilo de la Universidad (disponible en <http://www.uahurtado.cl/wp-images/uploads/2018/08/Gu%C3%ADa-de-dise%C3%B1o-uah.pdf>)
- Uso de un gestor de base de datos relacional
- Tiempos de respuesta de resultados menores a 45 segundos.
- Desarrollo de sistema de visualización bajo arquitectura MVC.
- Diseño responsivo o adaptativo por medio del uso de Bootstrap.

6.2 ARQUITECTURA TECNOLÓGICA

El proceso por implementar posee dos grandes áreas: la primera encargada de cargar los datos de los estudiantes y realizar los análisis correspondientes, mediante modelos supervisados, para así poder determinar quiénes de ellos son posibles desertores; y la segunda que se encarga de mostrar a quienes corresponda esa información, de manera tal que facilite la toma de decisiones respecto a ese grupo de estudiantes. El sustento del apoyo tecnológico radica en las siguientes tecnologías:

RapidMiner

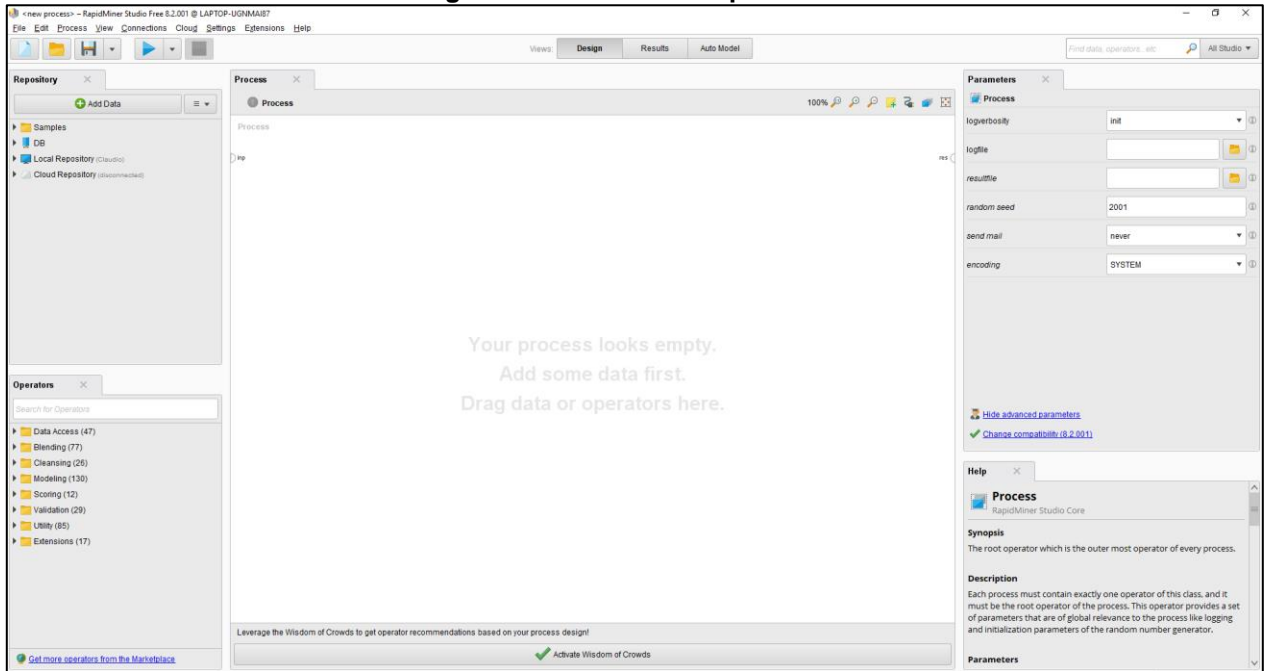
Es una aplicación para el análisis y minería de datos desarrollada en Java y posee licencia AGPL (licencia de tipo copyleft) que busca garantizar la distribución del código fuente de la aplicación. La primera versión fue liberada en 2001 por la Universidad de Dortmund bajo el nombre de YALE (*Yet Another Learning Environment*). Entre sus principales características se pueden mencionar:

- Es multiplataforma
- Posee interfaz gráfica
- Es extensible (por medio de plugins)
- Permite la ingesta de datos por archivos CSV, SELECT directamente a bases de datos, planilla Excel, archivos XML.
- Posee módulo de integración con R
- Cuenta con herramientas de visualización de datos

- Permite el desarrollo de aplicaciones a través de un lenguaje script.

La última versión (8.2) cuenta con más de 500 técnicas de preprocesamiento de datos, modelación predictiva y descriptiva, métodos de prueba de modelos, visualización de datos, entre otras.

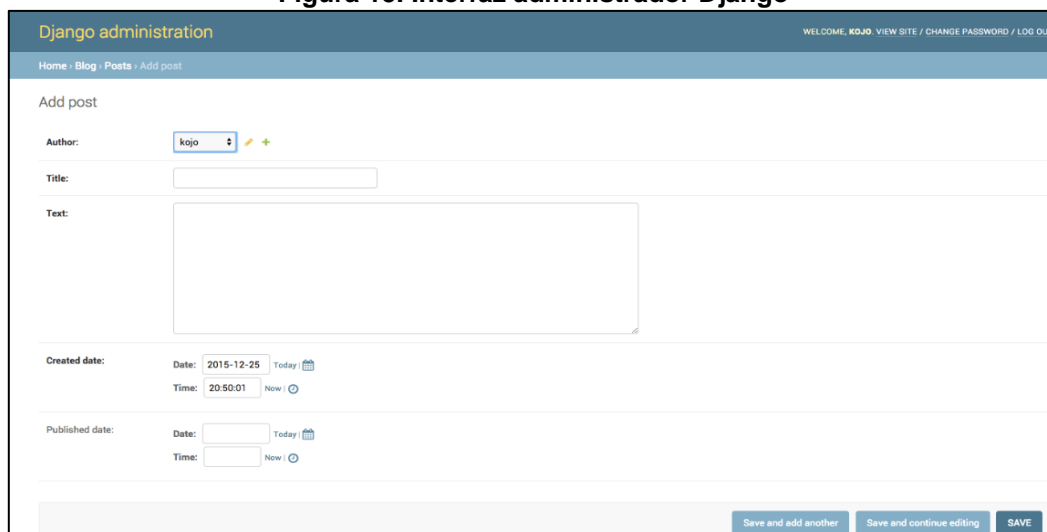
Figura 14. Interfaz de RapidMiner



Django

Es un entorno de trabajo (framework) para desarrollo web escrito en Python. Posee una licencia de software libre (licencia BSD). Permite la creación de aplicaciones web de manera rápida y sencilla, pues está inspirado en la arquitectura Modelo Vista Controlador (MVC) separando los datos de la lógica de negocios, y poniendo énfasis en reusar componentes.

Figura 15. Interfaz administrador Django



Bokeh

Es una librería de código abierto para Django que permite la generación de gráficos dinámicos y tableros de datos.

Bootstrap

Es un framework multiplataforma de código abierto (Licencia MIT) que facilita y disminuye los tiempos de desarrollo del diseño de *interfaces de usuarios* de sitios y aplicaciones web. La primera versión fue lanzada por Twitter en agosto de 2011, y la última versión es la 4.0 liberada en enero de 2018. Está programado en HTML, CSS y JavaScript. Entre sus principales características se puede mencionar que es compatible con los principales navegadores web, posee soporte para HTML 5 y CSS 3, y soporta la creación de diseños web responsivos (adaptables a las dimensiones de las pantallas de distintos tipos de dispositivos: computadores, tablets, smartphones)

MySQL

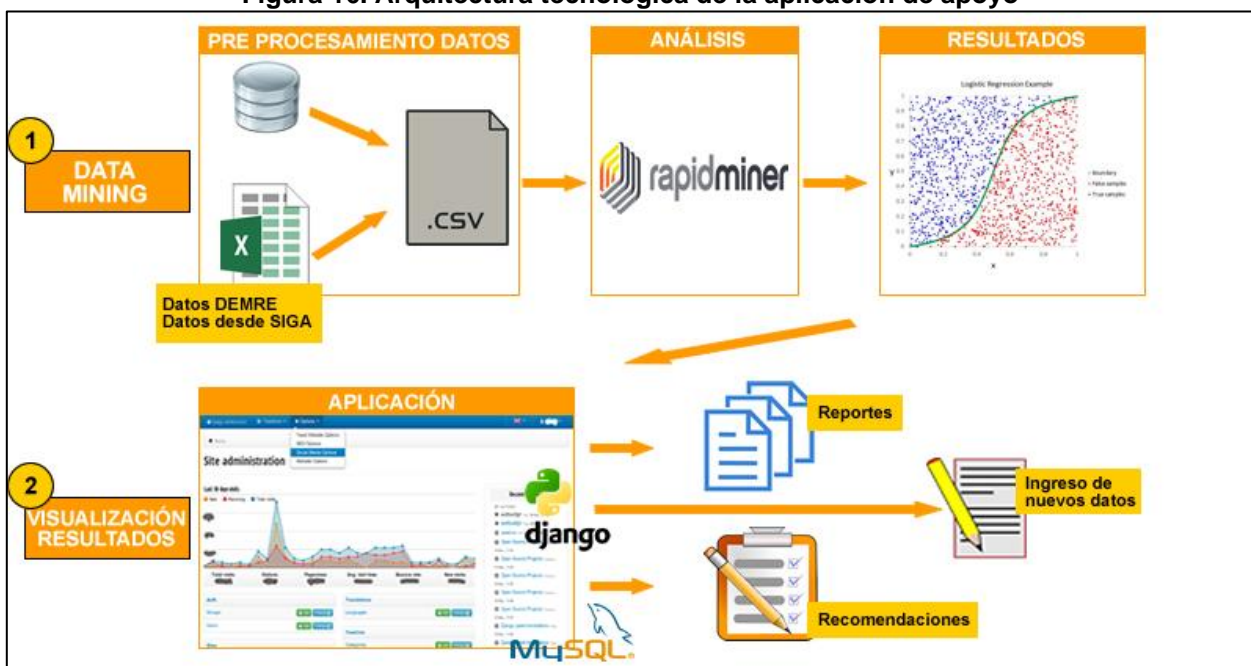
Aplicación para la gestión de bases de datos relacionales. La primera versión fue lanzada en mayo de 1995 y la última versión (8.0.12) fue liberada en julio de 2018. Es multiplataforma y posee Licencia Pública General (GNU). Se le considera el gestor de bases de datos de código abierto más utilizado del mundo, esto debido en gran medida a su sencillez para integrarlo con distintos frameworks de desarrollo.

El apoyo tecnológico del proyecto implica que en una primera instancia se obtengan los datos que se analizarán. Estos datos provienen principalmente de dos fuentes:

DEMRE (datos obtenidos del proceso de admisión universitaria) y los datos obtenidos del Sistema de Información de Gestión Académica (SIGA). Es importante señalar que el sistema debe ser capaz de realizar los 2 tipos de análisis: temprano y de gestión de trayectoria curricular. Para el primero se hará uso solamente de los datos entregados por el DEMRE, mientras que para el segundo se harán uso de todos los datos. Estos datos se consolidarán en un archivo con extensión CSV, el cual será trabajado con técnicas de preprocesamiento de datos (limpieza, eliminación de valores fuera de rango y de duplicados, entre otras acciones). Posteriormente, se aplicarán distintos tipos de modelos predictivos, todos ellos se ejecutarán en la aplicación RapidMiner, pues como se mencionó anteriormente, trae incorporado paquetes y librerías específicas para análisis de datos.

Los resultados obtenidos producto del análisis de los datos serán cargados, mediante archivos en formato CSV en una aplicación desarrollada específicamente para el nuevo proceso. Para el desarrollo de la aplicación se emplearon el framework de desarrollo Django, MySQL como base de datos y Bootstrap como framework para el diseño. En la aplicación se visualizarán los resultados y las personas autorizadas, según sus respectivos privilegios, podrán revisar reportes y sugerir nuevos, ver listado de estudiantes que poseen riesgo de deserción, ver sugerencias de acciones a seguir sobre esos estudiantes, y agregar nuevos datos para realizar análisis futuros con otras variables.

Figura 16. Arquitectura tecnológica de la aplicación de apoyo



6.3 DISEÑO DE LA APLICACIÓN

Se detalla el diseño de la aplicación en base a los principales casos de uso, diagramas de secuencia, diagramas de secuencia y modelo relacional de la aplicación de apoyo.

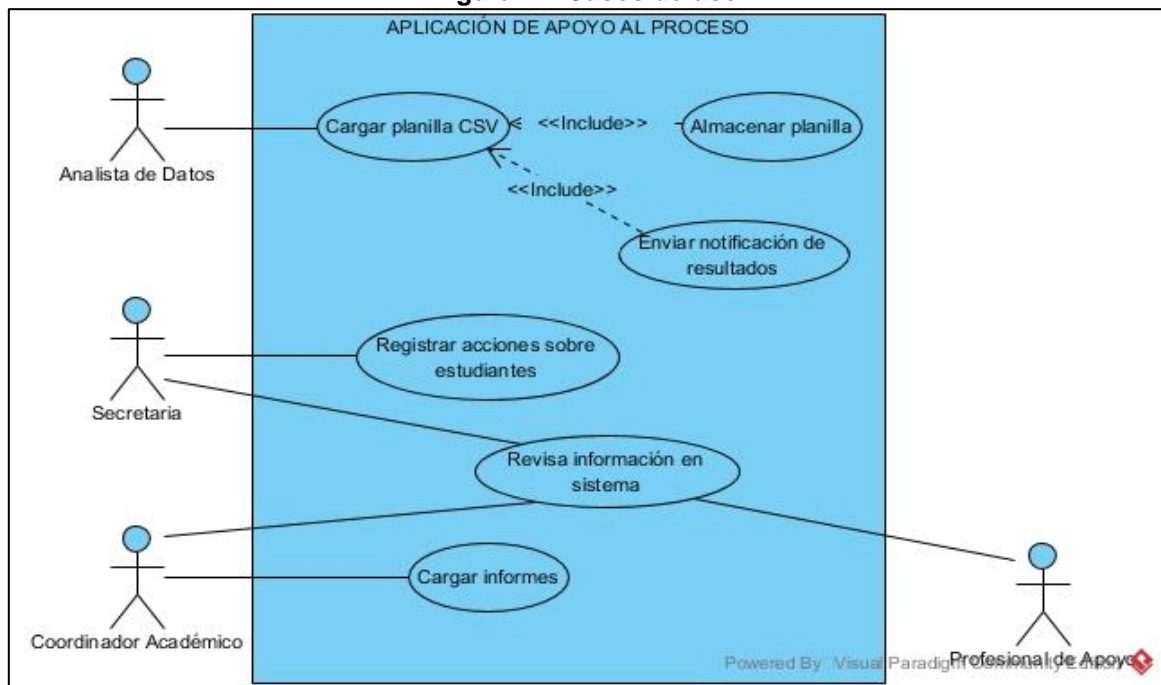
6.3.1 Casos de Uso

Los casos de uso especifican la comunicación y el comportamiento de los usuarios y el sistema. En el caso particular de la aplicación de apoyo al proceso, se distinguen como usuarios al *analista de datos*, *secretarias*, *coordinadores académicos* y el *profesional de apoyo*.

El analista de datos es el único que puede cargar planillas en formato CSV con los resultados del análisis de datos a la aplicación de apoyo, y el sistema automáticamente procederá a almacenarlas en el servidor y enviar notificaciones a quienes corresponda. En cambio, la opción de revisar información en el sistema recae tanto en las secretarias como en las coordinaciones y profesional de apoyo.

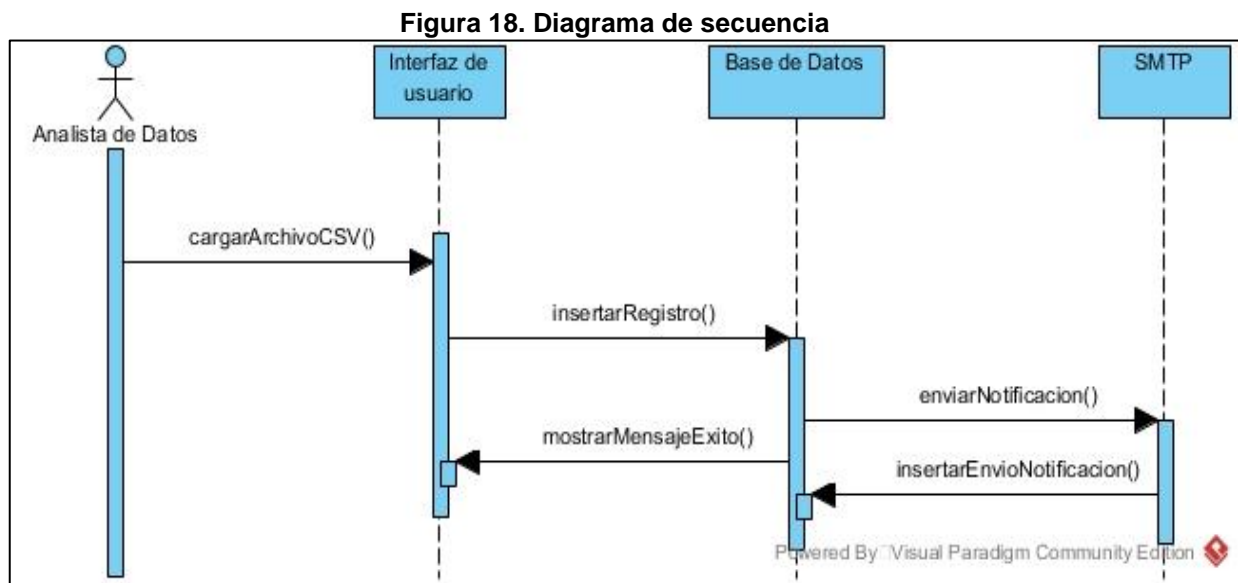
El registro de las acciones que se han realizado sobre cada uno de los estudiantes corresponde a las secretarias de cada programa de estudio, y la carga de los informes en los coordinadores académicos.

Figura 17. Casos de uso



6.3.2 Diagramas de Secuencia

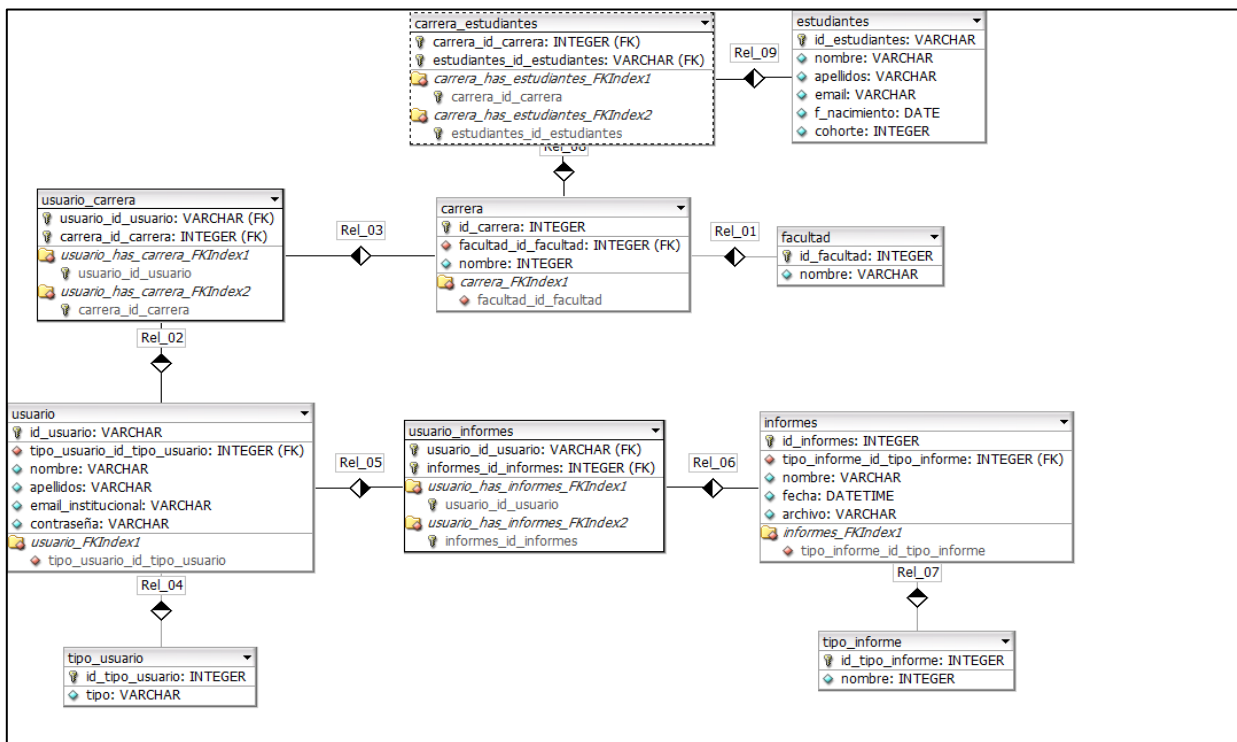
Los diagramas de secuencia permiten visualizar la interacción que existe entre un grupo de objetos en un sistema a través del tiempo. Dentro de las funcionalidades clave del sistema está la carga de los resultados obtenidos del modelo predictivo, la cual es realizada por el analista de datos. El sistema, de manera automática, almacena una copia del archivo cargado y envía una notificación vía email a los involucrados mediante el servidor SMTP institucional.



6.3.3 Modelo Relacional

El modelo relacional contiene la estructura necesaria para dar respuesta a la lógica del sistema. Permite registrar los usuarios que tendrán acceso al sistema y las funciones asociadas a su cuenta, permite almacenar los informes cargados al servidor, determinar su tipo y asociarlos a la carrera que pertenecen. En el análisis de datos solo está presente el identificador de cada estudiante (rut), así que es necesario que en la aplicación de apoyo se cuente con el resto de la información necesaria para identificar a cada estudiante (nombre, apellido, email, entre otros). El modelo de datos permite la inserción de dicha información. Además, es importante señalar que la estructura de datos fue diseñada pensando en que a futuro el sistema deje de ser un piloto inmerso en una sola facultad y se pueda implementar en los otros 5 restantes.

Figura 19. Modelo relacional aplicación de apoyo



6.4 PROTOTIPO FUNCIONAL DESARROLLADO

El prototipo desarrollado no contempla todas las funciones descritas en los apartados anteriores. A la fecha solamente cuenta con el sistema de *logueo* y la visualización de informes cargados en el sistema y del archivo CSV generado en Rapidminer, el cual es cargado por el analista de datos.

La aplicación, al estar desarrollada sobre el framework Django, permite el desarrollo del resto de las funcionalidades de una manera rápida y sencilla, pues Django trabaja bajo el esquema MVC (modelo – vista – controlador)

Figura 20. Página vista informes - prototipo funcional

The screenshot shows a web browser window with the URL `172.31.3.166/informes`. The page title is "Gestión Trayectoria" and it includes a "WELCOME" banner. The header contains the UAH logo (Universidad Alberto Hurtado) and the system name "SISTEMA DE APOYO GESTIÓN TRAYECTORIA CURRICULAR". The user is logged in as "Admin" and can navigate to "VER SITIO", "CAMBIAR PASSWORD", or "LOG OUT".

The main content area is titled "Informes" and shows a filter for "MARZO 2018". A table displays the following data:

CARRERA	Análisis temprano	Trayectoria curricular
Ingeniería Comercial	ver	ver
Contador Público Auditor	ver	ver
Gestión de Información	ver	ver

Below the table, there is a section for "ANÁLISIS TEMPRANO < Ingeniería Comercial >" with three options: "Descargar/Ver en PDF" (with a PDF icon), "Descargar/Ver CSV" (with a CSV icon), and "Ver online" (with a pie chart icon). A link ">> Ver detalle por alumno" is also present.

La opción Descargar PDF permite descargar los datos sin que éstos se puedan editar. La descarga de los datos en formato CSV permite que éstos puedan ser trabajados en planillas Excel, mientras que la opción de visualización en línea permite ver la información directamente en el sistema, pudiendo trabajar los datos con las otras funcionalidades del sistema, como ver las acciones recomendadas sobre los estudiantes con riesgo de deserción.

CAPÍTULO 7: GESTIÓN DEL CAMBIO

Uno de los riesgos detectados en la formulación del proyecto radica en la resistencia al cambio por parte de los involucrados. En este capítulo se aborda esta problemática y la creación de un plan para gestionar los efectos generados por la implementación del nuevo proceso.

7.1 CONTEXTO DE LA ORGANIZACIÓN

La Universidad Alberto Hurtado es una organización con 20 años de existencia, por lo que se podría considerar que es una universidad 'joven'. Pese a lo anterior, posee una cultura organizacional consolidada, pues toma elementos de la organización que la fundó, la Compañía de Jesús. En ese sentido, la universidad se define a sí misma como una universidad de carácter social centrada en las Ciencias Sociales, Humanidades, Educación y Filosofía.

El sello social de la universidad, característica heredada de la Compañía de Jesús, ha generado que en la actualidad la universidad sea, desde un punto de vista del estudiantado, diversa. Además, es interesante de destacar el acelerado crecimiento que ha tenido la universidad respecto a la cantidad de programas de estudio que imparte, pasando de 7 al momento de su fundación a 35 carreras en la actualidad. Lamentablemente, este rápido crecimiento no se ha reflejado en todas las áreas que conforman la universidad, pues el espacio físico e infraestructura han ido creciendo más lentamente, siendo hoy uno de los aspectos por mejorar. Otro aspecto para considerar relacionado al rápido crecimiento de la universidad radica en la no formalización de los procesos, lo que se refleja en la inexistencia de manuales de procedimientos, planes de contingencia y, en algunos casos, descripciones de cargo.

7.2 OBSERVACIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN A REALIZAR

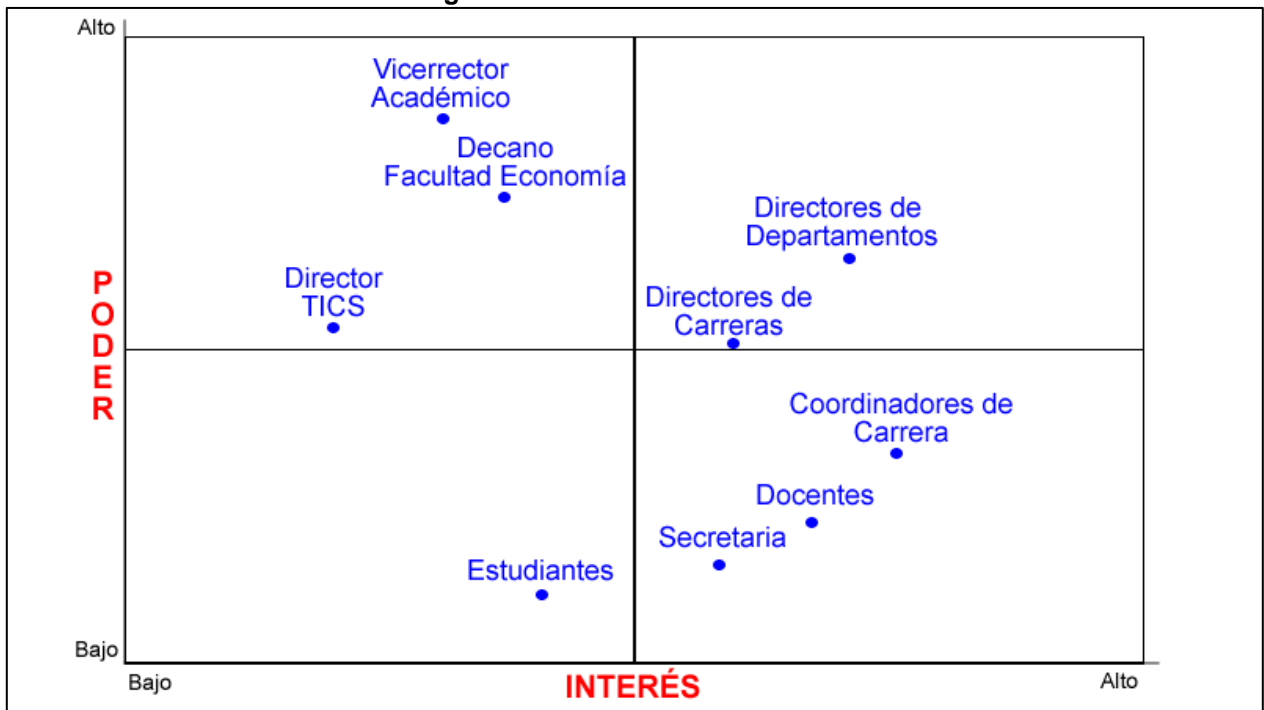
El proceso por implementar estará inserto a modo de piloto en la Facultad de Economía y Negocios, conformada por 3 programas de estudio: *Ingeniería Comercial*, *Contador Público Auditor* y *Gestión de Información, Bibliotecología y Archivística*. Los involucrados en el proyecto se pueden clasificar de la siguiente manera:

- *Directivos*: Conformado por 9 directivos (Vicerrector Académico, Decano Facultad, Director de TICs, Director de Admisión y Registro Académico, Director de Departamento de Economía, Director de Departamento de Gestión y Negocios, Directores de los 3 programas de estudio)

- *Profesionales y administrativos*: Conformado por profesionales y técnicos de diversas áreas que se desempeñan como Coordinadores de Carrera y secretarías de directivos y programas de estudio.
- *Docentes*: Conformado por 35 docentes de planta y aproximadamente 60 docentes hora.
- *Estudiantes*: Conformado por cerca de 450 estudiantes activos de los tres programas de estudio.

Al iniciar las conversaciones relativas al proyecto con los involucrados, éstos presentaron distintos niveles de interés, por lo que fue necesario clasificarlos para así determinar cuáles son sus intereses y preocupaciones. El nivel de poder está sujeto al cargo ostentado. En base a lo anterior se confeccionó la siguiente matriz, la cual servirá de base para determinar los factores críticos de éxito del proyecto, así como la o las estrategias de gestión del cambio.

Figura 21. Matriz de involucrados



ALTO PODER – ALTO INTERÉS

Tanto los Directores de Departamentos como los de Carreras cuentan con una alta cuota de poder en la toma de decisiones o, al menos, poder para influenciar en instancias superiores de la universidad. A ese hecho, se le suma un interés manifiesto en la realización del proyecto, pues el poder implementar un proceso de gestión de la trayectoria curricular no solo puede afectar positivamente en la disminución de la

deserción universitaria, sino que, en un futuro próximo en otros indicadores asociados, tales como titulación oportuna, avance de malla, etc.

ALTO PODER – BAJO INTERÉS

Otras instancias de poder en la universidad son el Vicerrector Académico, de quien dependen todos los programas de estudio, el Decano de la Facultad de Economía y Negocios, el Director de Admisión y Registro Académico, y el director del Departamento de Tecnologías de Información. El bajo nivel de interés en el proyecto se explica principalmente a que, debido a sus funciones, su mirada de la organización está en temas más transversales a la universidad, como la reacreditación institucional, permanencia en el sistema de gratuidad, entre otras.

ALTO INTERÉS – BAJO PODER

En este grupo se encuentran aquellos que desempeñan actividades más operativas que de gestión. Su alto interés en el proyecto se puede explicar a la cercana y constante relación con los estudiantes, pudiendo observar que la falta de un proceso que se dedique a la gestión de la trayectoria curricular podría mejorar varios aspectos. En contraparte, al ser cargos más operativos, se carece de una alta cuota de poder que implique un beneficio directo en la realización del proyecto.

BAJO PODER – BAJO INTERÉS

En este segmento de la matriz se encuentran los estudiantes. Ellos serán uno de los beneficiarios directos de la implantación del nuevo proceso, pero básicamente por desinformación presentan un bajo nivel de interés en él. Además, su cuota de poder en la toma de decisiones en la universidad es baja, teniendo básicamente voz por medio de los centros de estudiantes y/o federación.

7.3 ANÁLISIS DE INVOLUCRADOS

Cada uno de los tipos de involucrados del proyecto presenta un nivel distinto de interés, preocupación, resistencia y/o resultado esperado del proyecto. Esto implica que se debe analizar la situación de cada uno de ellos por separado:

Vicerrector Académico: En un inicio presentó, debido a sus funciones, un nivel muy bajo de integración con el proyecto. Fue necesaria su participación debido a que se requería de su autorización para poder acceder y usar los datos necesarios para

analizar la deserción de los estudiantes. Su principal inquietud fue el mantener la confidencialidad de los datos personales de los estudiantes.

Decano Facultad de Economía y Negocios: Su grado de involucramiento con el proyecto ha sido bajo. Al comienzo del proyecto se le notificó verbalmente de la intención de realizarlo y en qué consistía, dejando la realización de este en manos del Director de Departamento de Gestión y Negocios.

Director TICs: Presentó un nivel medio-alto de resistencia al proyecto. Principalmente debido a que se requería por parte de su unidad la extracción inicial de los datos desde los diversos sistemas de información. Además, se le informó que el proyecto requeriría a futuro de nuevas extracciones de datos y que sería necesario el desarrollo de un nuevo sistema que sirviera de apoyo al proceso. Surgió entonces la resistencia al proyecto argumentando que la unidad no tenía experiencia en la tecnología propuesta como herramienta de apoyo y que implicaría tener que, de alguna manera, realizar tareas adicionales para la extracción de datos.

Director de Admisión y Registro Académico: La mayoría de los datos necesarios para el análisis de la deserción se encuentran alojados en sistemas relativos a la admisión y matrícula. Esto hizo necesario el solicitar esos datos al 'dueño' de esos procesos, quien manifestó, al igual que el Vicerrector, su preocupación de no hacer públicos los datos personales de los estudiantes.

Directores de Departamento: Interés en crear y formalizar el proceso con miras de cubrir otras necesidades respecto al estudiantado, tales como disminuir la tasa de reprobación, aumentar la titulación, mejorar promedios, entre otros. Además, manifestaron que el proyecto sería útil para probar o experimentar el uso de análisis de datos con técnicas de Data Mining, ya que de ser exitoso se podría aplicar en otras áreas de la Facultad.

Directores de Carrera: Manifestaron tener una buena disposición respecto a la realización del proyecto, facilitando las reuniones iniciales para definir el alcance de este. Su principal preocupación fue que el proceso a implementar no fuera demasiado complejo (desde un punto de vista del recurso humano), mientras que sus expectativas estaban centradas en mejorar los indicadores asociados a la trayectoria curricular.

Coordinadores Académicos: Su principal preocupación fue el no modificar en demasía la forma de trabajar (relacionarse) con los estudiantes y no aumentar las cargas de trabajo de las personas que tuvieran que intervenir en el nuevo proceso. Respecto a las expectativas, manifestaron que lo ideal hubiese sido enfocar el proyecto con una mirada más amplia, incluyendo la titulación oportuna.

Docentes: Su grado de involucramiento en el proyecto, en un inicio, fue más bien bajo. Siendo entes a los cuales comentar la idea y alcance de proyecto con fines de afinarlo y aterrizarlo. En ese contexto, manifestaron interés en su realización, esperando entender las variables que han estado influyendo en la deserción y, sobre todo, deseando que con el nuevo proceso se puedan mejorar y/o crear instancias que permitan ir en apoyo a la menor reprobación o mejorar la titulación. Manifestaron altas expectativas en los resultados del proyecto, pero también declararon el deseo de no tener que emplear nuevos sistemas principalmente a que ya deben usar varios sistemas para realizar las funciones docentes.

Secretarias: Sin participación directa en la formulación, desarrollo e implementación del proyecto, por lo que su grado de involucramiento fue bajo. Sin embargo, al ser el principal contacto con los estudiantes tuvieron un papel importante a la hora de empezar a diseñar el proceso, por lo que su grado de involucramiento aumentó. Su principal preocupación fue el no aumento de la carga de trabajo, pero manifestaron su interés debido a que busca el apoyo directo a los alumnos que presentan más problemas.

Estudiantes: Beneficiarios directos del proyecto. La fase inicial no contó con su presencia debido principalmente a que todo el diseño se hizo en base al análisis de datos históricos y procesos vigentes. Solamente en la etapa final se procedió a comunicarles la existencia de este. En la actualidad los estudiantes de la Facultad se congregan en torno a los centros de estudiantes, y en 2 de las 3 carreras no se contaba con esa instancia, por lo que solo unos pocos fueron informados, no demostrando mayor grado de interés.

7.4 FACTORES CRÍTICOS DE ÉXITO

En base al análisis anterior, se procedió a agrupar los intereses, expectativas, preocupaciones y resistencias en torno al proyecto. El éxito del proyecto pasa,

primero, por identificarlos como factores críticos para luego elaborar una estrategia para cada uno.

- **Intereses:** Dentro de los intereses se pudo detectar el entender o conocer las variables que han afectado históricamente la deserción en la universidad. Además, se manifestó como interés la necesidad de formalizar procesos, y que el nuevo proceso no fuera muy complejo en términos del recurso humano a emplear. Por último, el proyecto fue de interés por realizar análisis de datos históricos, lo que podría generar más instancias de este tipo.
- **Expectativas:** Generar un proceso que sea capaz de influir en varios aspectos sobre los estudiantes, tales como: deserción, titulación oportuna, reprobación, entre otros.
- **Preocupaciones:** La principal preocupación detectada radica en la creencia de que la realización del proyecto implicaría un aumento en la carga de trabajo. La segunda preocupación estaba relacionada con la divulgación de los datos personales de los estudiantes. En menor medida, otra preocupación detectada implicaba no tener que emplear nuevos sistemas debido a que ya estaban ocupando varios.
- **Resistencias:** Para el Director de TICs el trabajar con tecnologías que hasta el momento de la implementación del proceso eran nuevas para la universidad (Python o Django), lo que se tradujo en un tener que adquirir conocimientos y competencias.

7.5 ESTRATEGIAS PARA LA GESTIÓN DEL CAMBIO

Para gestionar satisfactoriamente el cambio que la realización del proyecto generó en la Facultad, se optó por diseñar pequeñas estrategias para cada factor detectado en el punto anterior.

Tabla 4. Estrategias para la Gestión del Cambio

		ACCIÓN
INTERESES	Identificar variables que inciden en la deserción	Se incluyó como parte del alcance del proyecto entregar un listado con las variables que han influido en la deserción. Además, el proceso incluye ir agregando nuevas variables para ir afinando las predicciones en futuros años.

	Formalizar procesos	El proyecto incluye, como entregable, los diagramas y documentación del nuevo proceso. Además se incorporó una actividad de socialización de este con los involucrados
	Diseñar proceso simple	Se realizaron reuniones con los involucrados que tienen contacto más directo con los estudiantes (secretarías, coordinadores y docentes) y se diseñó la base del proceso en conjunto.
	Generar otros procesos con análisis de datos	Al inicio del proyecto se realizaron reuniones con las autoridades interesadas en el proyecto, definiendo que una vez implementado el proceso se estudiará la factibilidad de ampliarlo para abarcar otros aspectos asociados a los estudiantes (titulación oportuna y tasa de reprobación)
EXPECTATIVAS	Nuevo proceso influya en otros aspectos más allá de la deserción	Se definió que el alcance del proyecto no contempla nada más que la deserción, pero que a futuro se podrán incluir otros aspectos.
PREOCUPACIONES	Aumento en la carga de trabajo	Se explicó a los interesados que el nuevo proceso conlleva nuevas actividades por realizar, pero que al paso del tiempo uno de los beneficios será que se normalizará el trato con los estudiantes, realizando actividades por grupos de estudiantes.
	Divulgación de datos personales de los estudiantes	Se definió con los involucrados interesados en este punto que para el análisis no se utilizarán los datos personales (nombre, apellidos) de los estudiantes, y el rut se remplazará por un código aleatorio. Solamente en la aplicación de apoyo al proceso se podrá ver a que rut corresponde ese código.
	Uso de nuevos sistemas	En este punto se explicó que ninguno de los sistemas actuales es capaz de dar apoyo al nuevo proceso, por lo que necesariamente se debía incorporar uno nuevo.

RESISTENCIAS	Trabajar con tecnologías nuevas (no usadas) en la universidad	Se definió en conjunto con Director de TICs que el desarrollo del sistema no recaería sobre su unidad. Además, en una primera etapa la herramienta de apoyo no se integrará con otros sistemas (se realizarán cargas por medio de archivos CSV). Las mantenciones al sistema tampoco recaerán sobre ellos, por lo que el uso de esta tecnología no repercutirá directamente. Además se señaló que les servirá para testear dicha tecnología y así determinar si a futuro es viable realizar otros proyectos con ella.
---------------------	---	---

CAPÍTULO 8: EVALUACIÓN DEL PROYECTO

En la presente sección se aborda el impacto del proyecto en base a si genera o no valor para los usuarios y su factibilidad de realización en base a una evaluación privada.

8.1 PLAN PILOTO / ANÁLISIS RETROSPECTIVO

Para determinar si se generará valor con el proyecto se procedió a realizar un análisis retrospectivo de datos, los cuales fueron entregados por la Dirección de Admisión y Registro Académico (DARA) de la universidad. Los datos proporcionados corresponden únicamente a los estudiantes de la Facultad de Economía y Negocios entre el período 2012-2017.

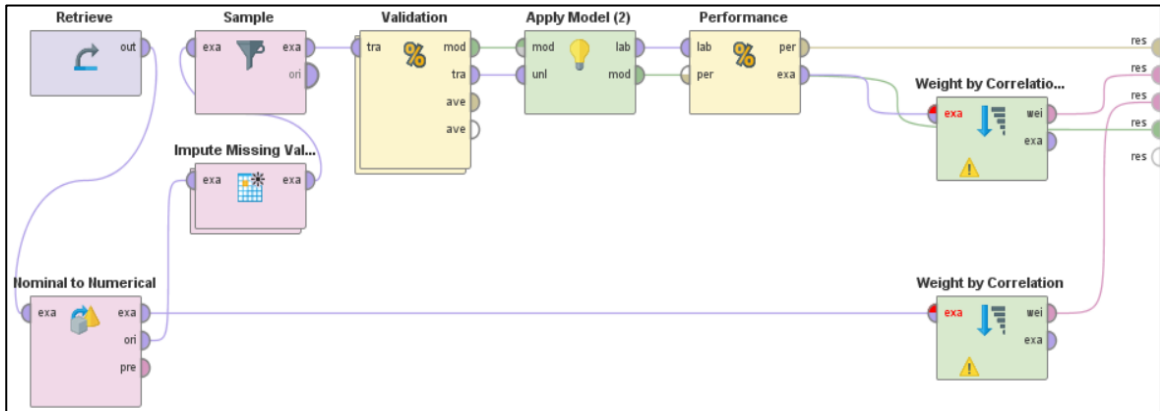
8.1.1 Definición del Plan Piloto / Presentación de datos

Para realizar el plan piloto se confeccionaron dos datasets. El primero destinado a confeccionar un modelo de detección temprana de deserción en base a la información que provee el DEMRE: *comuna, región, género, nacionalidad, año egreso enseñanza media, NEM, puntajes pruebas lenguaje, matemáticas, historia, ciencias y puntaje ponderado, y preferencia de postulación*

El segundo dataset incluye datos generados en la universidad: *cohorte, código carrera, créditos aprobados y reprobados, avance de malla, promedios simple y ponderado, morosidad y becas.*

Para realizar un modelo más acabado respecto a la deserción. Además, se diseñaron procesos empleando los siguientes modelos: *Support Vector Machine, Árbol de Decisión, Random Forest* y *Regresión Logística*. Estos modelos se probaron cada uno con ambos datasets, y se procedió a comparar su performance en base a una matriz de confusión.

Figura 22. Diseño Árbol de Decisión.



8.1.2 Resultados Obtenidos

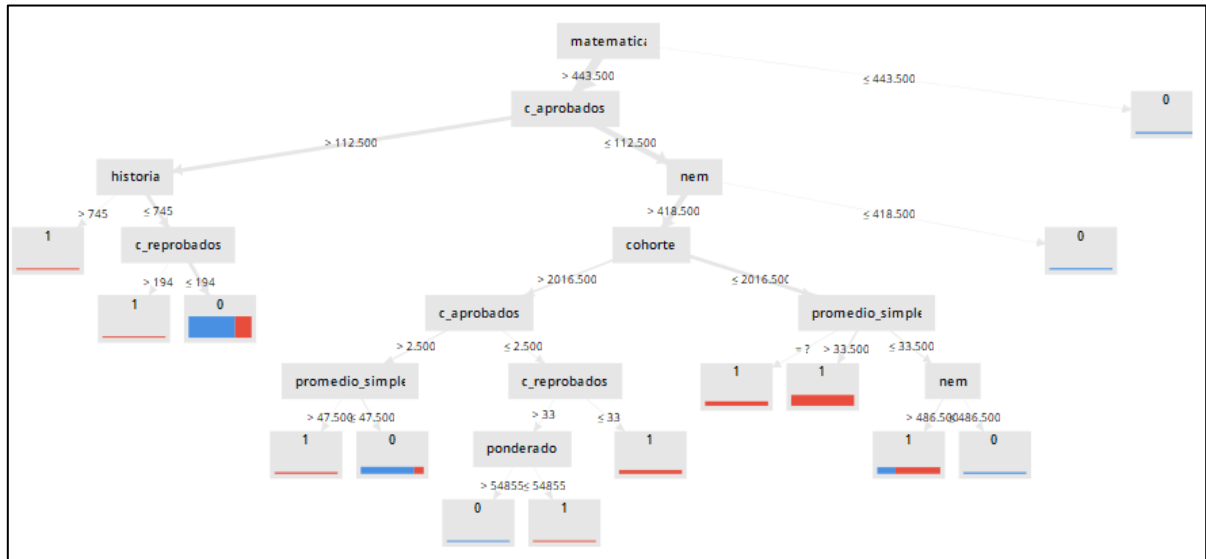
Después de analizar los resultados se determinó que el modelo que presentó una mejor performance fue el *Árbol de Decisión*, tanto para el análisis temprano como para el análisis más acabado. El modelo presentó un accuracy de 85.02% y F-measure de 85.66%, siendo capaz de predecir la deserción en un 77.92% de los casos (ver resultados de los otros modelos en Anexos)

Figura 23. Matriz de Confusión - Árbol de Decisión

accuracy: 85.02%			
	true 0	true 1	class precision
pred. 0	124	34	78.48%
pred. 1	9	120	93.02%
class recall	93.23%	77.92%	

Respecto a las variables que tienen mayor influencia en la deserción, se pueden mencionar en orden de impacto: *créditos aprobados*, *cohorte*, *avance de malla*, *preferencia de postulación* y *promedio ponderado*. El análisis del *Árbol de Decisión* arroja que el núcleo de los estudiantes que han desertado de la universidad presentó un bajo puntaje en la PSU de matemáticas, bajo rendimiento en cuanto a créditos aprobados y en su promedio de notas (tanto en la enseñanza media como en la universidad). Reflejando que la deserción en la Facultad se explica principalmente por temas académicos.

Figura 24. Árbol de Decisión



En base a lo anterior, se puede concluir que el modelo propuesto si generará valor para la universidad, pues es capaz de predecir futuras deserciones y determinar las variables que están influyendo en ella.

8.2 DEFINICIÓN DE BENEFICIOS Y COSTOS

INGRESOS:

Para efectos del proyecto se considerarán como ingresos o beneficios el pago de los aranceles que se percibirán por parte de los estudiantes que no desertaron gracias al mismo (disminución de la deserción). Según datos internos de la universidad, se conoce que la tasa de deserción actual es de un 18%, equivalente a 828 estudiantes al año. El objetivo del proyecto es lograr reducir el porcentaje de deserción de los estudiantes. El siguiente análisis costo-beneficio considera la reducción de solo un 1% (8 estudiantes). Es importante señalar que los ingresos serán acumulativos, ya que cada año se deberán considerar los 'alumnos retenidos' nuevos, más los retenidos en los años anteriores:

Tabla 5. Retención de estudiantes (por año de proyecto)

AÑO	CANTIDAD
1	8
2	16
3	24
4	32
5	40

Considerando que el arancel promedio durante el año 2018 es de \$2.800.000, los ingresos se distribuirán de la siguiente manera:

Tabla 6. Ingresos por retención (por año de proyecto)

AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
\$ 22.400.000	\$ 44.800.000	\$ 67.200.000	\$ 89.600.000	\$ 112.000.000

A partir del año 5 de proyecto los ingresos deberían 'estabilizarse', pues se considera la máxima retención acumulada. Solo el ser más eficiente con las medidas para la retención de alumnos podría mejorar ese indicador.

Los costos asociados a cada período del flujo tienen relación con la cantidad de horas de trabajo que el personal destinará al proyecto (costo-oportunidad de los recursos):

- **Analista de Datos:** Debe analizar los datos y generar informes de resultados para así determinar los estudiantes que podrían desertar de la universidad. El tiempo destinado al proyecto es de 32 horas mensuales (176 horas anuales)

- **Secretarias:** Se considera el trabajo de 3 secretarias, las cuales destinarán 20 horas mensuales de trabajo para hacer seguimiento de los estudiantes.
- **Soporte TI:** Se considera el trabajo de un técnico que dará soporte/mantenimiento al servidor de producción y al de respaldo, empleando un total de 5 horas mensuales (55 horas anuales).
- **Profesional proyecto:** Profesional con dedicación exclusiva al proyecto (el cual se tendría que contratar). Será el encargado de proponer y monitorear las actividades orientadas a disminuir la deserción, en base a la información generada por el sistema de apoyo.

Tabla 7. Costos del proyecto

COSTOS					
#	STAFF	Q	HH	VALOR HH	TOTAL
1	Analista de Datos	1	176	\$ 13.125	\$ 4.620.000
2	Secretarias	3	220	\$ 4.063	\$ 2.681.580
3	Soporte TI	1	55	\$ 10.000	\$ 550.000
4	Profesional de apoyo	1	1.760	\$ 13.125	\$ 23.100.000
					\$ 30.951.580

Las HH se consideran en base a un total de 1760 horas de trabajo al año. Esto debido a que la jornada laboral es de 40 horas semanales, y se trabaja 11 meses al año universitario (marzo a enero).

No se contempla el costo de licencias de software ya que se utilizarán aplicaciones opensource.

8.3 FLUJO DE CAJA

Tabla 8. Flujo de caja del proyecto
FLUJO DE CAJA PRIVADO - Gestión Curricular UAH

	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
(+) Ingresos por venta		\$ 22.400.000	\$ 44.800.000	\$ 67.200.000	\$ 89.600.000	\$ 112.000.000
(-) Gastos de Administración y Ventas		\$ 30.951.580	\$ 30.951.580	\$ 30.951.580	\$ 30.951.580	\$ 30.951.580
(-) Depreciación		\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
(=) Resultado Operacional (A)		-\$ 8.551.580	\$ 13.848.420	\$ 36.248.420	\$ 58.648.420	\$ 81.048.420
(-) Impuesto		\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
(=) Utilidad Después de Impuestos		-\$ 8.551.580	\$ 13.848.420	\$ 36.248.420	\$ 58.648.420	\$ 81.048.420
(+) Depreciación		\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
(=) Flujo Operacional		-\$ 8.551.580	\$ 13.848.420	\$ 36.248.420	\$ 58.648.420	\$ 81.048.420
(-) Inversión Fija	\$ 8.500.000					
(=) Flujo de Capitales	-\$ 8.500.000					
(=) Flujo de Caja Privado	-\$ 8.500.000	-\$ 8.551.580	\$ 13.848.420	\$ 36.248.420	\$ 58.648.420	\$ 81.048.420

VAN Privado (r = 15% anual)	\$ 92.196.976
-----------------------------	---------------

TIR	107%
-----	------

En la construcción del flujo de caja no se consideró el pago de impuestos por ser universidad (ver Ley 13.713). Bajo ese contexto no es necesario calcular depreciación de activos, pues no hay impuestos que rebajar.

Para calcular el VAN se empleó una tasa de descuento del 15% (no considera inflación), pues es la tasa indicada por la Analista de Proyectos, dependiente de la recién conformada Dirección de Control de Gestión, para todos los proyectos de la Universidad. De esta manera queda de manifiesto que, al realizar una evaluación privada del proyecto, éste es conveniente de realizar.

8.4 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

La realización del proyecto se encuentra enmarcada en el mercado de la Educación Superior, específicamente en el de las universidades. Bajo ese contexto, y a pesar de estar en medio de una reforma, las variables a considerar poseen un bajo nivel de incertidumbre y/o riesgo. Esto debido a que los principales costos e inversión no sufrirán grandes variaciones en el tiempo. Lo mismo ocurre con los ingresos o beneficios (en cuanto al valor de los aranceles). Sin embargo, hay una variable que podría cambiar o ser distinta a la que se utilizó a la hora de realizar la evaluación privada: el porcentaje de disminución en la deserción, que es justamente lo que busca 'optimizar' el proyecto.

Para determinar el riesgo de esta variable en el proyecto se realizó una comparación de los VAN resultantes al ir disminuyendo la cantidad de estudiantes que no desertarán de la universidad. Para la evaluación privada se realizó el cálculo basándose en la disminución de un 1% de los alumnos que desertan cada año, equivalente a 8 estudiantes. En el análisis de sensibilidad se fue reduciendo esta cantidad de a un estudiante, arrojando los siguientes resultados:

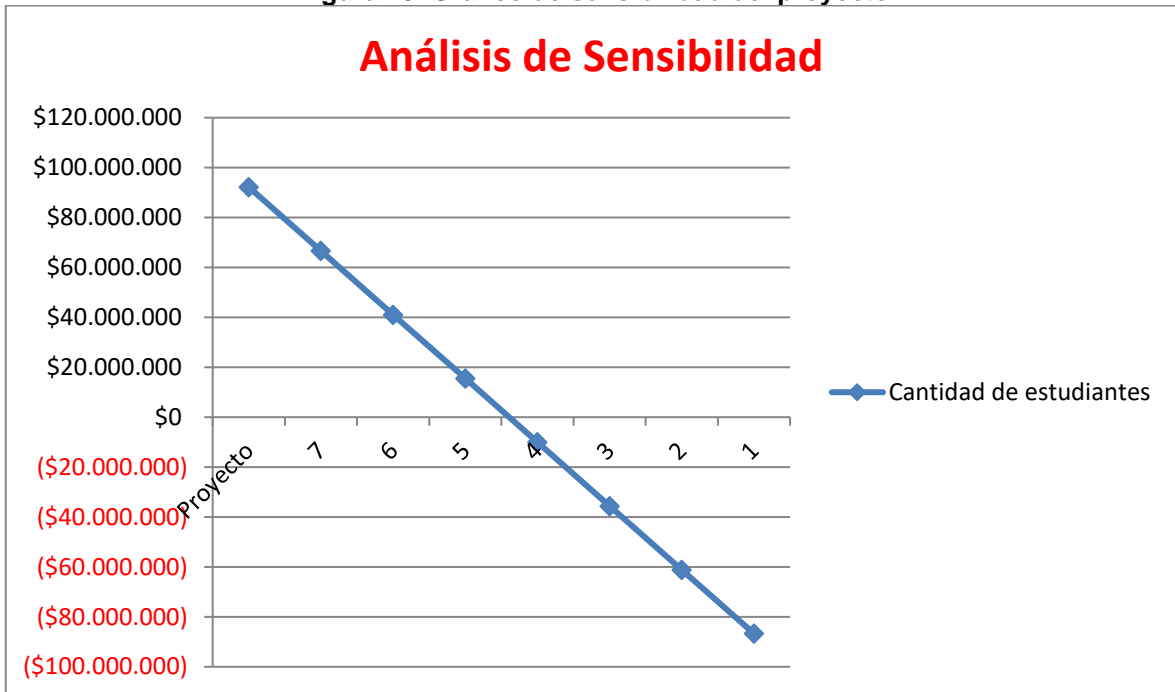
Tabla 9. Análisis de sensibilidad

SITUACIÓN	VAN
Proyecto	\$ 92.196.976
7 estudiantes	\$ 66.640.542
6 estudiantes	\$ 41.084.108
5 estudiantes	\$ 15.527.674
4 estudiantes	-\$ 10.028.760
3 estudiantes	-\$ 35.585.194
2 estudiantes	-\$ 61.141.628
1 estudiante	-\$ 86.698.063

El VAN del proyecto contempla la retención de 8 estudiantes de los que potencialmente podrían desertar. Luego se calculó el VAN de los escenarios donde ese número fuese disminuyendo paulatinamente y se puede apreciar que el proyecto sigue siendo conveniente incluso hasta con la retención de 5 estudiantes por año (menos del 1% de mejora del indicador).

Ante este escenario se puede observar que el proyecto tiene un bajo nivel de riesgo, y que el potenciar la retención de estudiantes que tengan un perfil que demuestre que podrían desertar es, desde un punto de vista económico, rentable.

Figura 25. Gráfico de sensibilidad del proyecto



CAPÍTULO 9: CONCLUSIONES

Las conclusiones del trabajo se presentan en 3 áreas: proceso, análisis de datos, y trabajos futuros.

9.1 PROCESO PROPUESTO

El proceso propuesto tuvo su génesis en base al análisis de la institución bajo la 'mirada' de los macroprocesos, lo cual permitió determinar los factores críticos de la organización y determinar qué problemas a solucionar tendrían impacto en la organización. La metodología de Ingeniería de Negocios en cuanto a la arquitectura de procesos permitió tener una mirada global de la organización y analizarla desde un punto de vista estratégico, de modelo de negocios y de procesos. Fue justamente ese análisis el que permitió determinar una falta de formalización en los procesos de la universidad, dejando un amplio espectro de posibles proyectos por realizar. La decisión de abordar la gestión de la trayectoria curricular de los estudiantes con fines de disminuir la deserción se obtuvo principalmente a que está ubicada en la principal cadena de valor, generando impacto en la universidad.

Para poder diseñar el proceso fue necesario documentarse respecto a técnicas de minería de datos y deserción estudiantil. Producto de lo anterior se determinó que la mejor alternativa de diseño del proceso consistía en dividirlo en 3 etapas: análisis de detección temprana (con datos enviados por DEMRE), gestión de trayectoria curricular y mejoras al modelo predictivo.

Aspectos importantes relacionados al proyecto tienen relación con determinar la o las tecnologías necesarias que den soporte al nuevo proceso, para ello fue importante el análisis de la organización brindado por la metodología de Ingeniería de Negocios, la cual permitió determinar la 'realidad' de la organización y desarrollar un proceso realista a la UAH. La gestión del cambio también fue un tema a considerar, pues al proponer la implementación de un nuevo proceso se produjo un cierto nivel de resistencia en actores clave. La generación de propuestas para cada uno de ellos fue relevante para conseguir avanzar en la propuesta del proceso.

9.2 RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE DATOS

Desde el punto de vista de los resultados del análisis de datos, es importante señalar la importancia del trabajo previo al análisis de los datos. Los resultados de los

primeros modelos no fueron exitosos debido, en gran medida, a problemas con los datos. Se hizo necesario trabajar el set de datos eliminando duplicados y valores fuera de rango, imputando valores faltantes, generar nuevas variables y sobre todo balancear los datos a la hora de ejecutar los modelos. Configurar hiperparámetros en cada modelo e ir cambiando el porcentaje de datos a utilizar en los sets de entrenamiento y prueba también fueron acciones relevantes para llegar a resultados óptimos.

Se compararon los mejores resultados de cada uno de los modelos mediante sus respectivas tablas de confusión, especialmente el indicador de accuracy y por medio del F-measure. El mejor resultado, tanto para el análisis temprano como para el análisis de trayectoria curricular se obtuvo con árboles de decisión. Es importante de señalar que las variables incluidas en el set de trayectoria curricular (promedios, créditos aprobados/reprobados, avance de malla, entre otros) son relevantes en el análisis, pues mejoraron considerablemente los resultados obtenidos.

En base al árbol de decisión que mostró mejores resultados se obtuvo que la mayor cantidad de casos de deserción de estudiantes en la Facultad de Economía y Negocios se presentó en los estudiantes que obtuvieron un puntaje igual o menor a 443.5 puntos en la PSU de Matemática y menos de 418.5 puntos NEM (equivalente a un promedio 5,0 en enseñanza media). También se detectó que el año 2016 hubo un aumento en la deserción, lo que se podría explicar a que en ese año la universidad se vio enfrentada a una extensa movilización estudiantil que paralizó las clases por un período de casi 2 meses. La cantidad de créditos aprobados y el promedio también son variables que influyeron en la deserción de estudiantes, arrojando que el factor académico es el más relevante en la deserción, muy por sobre los factores socioeconómicos. Debido a lo anterior las acciones a ejecutar sobre los estudiantes con riesgo de deserción son, en su mayoría, de índole académica: asignación de tutores (alumnos de años superiores con buenas calificaciones), realización de cursos de nivelación, reforzamientos y/o ayudantías específicas para este grupo de estudiantes, entre otras.

9.3 TRABAJOS FUTUROS

El proceso propuesto empleando análisis de datos permitió visibilizar los beneficios de realizar gestión y toma de decisiones de una forma distinta a la que se ha empleado hasta ahora en la universidad. Es por ello que se detectaron, al menos, las siguientes iniciativas por realizar en los años futuros:

- **Implementación del proceso propuesto en las otras facultades:** El análisis del set de datos de los estudiantes de la Facultad de Economía y Negocios arrojó resultados positivos, detectando variables que han influido en la deserción en los últimos años y creando un modelo predictivo que servirá de base para el proceso de gestión de trayectoria curricular. En base a este resultado satisfactorio, y con la experiencia adquirida en este piloto es posible poder replicar el trabajo realizado en las otras 5 facultades para, de esta manera, estandarizar la forma de trabajo entre ellas y ofrecer a todos los estudiantes de la universidad acciones que les permitan disminuir el riesgo de desertar.
- **Ampliar el alcance del proceso:** El proceso propuesto aborda solamente la gestión de trayectoria curricular con el objetivo de determinar las variables que influyen en la deserción y en planificar/desarrollar acciones para disminuirlas. Sin embargo, es posible realizar modificaciones al proceso con la finalidad de incluir acciones que tengan impacto en otros aspectos de la trayectoria curricular de los estudiantes, tales como: mejorar rendimiento académico, disminuir tasas de reprobación, aumentar tasa de titulación oportuna, entre otras.
- **Desarrollar nuevas capacidades:** Actualmente la universidad no cuenta con las capacidades para realizar análisis de datos de forma sistemática para mejorar u optimizar su gestión y apoyar/facilitar la toma de decisiones. Realizar este proyecto permitió detectar que la universidad no cuenta con personas con el conocimiento y/o experiencia en Data Mining; los sistemas de información poseen nula capacidad de integración entre ellos, haciendo más compleja la tarea de consolidar los datos; la Dirección de TICs no cuenta con personal dedicado a la extracción de datos, lo que adiciona otra problemática para generar el set de datos; no se cuenta con una herramienta tecnológica para el análisis de datos, para efectos del presente trabajo se empleó la versión gratuita de RapidMiner, la cual tiene una restricción de análisis de 10.000 registros. Solucionar los elementos antes mencionados requiere que la universidad defina que la forma de 'hacer gestión' se apoye en el análisis de datos e invierta en: capacitar o contratar personas con los conocimientos requeridos, invertir en la integración de sistemas y adquirir un sistema de análisis de datos que permita trabajar con grandes volúmenes de información.

BIBLIOGRAFÍA

Barros V, O. (2008). Diseño Integrado de Negocios, Procesos y Aplicaciones TI. Santiago, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Departamento de Ingeniería Industrial.

Carmona, L. (2016). Gestión para disminuir deserción en Centro de Formación Técnica ENAC. Universidad de Chile

Daza Vergaray, Alfredo (2017). Data mining. Barcelona: Marcombo.

Díaz Peralta, C. (2008). Modelo conceptual para la deserción estudiantil universitaria chilena. En Estudios pedagógicos, Volumen 34(2), 65-86.

Eckert, Karina B., & Suénaga Roberto (2015). Análisis de deserción-permanencia de estudiantes universitarios utilizando técnica de clasificación en minería de datos. En Formación Universitaria, Volumen 8(5), 3-12.

Formia, S., Lanzarini, L., & Hasperué, W. (2013). Caracterización de la deserción universitaria en la UNRN utilizando Minería de Datos. Un caso de estudio. En Revista Iberoamericana de Educación en Tecnología y Tecnología en Educación, Número 13, 92-98.

Hax, A. C., & Wilde, D. L. (1999). The delta model: adaptive management for a changing world. Sloan Management Review, 40(2), 11

Hernández, José (2004). Introducción a la minería de datos. Madrid: Pearson Educación.

Lavados M., Hugo (2016). Cambios de las universidades en los últimos 35 años: el aporte de las universidades privadas. En Serie Creación Documento de trabajo, No. 1

Olave-Arias, G., Rojas-García, I., & Cisneros-Estupiñán, M. (2013). Deserción universitaria y alfabetización académica. En Educación y Educadores, Volumen 16(3), 455-471.

Saldaña Villa, M., & Barriga, O. A. (2010). Adaptación del modelo de deserción universitaria de Tinto a la Universidad Católica de la Santísima Concepción, Chile. En Revista de Ciencias Sociales, Volumen 16(4), 616-628.

Serrano, M. (2017). Diseño de una estrategia para disminuir las deserciones tempranas de los estudiantes del pregrado de la Universidad de Chile. Universidad de Chile.

Tinto, V. (1975). Dropout from higher education: A theoretical synthesis of recent research. Review of educational research, 45(1), 89-125.

Tinto, V. (1989). Definir la deserción: una cuestión de perspectiva. *Revista de educación superior*, 71(18), 1-9.

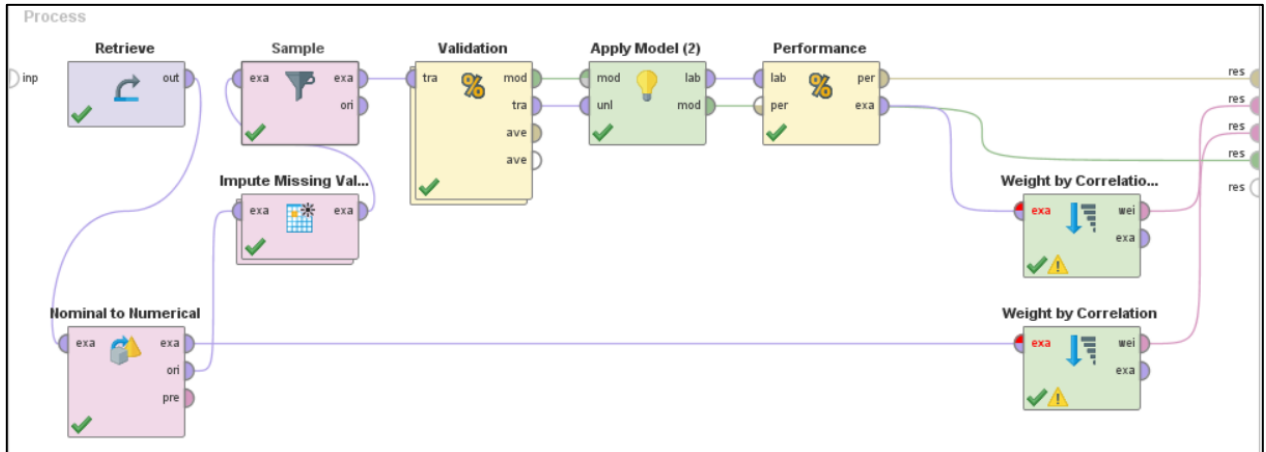
Universidad Alberto Hurtado (2017). *Planificación estratégica institucional*. Santiago, Chile.

Universidad Alberto Hurtado (2017). *Memoria anual 2017*. Santiago, Chile.

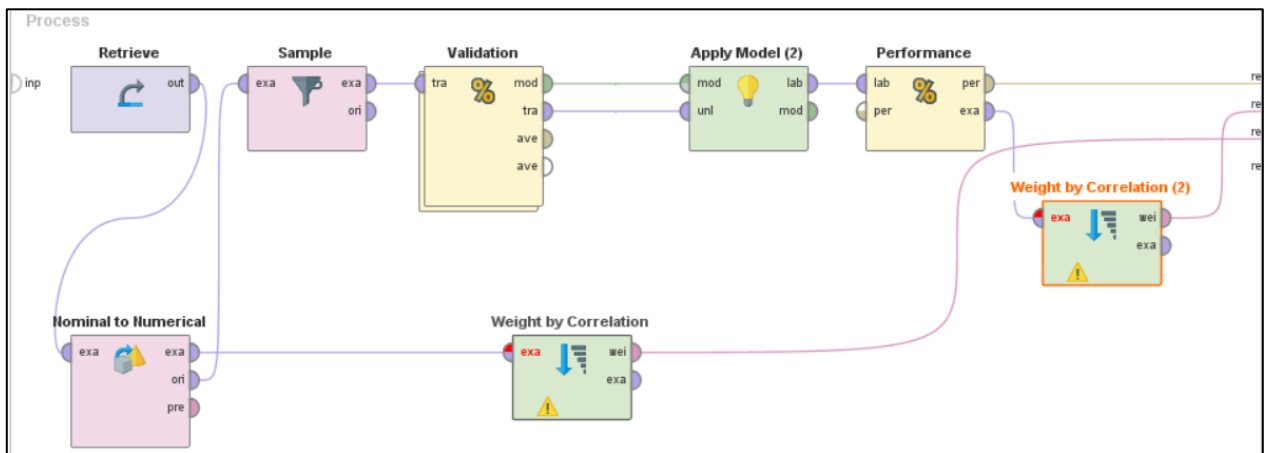
Zhonglin, Tang (2012). Application of Data Mining in University Research Management System. En *2012 Fourth International Conference on Computational and Information Sciences*, 761-763.

ANEXOS

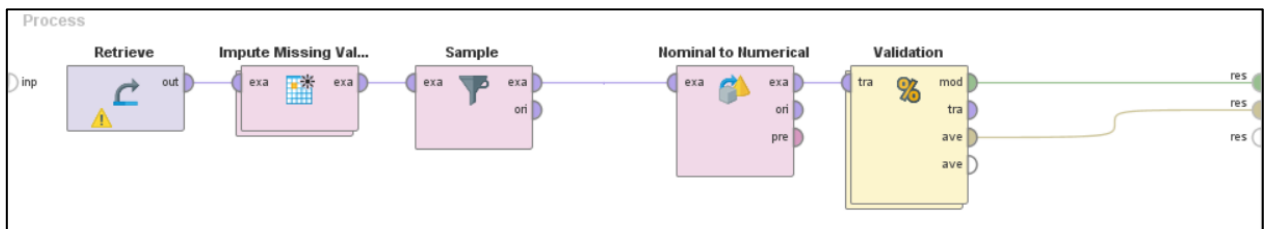
Modelos:



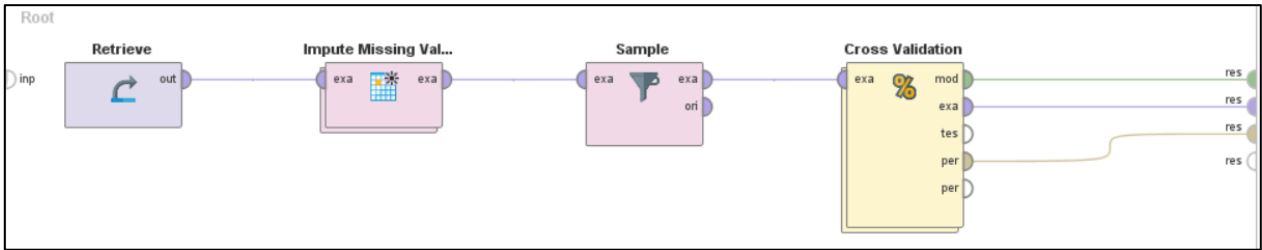
Árbol de Decisión



Random Forest



Support Vector Machine



Regresión Logística

Resultados:

accuracy: 85.02%

	true 0	true 1	class precision
pred. 0	124	34	78.48%
pred. 1	9	120	93.02%
class recall	93.23%	77.92%	

Matriz de confusión – Árbol de Decisión

accuracy: 70.73%

	true 0	true 1	class precision
pred. 0	82	33	71.30%
pred. 1	51	121	70.35%
class recall	61.65%	78.57%	

Matriz de confusión – Árbol de Decisión análisis temprano

accuracy: 72.13%

	true 0	true 1	class precision
pred. 0	90	37	70.87%
pred. 1	43	117	73.12%
class recall	67.67%	75.97%	

Matriz de confusión – Random Forest

accuracy: 63.07%

	true 0	true 1	class precision
pred. 0	52	25	67.53%
pred. 1	81	129	61.43%
class recall	39.10%	83.77%	

Matriz de confusión – Random Forest análisis temprano

accuracy: 69.34% +/- 46.11% (mikro: 69.34%)

	true 0	true 1	class precision
pred. 0	90	45	66.67%
pred. 1	43	109	71.71%
class recall	67.67%	70.78%	

Matriz de confusión – Regresión Logística

accuracy: 57.13% +/- 3.61% (mikro: 57.14%)

	true 0	true 1	class precision
pred. 0	57	47	54.81%
pred. 1	76	107	58.47%
class recall	42.86%	69.48%	

Matriz de confusión – Regresión Logística análisis temprano

accuracy: 61.40%

	true 0	true 1	class precision
pred. 0	12	11	52.17%
pred. 1	11	23	67.65%
class recall	52.17%	67.65%	

Matriz de confusión – Support Vector Machine

accuracy: 47.37%

	true 0	true 1	class precision
pred. 0	8	10	44.44%
pred. 1	20	19	48.72%
class recall	28.57%	65.52%	

Matriz de confusión – Support Vector Machine análisis temprano