



Universidad del Desarrollo
Facultad de Ingeniería

PROPUESTA DE MODELO DE COMPORTAMIENTO ACADÉMICO ESTUDIANTIL PARA LA EDUCACIÓN SUPERIOR

JUAN FRANCISCO ARREDONDO AMIGO - GERMÁN ANTONIO TORO GONZÁLEZ

PROFESORES GUÍA: HÉCTOR VALDÉS GONZÁLEZ, PhD
OSVALDO BENAVENTE, MIIS

PROYECTO DE GRADO PRESENTADO A LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA
UNIVERSIDAD DEL DESARROLLO PARA OPTAR AL GRADO ACADÉMICO DE
MAGÍSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL Y DE SISTEMAS

SANTIAGO – CHILE
2020



Universidad del Desarrollo
Facultad de Ingeniería

PROPUESTA DE MODELO DE COMPORTAMIENTO ACADÉMICO ESTUDIANTIL PARA LA EDUCACIÓN SUPERIOR

POR: JUAN FRANCISCO ARREDONDO AMIGO
GERMÁN ANTONIO TORO GONZÁLEZ

Proyecto de Grado presentado a la Comisión integrada por los profesores:

PROFESORES GUIA: HÉCTOR VALDÉS GONZÁLEZ, PhD y
OSVALDO BENAVENTE MIIS

PROFESOR INTEGRANTE 1: LORENZO REYES BOZO, PHD

PROFESOR INTEGRANTE 2: JOSÉ LUIS SALAZAR, PHD

Para completar las exigencias del Grado de Magíster en Ingeniería Industrial y de Sistemas.

Diciembre, 2020
Santiago, Chile

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

Por medio de la presente, declaramos que el trabajo titulado: **PROPUESTA DE MODELO DE COMPORTAMIENTO ACADÉMICO ESTUDIANTIL PARA LA EDUCACIÓN SUPERIOR**, que se presentó a la Universidad del Desarrollo de Chile, es de nuestra autoría y no ha sido publicado previamente, ni está siendo considerado para publicación bajo otra filiación. En igual sentido, declaramos que el trabajo de tesis y su contenido, son originales y que todos los datos y referencias a trabajos ya publicados con anterioridad han sido debidamente identificados, referenciados o citados en el documento, y que estas citas han sido incluidas en las referencias bibliográficas. Afirmamos, asimismo, que los materiales presentados no se encuentran protegidos por derechos de autor; y en caso de que así lo estuvieran, me hago responsable de cualquier litigio o reclamo relacionado con la violación de derechos de propiedad intelectual, exonerando de toda responsabilidad a la Universidad del Desarrollo de Chile.

Finalmente, nos comprometemos a no someter este trabajo (o parte de este), a consideración en ninguna revista o congreso para publicación sin contar con la aprobación y haber pasado el debido proceso de revisión en Universidad del Desarrollo. En caso de que un artículo sea aprobado para su publicación, autorizo a la Universidad del Desarrollo a incluir dicho artículo en sus revistas, y a reproducirlo, editarlo, distribuirlo, exhibirlo y comunicarlo en el país y en el extranjero, por medios impresos, electrónicos, Internet o cualquier otro medio, para propósitos científicos y sin fines de lucro.

Juan Francisco Arredondo Amigo

Firma

Germán Antonio Toro González

Firma

*A mis hijos Vicente y Josefina, que junto a mi esposa Francisca son el estímulo para ser
cada día mejor.*

*A mis Padres Ximena y Rolando que con su ejemplo, orientación y cariño me han
mostrado el camino y dado fuerzas para avanzar sin perder el norte.*

*A los que sin conocerlos me ayudan a diario con sus acciones a construir un mundo
mejor que ayer.*

Juan Francisco Arredondo Amigo 2020

*Este documento va dedicado a todos quienes hicieron
posible completar este Magister, especialmente ha
mis Padres, Señora y a mi hijo quienes me
apoyaron desde un inicio y en su totalidad,
sacrificando su tiempo y compañía en
beneficio de mis estudios y
exitoso término de este grado,
anhelo personal de
hace mucho tiempo.*

Germán Antonio Toro González 2020

AGRADECIMIENTOS

Ante todo, quisiera agradecer a Germán por aceptarme como socio en este proyecto y recoger mis puntos de vistas y opiniones, aun cuando mi ámbito de desarrollo profesional ha sido en un área distinta a la suya. Su buena disposición a incorporar visiones diferente y fomentar el diálogo constructivo hicieron posible llevar a buen puerto el desarrollo de esta tesis. De igual forma debo resaltar el gran aporte que ha sido la formación entregada en el marco del Magister en Ingeniería Industrial y Sistemas, que permitió tener un lenguaje común para abordar los análisis y búsquedas de respuestas, aplicando las herramientas, conocimientos y experiencias profesionales entregadas por nuestros profesores y compañeros en las aulas de clases y “coffee break’s”. En particular agradezco a nuestro profesor guía que nos ayudó en la contextualización y formalización teórica de esta propuesta, ya que sin su orientación profesional y académica hubiese sido imposible arribar a un buen resultado. Agradezco también a mis compañeros de estudio y trabajo, quienes escucharon nuestras propuestas y mediante la discusión, muchas veces apasionada nos ayudaron a pulir y mejorar nuestra línea de análisis, así como arribar a conclusiones que fueran un real aporte.

Por último, doy las gracias a mi familia, ya que son ellos quien inspiran la búsqueda de un mundo más humano, donde la educación, la economía, la innovación y los desarrollos tecnológicos estén al servicio de las personas. Logrando mejorar nuestra sociedad en equidad y dignidad de todos quienes formamos parte de ella. Solo al pensar en las personas que más queremos, podemos tomar decisiones realmente sustentables en el tiempo, la mujer que amo me hace pensar en que todos necesitamos tiempos adecuados en extensión y de calidad para ser feliz. Mis hijos permiten que pensemos en el mañana como algo real, donde debe haber todo lo necesario para ser feliz, y mis padres me recuerdan que el mundo no comenzó conmigo y que fueron ellos y sus propios padres quienes me han regalado todo cuanto tengo y uso para ser feliz. *Juan Francisco Arredondo Amigo 2020*

AGRADECIMIENTOS

En primera instancia quisiera dar mis más sinceros agradecimientos a quienes hicieron posible la estadía aún más llevadera en la Universidad, considerando la dedicación y tiempo invertido en ella. Estas personas son mis compañeros de Magister, tanto del MIIS como del MAGS, especialmente a Juan Francisco (mi compañero de Tesis), Mathias, Leonardo, Leandro y Carlitos. Además, agradecer a la Universidad del Desarrollo (UDD), particularmente a sus Docentes quienes siempre estuvieron disponibles para consultas y profundización de conocimientos, a Paulina García, nuestra Coordinadora de Magister y, por supuesto, a nuestro guía Héctor Valdés, quien con su estilo, carisma y absoluto conocimiento aportó con su experiencia y apoyo incondicional para un feliz término.

Agradezco también a mi empleador, Fundación Instituto Profesional DUOC UC, quien permitió mi participación en este Magister en tiempo laboral con todo el apoyo a disposición. De manera especial, agradezco a mi Sede en la cual me desempeño como Director de las Carreras de Informática, especialmente a la Dirección de Sede, Subdirecciones, otros Directores de Carreras y, por cierto, a todo mi equipo de trabajo, quienes de manera absolutamente transparente y desinteresada me apoyaron de distintas maneras para participar en clases, sobre todo en aquellos días laborales.

Por último, quisiera agradecer a quienes son mi pilar fundamental. En primera instancia, agradecer a mis Padres, Juan (Q.E.P.D) y Zulema, quienes con el esfuerzo de toda su vida nos entregaron, junto con mi hermano, no tan solo valores y lecciones de vida, sino que también tener la posibilidad y acceso a la educación superior. Gracias a esta formación he logrado seguir escalando en lo académico llegando a esta instancia; sin sus desvelos y sacrificios, sin duda que la historia de mi vida sería otra y, por cierto, no estaría escribiendo estas líneas. Finalmente, agradecer a quienes sacrificaron su tiempo para cumplir con las clases y trabajos, como lo fue Paz y mi

motivación diaria mi hijo Maximiliano. Además, agradecer a quien hoy es mi punto de inspiración y tenacidad; Ángela, gracias por tu amor, apoyo incondicional y ayudar a levantarme cuando estoy caído. El camino de este Magister no tan solo ha significado invertir en lo económico, que sin duda no es menor, sino que la inversión de tiempo que uno como directo involucrado es sustancial... “a este Magister se matriculó uno, pero estudiamos muchos...” ¡Este Grado es de ustedes y para ustedes!

Germán Antonio Toro González 2020

PROPUESTA DE MODELO DE COMPORTAMIENTO ACADÉMICO ESTUDIANTIL PARA LA EDUCACIÓN SUPERIOR

Juan Francisco Arredondo Amigo - Germán Antonio Toro González
Bajo la supervisión de los profesores Héctor Valdés González, PhD y Osvaldo Benavente MIIS, en la Universidad del Desarrollo de Chile

Resumen

Este trabajo presenta una propuesta de modelo predictivo de comportamiento académico que ayuda a la gestión de procesos de una institución de educación superior, permitiendo alinear las acciones estratégicas y los indicadores de aseguramiento de la calidad. El objetivo de esta investigación es desarrollar un modelo cuantitativo que unifique y relacione la información existente para alumnos y procesos de gestión, permitiendo la predicción desde patrones representados en la información y que pueda ser implementado como base para un Sistema inteligente. Para lograrlo se propone una aproximación mixta basada en estadística descriptiva histórica y complementada con juicio experto, donde se consideran datos de la institución disponibles a través de su sistema informático de planificación de recursos empresariales, de los años 2015 a 2017, de todas las carreras profesionales en una de sus sedes. Los resultados demuestran factores de criticidad en torno al 25% de asignaturas en los planes curriculares, principalmente sobre asignaturas, que posee mayor relevancia, dependiendo de la naturaleza de la carrera y el grado de influencia que pueda tener en el progreso académico del alumno lo cual permitió confeccionar un modelo a modo de propuesta. En síntesis, y gracias a las relaciones propuestas, es posible planificar y gestionar la estrategia entorno acciones preventivas en los semestres académicos que corresponda, además, de ir alimentando la base de información para asegurar los procesos de calidad académica. **Palabras claves:** Modelo predictivo; Rendimiento Estudiantil; Gestión de procesos; Modelos estratégicos; Indicadores de desempeño.

ÍNDICE GENERAL

1	INTRODUCCIÓN	11
1.1	CUANTIFICACIÓN DEL COMPORTAMIENTO ACADÉMICO DE ESTUDIANTES.....	13
1.2	BREVE DISCUSIÓN DE LA LITERATURA	13
1.3	CONTRIBUCIÓN DEL TRABAJO	17
1.4	OBJETIVO GENERAL.....	18
1.4.1	<i>Objetivos específicos</i>	18
1.5	PROPUESTA METODOLÓGICA	18
1.6	DATOS SOBRE LOS QUE SE EFECTUARÁ EL ESTUDIO	23
1.7	ENTORNO.....	24
1.8	ORGANIZACIÓN Y PRESENTACIÓN DE ESTE TRABAJO.....	25
2	PRESENTACIÓN DEL PROBLEMA Y METODOLOGÍA	
	SELECCIONADA	27
2.1	PRESENTACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA DEL PROYECTO	27
2.2	METODOLOGÍA SELECCIONADA.....	29
2.2.1	<i>Metodología de trabajo</i>	30
2.2.2	<i>Análisis estadísticos descriptivo</i>	32
2.2.3	<i>Clasificación cualitativa</i>	32
2.2.4	<i>Modelación esquemática propuesta</i>	32
2.2.5	<i>Modelo integrador elegido</i>	32
2.3	CONCLUSIÓN Y ANÁLISIS DEL CAPÍTULO.....	34
3	RESULTADOS.....	35
3.1	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	39
3.2	PROPUESTA DE MODELO	42
3.3	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	47
3.4	CONCLUSIÓN Y ANÁLISIS DEL CAPÍTULO.....	49
4	CONCLUSIONES GENERALES	50
4.1	PROPUESTA PARA TRABAJOS FUTUROS	52
5	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	53
6	ANEXOS.....	56
6.1	INDICADORES IES HISTÓRICOS.	56
6.2	ANÁLISIS PARCIALES DE DATOS DE DESEMPEÑO ACADÉMICOS.	57
6.3	ESTRÉS DE MALLA CONSIDERANDO TODAS LAS ASIGNATURAS DE LAS CARRERAS.....	62
6.4	DIAGRAMA DE ACTIVIDAD COMPLETO RELACIONADO AL MODELO ALGORÍTMICO DE CÁLCULO.	63

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: CRITERIOS DE VULNERABILIDAD.....	22
TABLA 2: MOTIVOS DE DESERCIÓN INSTITUCIONAL 2018.....	23
TABLA 3: SISTEMAS EXISTENTES EN IES.....	28
TABLA 4: REGISTROS ACADÉMICOS AÑOS 2015 A 2017.....	36
TABLA 5: DESEMPEÑO ACADÉMICOS.....	37
TABLA 6: REPROBACIÓN TOTAL AÑOS 2015 A 2017.....	38
TABLA 7: ASIGNATURAS QUE CUMPLEN CRITERIO 1.....	39
TABLA 8: REPROBADOS EN III SEMESTRE.....	41
TABLA 9: ASIGNATURAS SEGÚN CRITERIO VULNERABILIDAD.....	42
TABLA 10: EVOLUCIÓN DESERCIÓN ANUAL.....	56
TABLA 11: DURACIÓN AÑOS DE ESTUDIOS.....	56
TABLA 12: ASIGNATURAS QUE TIENE MÁS DE 20% DE REPROBACIÓN.....	57
TABLA 13: REGISTROS ACADÉMICOS POR ASIGNATURA.....	57

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: DESCRIPCIÓN DE PATRONES CRÍTICOS Y SUS CONSECUENCIAS ACADÉMICAS.	20
FIGURA 2: ESQUEMA ASOCIADO A LA SITUACIÓN ACTUAL DE CÓMO SE ACCEDA A LA INFORMACIÓN.	30
FIGURA 3: SECUENCIA LÓGICA DE MANEJO DE INFORMACIÓN COMO PARTE DEL PROCESO DEL MODELO.	31
FIGURA 4: DIAGRAMA DE CONFECCIÓN DE MODELO PREDICTIVO DE MACHINE LEARNING.	33
FIGURA 5: RELACIÓN DE LA SOLUCIÓN PLANTEADA CON EFECTO EN EL NEGOCIO	34
FIGURA 6: SECUENCIA DE FASES DE INVESTIGACIÓN	35
FIGURA 7: ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA PORCENTAJE REPROBACIÓN TOTAL	37
FIGURA 8: IDENTIFICACIÓN DE ALUMNOS, SEMESTRES Y ASIGNATURAS CRÍTICAS.	45
FIGURA 9: CÁLCULO ANTECEDENTE ACADÉMICOS.	46
FIGURA 10: CÁLCULO ANTECEDENTES OTRAS ÁREAS.	46
FIGURA 11: RESULTADO FINAL	47

1 INTRODUCCIÓN

El éxito de una institución de educación superior puede ser evaluado de diversas maneras según los criterios de los rankings nacionales o internacionales, tomando diferentes combinaciones o escalas entre indicadores objetivos y subjetivos, con foco en los insumos que reciben y los productos resultantes de su gestión institucional. (Ganga-Contreras et al, 2020).

Si bien los recientes cambios normativos en el ámbito de la educación superior, como la ley N°21.091 sobre educación superior chilena, que incorpora nuevos desafíos a las instituciones no universitarias en cuanto a extender su ámbito de acción más allá de solamente la docencia. (Guevara-Pezoa, 2020) así como la adaptación forzosa a una nueva realidad impuesta por la pandemia Covid-19, hacen necesario buscar formas de innovar para poder establecer estrategias y herramientas de gestión que vayan en ayuda de los estudiantes. Así para lograr una gestión adecuada, las instituciones de educación superior deben de disponer de modelos que permitan comprender el comportamiento académico de los actores claves de las instituciones, para ayudar en la gestión de procesos, permitiendo alinear las acciones estratégicas y los indicadores de aseguramiento de la calidad conforme a la regulación vigente

Lo anterior conforma un escenario que se puede considerar como una oportunidad para dar un salto de calidad en el fortalecimiento de la educación superior, así como de la industria 4.0 (Darma et al, 2020).

Sin embargo, es la capacidad de lograr que los estudiantes pasen de sus niveles técnicos y educacionales iniciales a estados más avanzados en un periodo definido de tiempo lo más importante a considerar. Una menor deserción o reprobación permite prepararlos para su inserción en el mundo laboral o continuar una formación académica de mayor nivel. Así hoy las instituciones de educación enmarcadas en los procesos de autorregulación y de mejora continua incluyen en

sus compromisos disminuir la deserción de sus alumnos y uno de los motivos es justamente por su rendimiento académico (Vries et al., 2011).

Asimismo, el uso de análisis estadístico con correlación de variables y técnicas de aprendizaje automático se ha utilizado últimamente ampliamente con el fin de la detección temprana de estudiantes en riesgo de reprobación o deserción, para tomar medidas preventivas que puedan mejorar su éxito académico. (Alyahyan y Düştegör, 2020).

En este contexto, se cree que lograr un modelo predictivo que posibilite planificar y gestionar la estrategia institucional entorno a semestres o asignaturas claves, permitiría focalizar los recursos y tiempos tanto de estudiantes como académicos.

En el caso de la institución en estudio se maneja diversos registros académicos, de asistencia, y otros variados aspectos de información de los estudiantes. De los cuales se obtiene información estadística que describe el comportamiento institucional, pero que al ser analizados en forma separada no permite realizar ninguna acción preventiva para retener a los alumnos en situación que lo defina como potencial deserción.

Conociendo lo anterior, y que la información centralizada y consolidada no tan solo permite visualizar la realidad académica de los alumnos, sino que se puede cruzar con otros sistemas existentes (Financiamiento, Asuntos Estudiantiles, Dirección de Procesos Académicos, entre otros) para que la gestión sea mucho más completa, integral y focalizada en la realidad del alumno. En este momento no existe un modelo que permita resolver esta situación; más bien, los sistemas actuales entregan información fidedigna, pero en tiempo posterior que no permite realizar acciones del tipo preventiva, sino más bien absolutamente reactivas.

1.1 Cuantificación del comportamiento académico de estudiantes

El paradigma actual, y contextos educativos invitan al siguiente cuestionamiento de contexto: ¿Cuáles son las variables que permiten el análisis del comportamiento académico estudiantil de una institución de educación superior con base en datos?

En efecto, en el Instituto de Educación Superior, en adelante IES, este cuestionamiento resulta relevante debido a la variedad de perfiles de ingreso de los estudiantes y la necesidad de identificar y dar cuenta de patrones recurrentes que permitan abordar problemáticas propias del estamento, y mejorar la gestión estratégica institucional.

1.2 Breve discusión de la literatura

La pregunta planteada motiva la siguiente discusión de temas con base en literatura de corriente principal.

Efectividad docente. Sistemas informáticos de gestión de calidad: En la actualidad existen algunos sistemas informáticos que apoyan la gestión académica de las instituciones de educación superior. Estos sistemas apoyan aspectos previos a la gestión al alumno, que sin duda es muy importante, y que normalmente se relaciona a la programación académica o mejora en sus planes curriculares. Cuando se habla de sistemas informáticos entendemos que son herramientas diseñadas a medida o, mejor aún, plataformas modulares que se han ido adaptando a la necesidad de la institución. Estas herramientas están estrictamente relacionadas a la gestión académica con claras notas de calidad y eficiencia en su ejecución. Sin embargo y tal como lo demuestran algunos estudios o, mejor aún, algunos ensayos publicados (Rodríguez y Tardo 2018), estos productos apoyan el desarrollo del modelo de autoevaluación y acreditación sin mayor énfasis en el tratamiento de los datos de la comunidad durante su desempeño curricular. Estas herramientas existen tanto en el país como en iniciativas sudamericanas orientadas principalmente a la gestión documental, inscripción de asignaturas, ingreso de notas, entre otros. Lo que

queda pendiente es justamente la consolidación de esta información y la eventual gestión instantánea que se pueda realizar en el momento.

Flexibilidad o diseño curricular: Desde las décadas de los 90s que se está trabajando con aquellos grandes cambios que se dieron en la forma de enseñar en el mundo y que van relacionados justamente con los cambios en la metodología en el aula. Esta reforma involucra directamente a los profesores como elemento central y, muchas veces, responsable de que el alumno vaya adquiriendo ciertas habilidades. Sin embargo, con las nuevas exigencias de mercado y las nuevas generaciones de jóvenes, salir del método tradicional de enseñanza se ha transformado hoy como algo irrenunciable. Este cambio apunta a la innovación en los procesos académicos pensando en que es justamente el docente quien implementa. Sin embargo, existe una brecha importante en lo que es el modelo tradicional y el entregar planes y programas orientados a la necesidad actual lo que requiere una profunda intervención para obtener como resultado una definición cercana a la flexibilidad curricular (Díaz Barriga, López-Ramírez, y López-Banda 2020).

Gestión en la educación: Las investigaciones en gestión educacional, progreso académico y otras variables relevantes se concentran en los requerimientos de aseguramiento de la calidad establecidos por las instituciones competentes. Como lo indica (Stubrin, 2018) la mayoría de los países y agencias en América Latina ha optado por una estrategia para analizar y pronunciarse sobre la calidad universitaria. Sin embargo, enfrentados a los estándares impuestos, los sistemas nacionales deben responder con información relevante que puede inducir una inflexibilidad extrema. Dicho esto, la efectividad educacional, los insumos, los rendimientos, los resultados y los tiempos de gestión podrían escaparse del foco de análisis, lo que entre otros motiva este trabajo de grado desde un foco cuantitativo.

Marco de aseguramiento de calidad en la educación tendencia en Chile: La educación a nivel mundial está sufriendo una fuerte masificación, tanto en sus matrículas anuales como en los procesos de aseguramiento de la calidad. En este aspecto Chile no escapa a esta realidad y tal como lo señala (Brunner, 2005; Rodríguez-Ponce, 2011) nuestro país se encuentra o está experimentando una masificación en las matrículas en la educación superior, con una tasa de crecimiento anual de entre 34% y 50% siendo las instituciones de educación superior privadas la que muestran un mayor crecimiento alcanzando un 55% del total. Este crecimiento está estrechamente relacionado al PIB del país. Sin embargo, este constante crecimiento debe ser equivalente al aseguramiento de la calidad y es por esta razón que tanto Chile como otros países de la región, para reducir el espacio de acción, han instituido un Sistema de aseguramiento de la calidad (SAC).

Acreditación en Chile: En Chile, el organismo rector encargado de asignar las acreditaciones institucionales es la Comisión Nacional de Acreditación (CNA). Esta entidad otorga las certificaciones a los programas de pregrado y posgrado que cumplan con los criterios de acreditación definidos previamente por la CNA. Este proceso es absolutamente voluntario y su objetivo es fomentar y dar garantía de manera pública sobre la calidad de las Instituciones de Educación Superior, tanto como Institución como en sus Programas que, si bien, son complementarios se tramitan de manera independiente. La CNA se enmarca en la Ley 20.129 de Aseguramiento de la Calidad de la Educación Superior promulgada el 23 de octubre del 2006 y actualizada el 01 de abril del 2016.

Modelos existentes en el ámbito de la calidad en la educación. Tendencias en el mundo: Hace varios años y en distintas Universidades, tanto en Latinoamérica como en Europa, se han tratado de avanzar en algún modelo de calidad en procesos o en la enseñanza en educación superior. De esta forma existen distintas iniciativas que apuntan a acciones de mejora tan solo en los procesos; el desarrollo tecnológico y la informática han ayudado a las mejoras en conceptos de calidad y mejora

continúa, lo que demanda mejoras en la organización. Para ello se requiere de personas capacitadas y calificadas para llevar a cabo aquellas actividades necesarias para la mejora en la gestión, alineados con la tendencia en la industria de que es justamente el Recurso Humano (Administrativos y Docentes) como bien fundamental (Fernández, 2016). Incluso, la necesidad de consolidar el trabajo en la Educación superior ha llevado a la intención de unificar criterios en las distintas instituciones de educación para la mejora en los programas de estudios. Sin duda, esta es una posibilidad amplia que requiere no tan solo de temas atingentes de los programas, sino que a toda la comunidad académica involucrada (Acuña, 2012).

Acreditación de las carreras en américa: Los sistemas de acreditación de las carreras en América Latina y el Caribe en la última década han ido paulatinamente sufriendo cambios importantes y por, sobre todo, un enfoque orientado a la calidad de la educación. Estas iniciativas van orientadas principalmente a la implementación de procesos de calidad que, como consecuencia, ha dado la confianza necesaria lo que se traduce positivamente en el aumento de las matrículas a nivel regional, principalmente en la educación técnica profesional privada. Los sistemas actuales de acreditación obedecen al régimen de turno entregando la potestad a las Agencias certificadoras y autónomas, tal como lo que ocurre actualmente en Chile y en la mayoría de los países del cono sur, como también privadas. Por otro lado, se han ido potenciando distintos convenios de colaboración bajo el alero del MERCOSUR que han facilitado justamente el intercambio y las posibilidades de acceder a una educación focalizada en la calidad, como la revisión de los mecanismos de reconocimiento mutuo en los procesos de acreditación (Pires y Lamaitre, 2008).

Máquinas de aprendizaje para la generación de modelos predictivos: La modelación predictiva se entiende como el proceso por el cual, a partir de una muestra de datos analizados estadísticamente, se determinan variables y correlacionadas con las cuales es posible realizar proyecciones futuras del universo muestral en estudio. Para este procedimiento existen diversos métodos que se

pueden utilizar, según las características de los problemas que se desean analizar y predecir, como lo trata Nieto et al 2020.

Deserción estudiantil analizado con métodos de aprendizaje automático: Para disminuir la deserción de estudiantes, es necesario comprender cuáles son las determinantes subyacentes de la deserción y qué estudiantes están en riesgo de abandonar. Lo cual es posible al establecer métodos de detección temprana, que utilizan datos administrativos de los estudiantes y de la universidad. Relacionándolos mediante análisis de regresión, redes neuronales, árboles de decisión y el algoritmo de aprendizaje automático, para identificar las características de los estudiantes que distinguen a los posibles desertores de los graduados. (Berens et al, 2018).

Finalmente, y habiendo revisado las principales contribuciones que aportan o han aportado a la línea de trabajo de este proyecto, es posible indicar que una oportunidad de desarrollo se encuentra en el hecho que no existe, para el caso de IES, información suficiente o certeza, respecto de la disponibilidad de un modelo predictivo que permita cuantificar el desempeño académico de los estudiantes. Lo que autoriza la siguiente como contribución para este proyecto de grado.

1.3 Contribución del trabajo

Luego de revisar las posturas y opiniones de los distintos autores, siendo estas las bases teóricas fundamentales para este estudio, cabe mencionar que la principal motivación para realizarlo ha sido la necesidad de contar con un instrumento que entregue información relevante al momento de la toma de decisiones, basado en patrones de conducta académicos, para prevenir situaciones que en el pasado sólo originaban acciones reactivas, proponiendo un modelo predictivo cuantitativo que ayude a la gestión académica de la institución con foco en calidad. En este sentido, contribuye a la comprensión de las variables que permiten predictivamente cuantificar el progreso académico de cada plan curricular, de cada alumno

incorporado en él y a la mejor gestión estratégica institucional, al detectar patrones de conducta críticos susceptibles de ser abordados y resueltos con la finalidad de realizar acciones que eviten la deserción y el retraso en su programa académico.

1.4 Objetivo general

Desarrollar un modelo conceptual que relacione la información existente para alumnos y procesos de gestión institucional, permitiendo la predicción y detección de patrones de datos que resulten ser críticos para el proceso de formación, y que sean susceptibles de ser abordados y resueltos.

1.4.1 Objetivos específicos

Para obtener una propuesta que se ajuste a las condiciones y elementos disponibles en la actualidad en IES, se estructuró el desarrollo de este proyecto siguiendo la siguiente línea de trabajo; consolidación de información, sistematización e integración para lograr su gestión automatizada futura. Lo cual se puede expresar en los 3 objetivos específicos que se enumeran a continuación.

1. Creación de una base de datos maestra a partir de información histórica de 3 años de los procesos de gestión y avance curricular de los planes de estudio y carreras de la sede San Joaquín de IES.
2. Analizar los datos existentes para identificar patrones de comportamiento académico y variables persistentes en el mismo.
3. Desarrollar un algoritmo de modelo de predicción de patrones de criticidad académica en concordancia al análisis previo.

1.5 Propuesta metodológica

Paradigma de diseño: Luego de delimitado el problema, se ha optado por la utilización de una metodología mixta, principalmente cuantitativa basada en modelos estadísticos descriptivos que buscan detectar patrones que expliquen o

resuman datos, buscando para esto las relaciones entre los mismos, los cuales puedan ser usados posteriormente para la predicción. (Moreira Álvarez, 2020) a la vez que se complementa con una metodología cualitativa al asignar grados de importancia a las variables según los objetivos de la institución en estudio. Se entiende la metodología, como una actividad sistemática orientada a la comprensión vía modelo numérico matemático del fenómeno de comportamiento académico en un Instituto Profesional de Santiago de Chile.

Alcance de análisis y datos: El alcance de esta propuesta de modelo, considera el análisis de 180411 registros de información correspondiente a 5 semestres de los años 2015 a 2017 de la sede San Joaquín de IES. Los cuales se encuentran almacenados en plataformas tecnológicas centrales de la institución. Desde donde fueron extraídos para verificar la existencia de una o varias relaciones entre conceptos o variables, relacionadas con el rendimiento académico. Para lo cual se realizó un análisis de tipo correlacional y descriptivos de los datos. La información analizada, actualmente es utilizada por la institución única y exclusivamente para fines estadísticos, sin la posibilidad de aplicar gestión sobre ella o aplicar alguna toma de decisión basada en su detalle. Por lo tanto, el modelo propuesto permite usar la información almacenada y ponderarla según su nivel de criticidad o umbrales críticos definidos por la institución que se detallan a continuación en la figura 1:

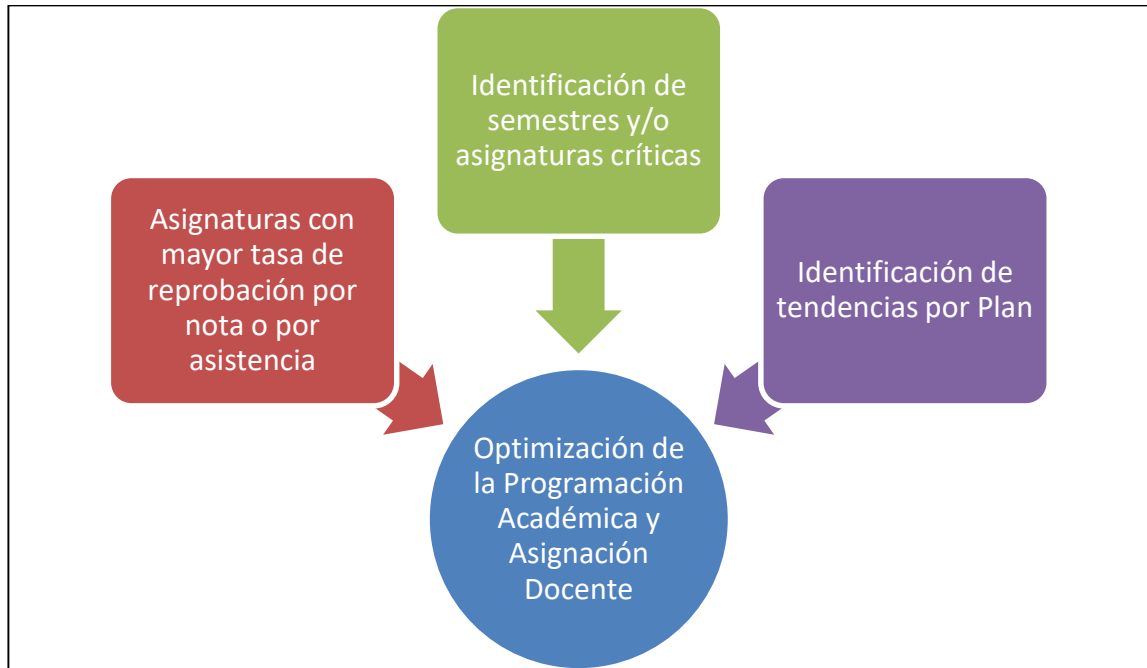


Figura 1: Descripción de patrones críticos y sus consecuencias académicas.

Fuente: Elaboración propia.

Cada uno de estos umbrales o factores críticos fueron considerados como variables que, al momento de la implementación del modelo, sean determinantes para generar líneas de acción en base a la predicción de eventos sobre el rendimiento académico del elemento en estudio, ya sea, un curso, carrera, alumnos, u otros.

Plan de análisis de los datos y establecimiento de variables: Analizado el entorno y manejo de la información que actualmente se tiene, se propone un modelo matemático basado, preliminarmente, en reportes SAP Netweaver los cuales se almacenan los rendimientos académicos de todos los alumnos por semestre y año de sus carreras. Para entender las variables utilizadas es necesario definir los factores críticos de rendimiento:

- RR: Donde se consideran los estudiantes reprobados por rendimiento.
- RI: Donde se consideran los estudiantes reprobados inasistencia.
- RT: Donde se consideran los estudiantes reprobados, sin distinguir razón.

Vista de una manera práctica, podemos determinar la siguiente representación matemática:

$$RR = \sum_n^{x=1} x = \text{(reprobados por notas)}$$

Donde x equivale a la cantidad de alumnos que reprobaron por nota una o más asignaturas del semestre y año.

$$RI = \sum_m^{y=1} y = \text{(reprobados por inasistencia)}$$

Donde y equivale a la cantidad de alumnos que reprobaron una o más asignaturas del semestre y año por no cumplir con el mínimo de asistencia a clases (75% según reglamento académico).

Entonces, tanto x como y se expresan en valores enteros, pero basados en datos reales, se considera el porcentaje de ambos para generar el valor final de alumnos reprobados por asignatura también expresado de manera porcentual, quedando de esta forma:

$$RT = \frac{(RR + RI) * 100}{z}$$

Donde RT se expresa en porcentaje basado en la suma de ambos tipos de reprobados y en donde z es el total de alumnos reprobados en el análisis. Por otro lado, y de manera resumida, se puede implementar la función de la siguiente forma:

$$RT = \sum_m^{y=1} RIy + \sum_{n=1}^{x=1} RRx$$

Establecimiento de grados a variables: Una vez calculados el total de alumnos reprobados, comienza la segunda etapa donde se pasa a determinar la clasificación cualitativa de las asignaturas, según el Nivel de Criticidad (NC) que presentan para cumplir los objetivos institucionales. Así se definieron 3 criterios con base en juicio experto tabla 1, con los cuales se evaluaron las asignaturas si lo cumplen o no, sumando la cantidad de criterios cumplidos se obtiene el NC, de la siguiente forma:

$$NC = \sum_{n=1}^3 c$$

Donde c asume el valor 1 si cumple los criterios definidos y 0 si no los cumple.

Tabla 1: Criterios de vulnerabilidad.
Definición de criterios de vulnerabilidad académica.

Criterio	Definición
1	La asignatura tiene un porcentaje mayor o igual al 20% de alumnos totales reprobados (RT).
2	La asignatura es definida como asignatura clave por la institución.
3	La asignatura produce efecto en el avance en malla curricular, como, por ejemplo, es asignatura pre-requisito de otra o es de malla anterior.

Fuente: Elaboración propia

Integración de dimensiones que definen comportamiento académico:

Considerando que el Comportamiento Académico (CA) de los estudiantes puede ser considerado como una suma de factores o dimensiones que determinan su desempeño o probabilidad de rezago (Neira 2020). Se ha asumido como supuesto de esta investigación que el CA se relaciona a las dimensiones en que la institución clasifica los motivos de deserción en su encuesta a los estudiantes del año 2018, cuyos resultados más relevantes se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2: Motivos de deserción institucional 2018.
Resultados encuesta "Motivos de deserción institucional 2018"

DIMENSIÓN	MOTIVO	%
SALUD	Sentirse emocionalmente inestable para continuar estudiando.	56,5%
FINANCIEROS	Incapacidad de compatibilizar estudios y responsabilidades económicas.	56,1%
FINANCIEROS	Incapacidad de compatibilizar estudios y responsabilidades laborales.	45,2%
PERSONALES	Dificultad para enfocar los estudios debido a problemas familiares que generan un clima hostil en el hogar.	43,6%
FINANCIEROS	Pérdida de beneficios económicos o imposibilidad de pagar los estudios.	38,7%
PERSONALES	Incapacidad de compatibilizar estudios con cuidado de hijos u otras personas o por futura maternidad/paternidad.	33,9%
ACADÉMICO	Alta exigencia en las asignaturas.	30,5%

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de intranet institucional.

Elección de tipo de modelo predictivo: Desde este análisis se propone elaborar una propuesta que sea compatible con la metodología de Modelo Machine Learning (MML) como solución integradora que ayude a la gestión académica de la institución, con foco en calidad. El cual considere el NC, promedio de notas y asistencia a las asignaturas para definir Dimensión Académica (DA), e incluya una propuesta de Dimensión Financiera (DF) y Dimensión Humana (DH) de los estudiantes.

1.6 Datos sobre los que se efectuará el estudio

Se utilizó información histórica académica de 3 años de la institución profesional, cuya base de datos considera más de 180 mil registros. El criterio de selección de cada muestra de caso típico condujo a que se seleccionarán datos provenientes de todos los alumnos separados por asignaturas, carrera y jornada.

El análisis se centró principalmente en el rendimiento académico y asistencia, siendo evaluados por RR y RI respectivamente. Dentro del rendimiento académico sólo se

consideraron las notas finales de aprobación quedando fuera de este análisis preliminar las evaluaciones parciales y los resultados de los exámenes que, dicho sea de paso, no aplica eximición. Todas las asignaturas fueron evaluadas bajo el criterio 1 de vulnerabilidad académica, mientras que se decidió acotar la aplicación de los criterios 2 y 3 a solo una parte de la muestra de datos, por tener más información anexa de esta. Seleccionando como caso de estudio particular las asignaturas de las carreras de Ingeniería en Informática y Analista Programador en las jornadas diurnas y vespertina de la sede ubicada en la comuna de San Joaquín.

Ética: Se procuró la utilización de datos sin identificación del nombre de alumnos, académico, u otro actor relevante, teniendo la autorización de la casa de estudios. Además, al ser información personal de todos los alumnos que cursaron alguna asignatura en los años académicos analizados, se procuró la reserva irrestricta de todo antecedente que vulnere a cualquiera, basándose en el Reglamento académico donde se indica que cualquier información del estudiante concierne única y exclusivamente al estudiante y a nadie más. Considerando la naturaleza de esta investigación, no se intentó, ni implícita ni explícitamente, influir en los resultados académicos, ni cambiar sus características individuales, ni ofrecimiento de beneficio para ser parte de la investigación.

1.7 Entorno

Instituto profesional con más de 100.000 alumnos en Chile, presencia regional, cuyo organigrama obedece a un Consejo Superior y en donde la Institución es encabezada por el Rector de IES es una institución que nació hace 50 años bajo el alero de la Universidad Católica y actualmente cuenta con 16 sedes repartidas en tres regiones. Sus alumnos están distribuidos en 9 Escuelas y 80 carreras entre profesionales y técnicas. IES está posicionada como el Instituto de educación técnico profesional más grande del país y en conjunto con la Universidad Católica entregan la oferta académica más grande la Latinoamérica. Uno de los principales logros

institucionales, y que sin duda es un factor distintivo, es conseguir por segunda vez y de manera consecutiva los 7 Años de Acreditación Institucional, máxima posible según reglamentación nacional vigente.

De manera particular, este modelo estará enfocado en las carreras pertenecientes a la Escuela de Informática y Telecomunicaciones de la sede San Joaquín, la que cuenta con 920 alumnos aproximadamente repartidos en sus dos carreras y jornadas. La Escuela de Informática proyecta un crecimiento de 20 a 30% en sus alumnos, lo que para este proyecto genera una relevancia aún más significativa. Tal como se ha mencionado en esta investigación, la finalidad de la generación de un modelo es que pueda ser aplicado y replicado a cualquier carrera y Escuela lo que hace aún más importante una correcta implementación de este, considerando que en la sede bajo estudio conviven cuatro escuelas y un total aproximado de 6400 alumnos. Si bien cada Escuela tiene sus objetivos, algunos de estos que se verían impactados de manera transversal serían:

- Aumento del progreso académico de los alumnos.
- Disminución de la cantidad de años reales de estudio que tienen los alumnos en sus carreras.
- Disminución de la deserción estudiantil.
- Aumento en la tasa de alumnos titulados.

1.8 Organización y presentación de este trabajo

Capítulo 1: Presenta el marco conceptual del proyecto, contextualizándolo, proponiendo objetivos y discutiendo desde la literatura la pertinencia del foco de la investigación, su contribución y presentando a su vez un marco metodológico para su desarrollo e implementación.

Capítulo 2: Se presenta formalmente la problemática del proyecto y la o las metodologías asociadas.

Capítulo 3: Se muestran análisis y resultados de la propuesta del trabajo.

Capítulo 4: Finalmente las conclusiones generales derivadas de este trabajo, y una dirección para la investigación futura, la cual considera aquellas preguntas no contestadas durante el desarrollo de este trabajo, se presentan en este capítulo.

Referencias generales.

Anexos.

2 PRESENTACIÓN DEL PROBLEMA Y METODOLOGÍA SELECCIONADA

En este capítulo se detallará la real problemática que resuelve esta metodología, considerando la realidad institucional y la necesidad de contar con una herramienta predictiva para gestionar de mejor forma la toma de decisiones sobre los alumnos, canalizar la información que se encuentra distribuida y cómo resuelve una de las principales problemáticas que hoy existen en las instituciones de educación y, específicamente, en IES.

2.1 Presentación de la problemática del proyecto

IES es una de las principales instituciones de educación superior técnico profesional del país y que cuenta con más de 105.888 alumnos en sus distintas carreras y sedes. Actualmente toda la información de los alumnos, desde el inicio cuando parte con su proceso de matrícula hasta cuando termina su plan, pasando por lo netamente administrativo, académico y financiero, se encuentran desde ya varios años alojado en distintos sistemas informáticos como se muestra en Tabla.3. Si bien, es de gran importancia contar con toda la información de sus alumnos, hasta el momento sólo se maneja esta información con fines estadísticos y que aporta a la, futuras gestiones. En resumen, la información existente permite realizar un diagnóstico de algún semestre, ya sea sobre un alumno, sección o asignatura, para diseñar posibles acciones en el siguiente período equivalente.

Tabla 3: Sistemas existentes en IES.
Detalle de algunos de los sistemas existentes en IES.

ÁMBITO	SISTEMA	DESCRIPCIÓN
ACADÉMICA	SAP	Detalle académico de los alumnos, docentes y programación académica.
	Netweaver	
	RAGC	Libro de Clases Virtual.
	Portal de Notas	Portal de publicación de notas por asignatura.
	AVA	Ambiente Virtual de Aprendizaje, módulo Académico.
FINANCIERO	CRM Dynamics	Administrador de seguimiento para alumnos y generador de solicitudes.
	SAP	Módulo de Pagos, Financiamiento y Matrícula.
DIRECCIÓN DE ASUNTOS ESTUDIANTILES	CRM	Administrador de seguimiento para alumnos y generador de solicitudes. Módulo de registro de acciones.
	Excel	Planilla de cálculo con registro de atención Psicopedagógica.

Fuente: Elaboración propia a partir de información de sistemas informáticos IES.

Tal como se ha mencionado en el capítulo anterior, este proyecto de grado apunta a resolver los principales problemas que hoy tiene la institución que es no contar con un sistema que integre toda la información existente y permita generar acciones preventivas a partir de definición de patrones conductuales. Desde el punto de vista institucional este proyecto de grado resuelve lo siguiente:

- a) El foco del negocio:** una institución de educación requiere tener alumnos, y por, sobre todo mantenerlos hasta lo que dure su carrera. Por lo tanto, si la institución cuenta con un sistema que permita identificar potenciales alumnos desertores y generar acciones preventivas dirigidas, es posible que se mantenga como alumno (retención). Existen distintos motivos por los cuales se puede transformar un alumno en desertor los que van asociados principalmente a:
- a. Académicos (que es el foco en lo que está basado este proyecto).
 - b. Financieros.

- c. Salud.
- d. Personales.

b) Operación: tal como se menciona en el punto anterior, el foco del negocio es justamente tener alumnos y mantenerlos hasta cuando dure su carrera. Si este foco no se cumple, no tan solo estamos atentando al objetivo fundamental de la institución, sino que también la operación de las carreras se ve complicada al tener menos margen en la distribución de recursos. Como toda empresa, con o sin fines de lucro, es importante mantener a los que hoy son alumnos para que las proyecciones de crecimientos, proyectos de inversión y asignación de recursos en la operación se puedan asegurar para el siguiente año. Al contar un modelo que permita justamente mantener lo detallado en el punto a), también nos asegura que una continuidad operacional para los siguientes años, dependiendo ciertamente de lo que cada carrera requiere. En nuestro caso, el proyecto de grado se enfoca en la realidad de la Escuela de Informática y Telecomunicaciones en la sede San Joaquín, pero se entiende que este modelo es replicable para cualquier escuela/sede.

2.2 Metodología seleccionada

Considerando lo ya detallado en los párrafos anteriores, se hace indispensable contar con un modelo que permita integrar la variedad de datos existentes y puestos a disposición por la institución. En primera instancia se debe reconocer cómo se encuentran distribuidos e interconectados en la actualidad los sistemas ya que son desde donde se obtiene la información relevante, lo cual se encuentra esquematizado en la figura 2.

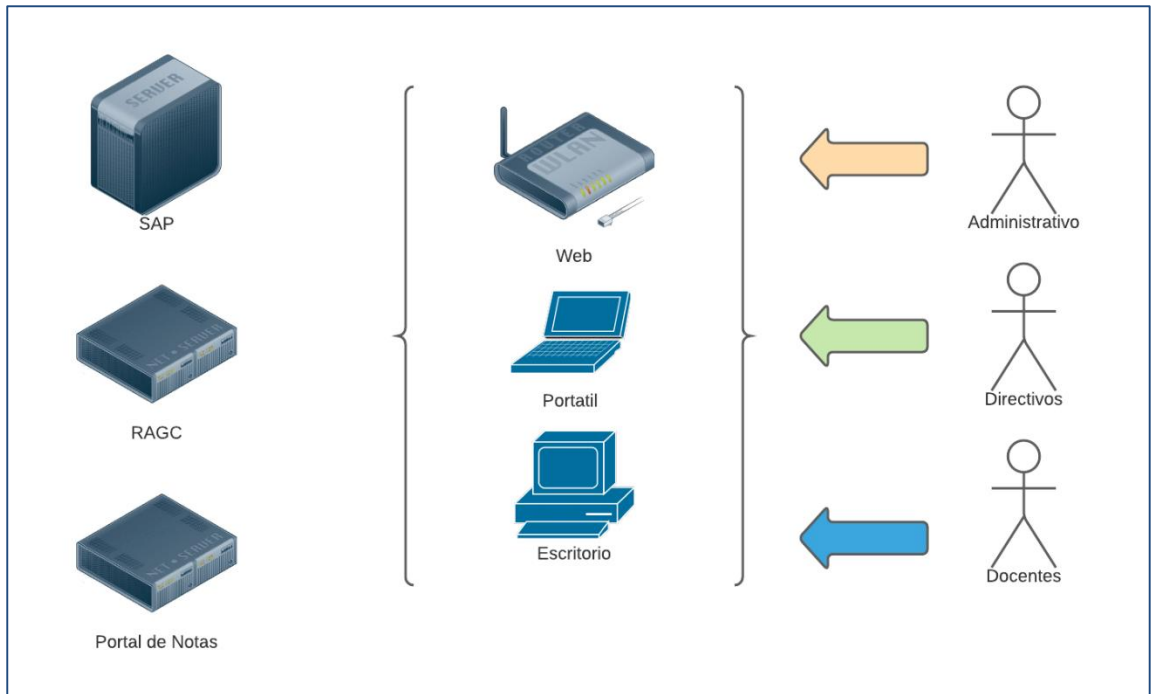


Figura 2: Esquema asociado a la situación actual de cómo se accede a la información.

Fuente: Elaboración propia.

2.2.1 Metodología de trabajo

Bajo este escenario se propone generar un modelo que integre la información, determinados patrones de comportamiento de los alumnos, en el ámbito académico, y utilice supuestos definidos por juicio experto para abordar el efecto del ámbito financiero y personal. En resumen, el proceso de identificación y definición de patrones considera toda la información existente en los sistemas académicos institucionales, relacionados con las notas del período asignadas a cada asignatura por nivel y la asistencia a clases. Lo cual en la siguiente etapa fue analizado mediante estadísticas descriptivas e información de objetivos institucional, para clasificar cualitativamente según niveles de criticidad las asignaturas, buscando con ello integrar la información y definir patrones de comportamiento. Por último, a partir de estos patrones generados se buscó definir una herramienta de modelación

predictiva que permita tomar acciones preventivas. Esta secuencia se representa en la figura 3.

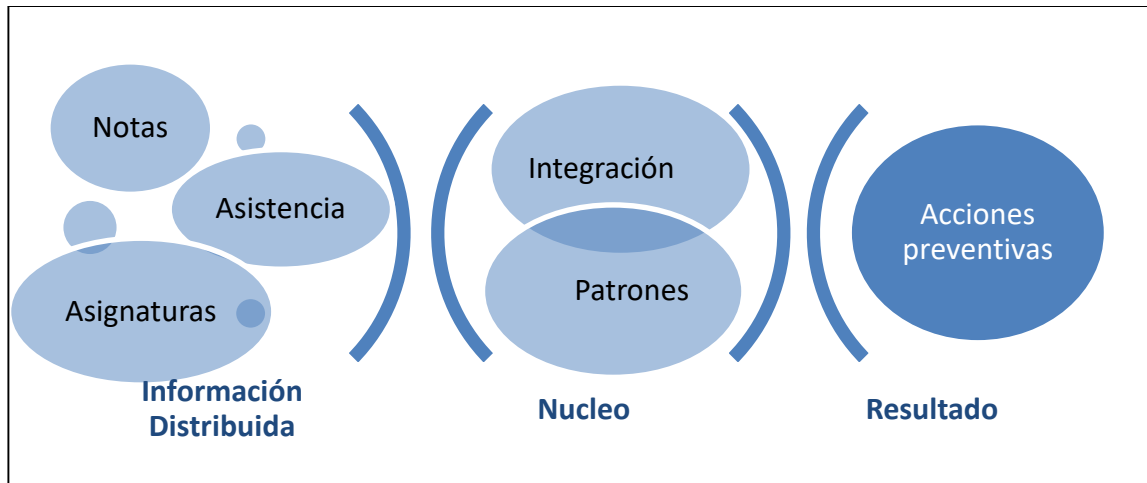


Figura 3: Secuencia lógica de manejo de información como parte del proceso del Modelo.

Fuente: Elaboración propia.

Considerando lo anterior, se enfocó el trabajo bajo una metodología Lean que llevó a una versión ágil de desarrollo. Esta metodología fundamenta sus principios en la necesidad de optimizar los sistemas de la organización produciendo resultados valiosos basado en los actuales recursos, como lo es la información, y reduciendo el desperdicio. Cabe señalar que el dinamismo que se requiere para con los resultados aplica a esta filosofía.

Tal como se menciona anteriormente, uno de los elementos de la organización que se ven afectados es justamente la operación y el negocio. Al utilizar esta metodología se permite obtener resultados inmediatos basados en la información existente para definir patrones de acción. Además, reduce los riesgos en aquellos aspectos mencionados en párrafos anteriores, tales como la operación y el Core del negocio, al reducir la posibilidad de deserción y potenciar el progreso académico de los estudiantes, lo que se ve reflejado en mayor rentabilidad y bajo costo.

2.2.2 Análisis estadísticos descriptivo

Dada la gran cantidad de registros disponibles para ser analizados, se procedió a aplicar preliminarmente técnicas de análisis de datos estadísticos, que permitieran integrar y facilitar la interpretación de tendencias y relaciones. Para lo cual se usaron los programas Minitab y Excel para los análisis estadísticos descriptivos de dispersión y, distribución para cada nivel.

2.2.3 Clasificación cualitativa

Dado que era necesario asignar niveles de criticidad para las asignaturas, se decidió el uso de clasificación cualitativa de los datos para reflejar el orden jerárquico de los atributos. Dividiendo cada conteo de eventos de las categorías entre el total de las mediciones para expresarlos en porcentajes (Rendón-Macías et al 2016).

2.2.4 Modelación esquemática propuesta

Considerando la seguridad de los datos, así como preservar la confidencialidad de los ámbitos financieros y personal de los estudiantes. Se optó por utilizar una representación esquemática, como propuesta de integración de la información, siguiendo las reglas convencionales de diagramas de flujo.

2.2.5 Modelo integrador elegido

El modelo solución predictivo, que mejor se adapta a la realidad institucional, es el MML que se presenta gráficamente en la figura 4.

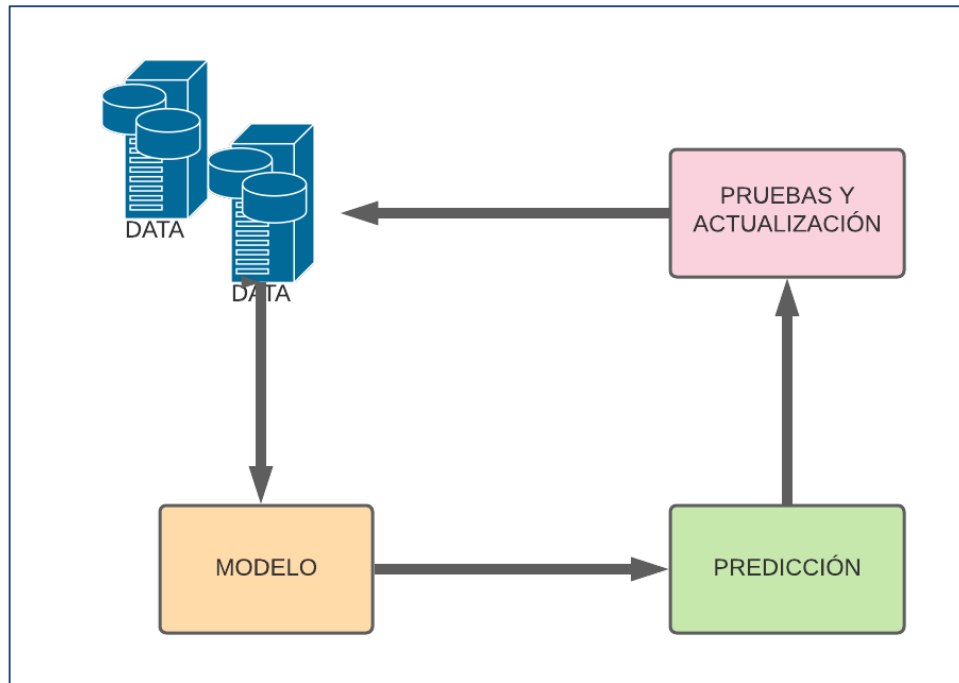


Figura 4: Diagrama de confección de Modelo Predictivo de Machine Learning.

Fuente: Elaboración propia

Bajo este modelo se potenciará un aprendizaje supervisado sobre el total de datos ya identificados y que están referenciados en el capítulo 1, los cuales son: las notas que pueden generar RR, la asistencia que puede generar RI y el cumplimiento de los criterios de vulnerabilidad. Una vez clasificada esta información se puede activar procesos de analítica para verificar o encontrar nuevos patrones en el rendimiento del alumno que pueda convertirlo en potencial desertor; por ejemplo: notas bajo lo suficiente y/o porcentaje de asistencia hasta cierta fecha. Estos patrones deben generar un aprendizaje que permitirá predecir comportamientos que dentro de ciertos umbrales podrán ser categorizados según la necesidad del análisis. Por último, la información ya procesada se depura y vuelve a ser parte de data central, reflejando el efecto de las acciones propuestas como mejoras (figura 4.). Hay que mencionar que como es un trabajo bajo modalidad Lean esta es iterativa y adaptativa a los cambios que se pueden dar como parte del resultado del modelo.

2.3 Conclusión y análisis del capítulo

En este capítulo se abordó la forma de resolver la problemática actual en donde, si bien existe información, no se hace un uso en tiempo real, sino que estadístico e histórico. Por lo tanto, la alternativa de darle inteligencia a esta información y, por consiguiente, poder generar acciones en el momento, fundamenta la necesidad de contar con un modelo esquematizado que permita su implementación para generar acciones preventivas y en el momento; el modelo esquematizado se cree aplicable a un sistema MML. Las razones de esta elección se basan en la necesidad actual que tiene la institución en disminuir la brecha de deserción en los alumnos a partir de la toma de acciones y decisiones preventivas que tengan efecto inmediato en la retención de los alumnos influyendo en los patrones de comportamiento y aprendizaje como se muestra en el esquema de la figura 5.

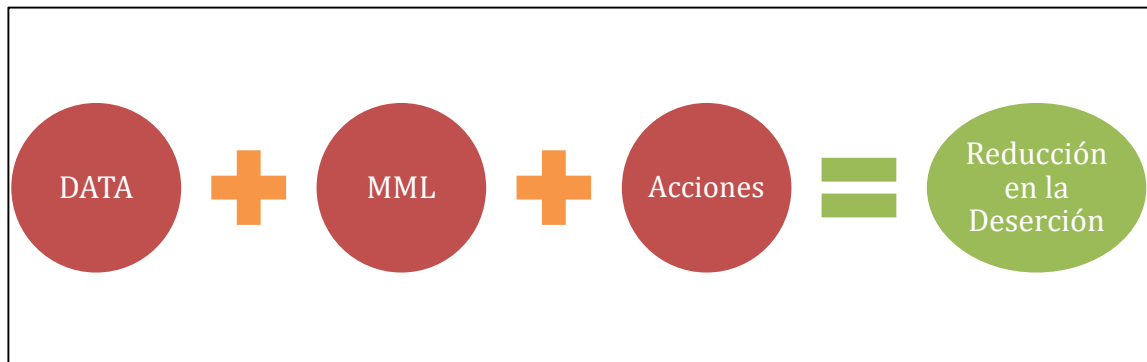


Figura 5: Relación de la solución planteada con efecto en el negocio

Fuente: Elaboración propia.

Si bien, este modelo es implementable bajo cualquier escenario, sólo para este proyecto se basa exclusivamente en una parte de los datos existente en la institución y que van relacionados al rendimiento del alumno, quedando presentados los ámbitos financieros y personales por la relación definida por juicio experto. Por otra parte, dado los alcances detectados, se requiere una implementación con supervisión directa, para lograr una adecuada depuración de la data en las primeras fases de su iteración y, por cierto, la necesidad de automatización.

3 RESULTADOS

Aplicado el modelo propuesto, los resultados están alineados con el siguiente flujo (figura 6) donde se detalla la secuencia lógica realizada:

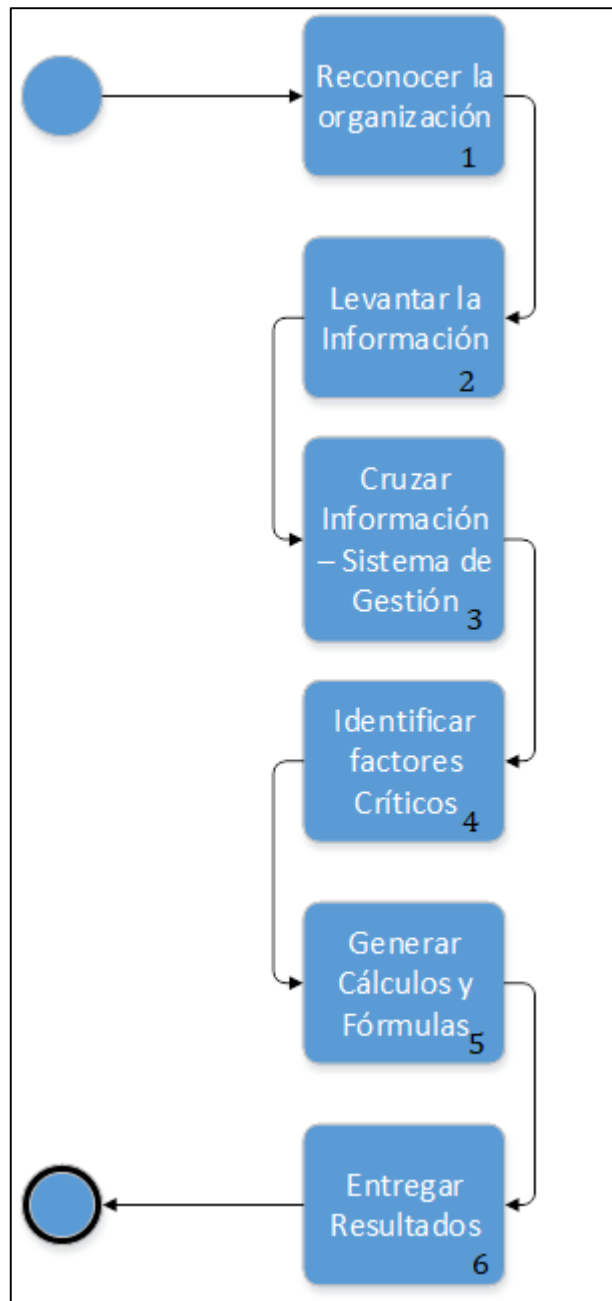


Figura 6: Secuencia de fases de investigación

Fuente: Elaboración propia.

El análisis preliminar nos arroja una cantidad de datos importante lo que corresponde a la información de la sede San Joaquín a nivel institucional. Los datos históricos rescatados incluyen rendimiento académico desde el 1° semestre de 2015 al 1° semestre de 2017, donde para cada semestre se contemplan alrededor de 35.000 registros analizados; esto es, más de 180.400 registros, quedando fuera los registros de prácticas profesionales del 1° semestre de 2016 ya que dichos registros venían vacíos completando un total de 180.002 datos únicos, según se detalla en Tabla.4. Estos fueron procesados a partir de planillas de cálculo aplicado criterios estadísticos y el factor crítico 1 definido en apartado 1.5.

Tabla 4: Registros académicos años 2015 a 2017.
Resumen de datos de registros académicos consolidados años 2015 a 2017.

Registros consolidados en base de datos maestra		
180.411 registros únicos		
Datos validos	Semestres	Años
180.002	5	3
Estudiantes	Carreras	Asignaturas
11.272	32	644

Fuente: Elaboración propia a partir de información de sistemas informáticos IES.

La base de la investigación descansa principalmente en la identificación de aquellos datos relevantes que son la base para determinar los cálculos a realizar y que serán usados en el modelo a seguir. Así fue de interés determinar el efecto que tienen las asignaturas en el desempeño académico, por lo cual se analizaron los 180.002 según se muestra en tabla 5. A la vez que agruparon según aprobación y reprobación de las asignaturas, generando 644 nuevos registros donde el porcentaje de reprobación promedio detectado fue 15,5% (figura 7) mientras que en la tabla 6 se presenta la cantidad de asignaturas para cada porcentaje de reprobación.

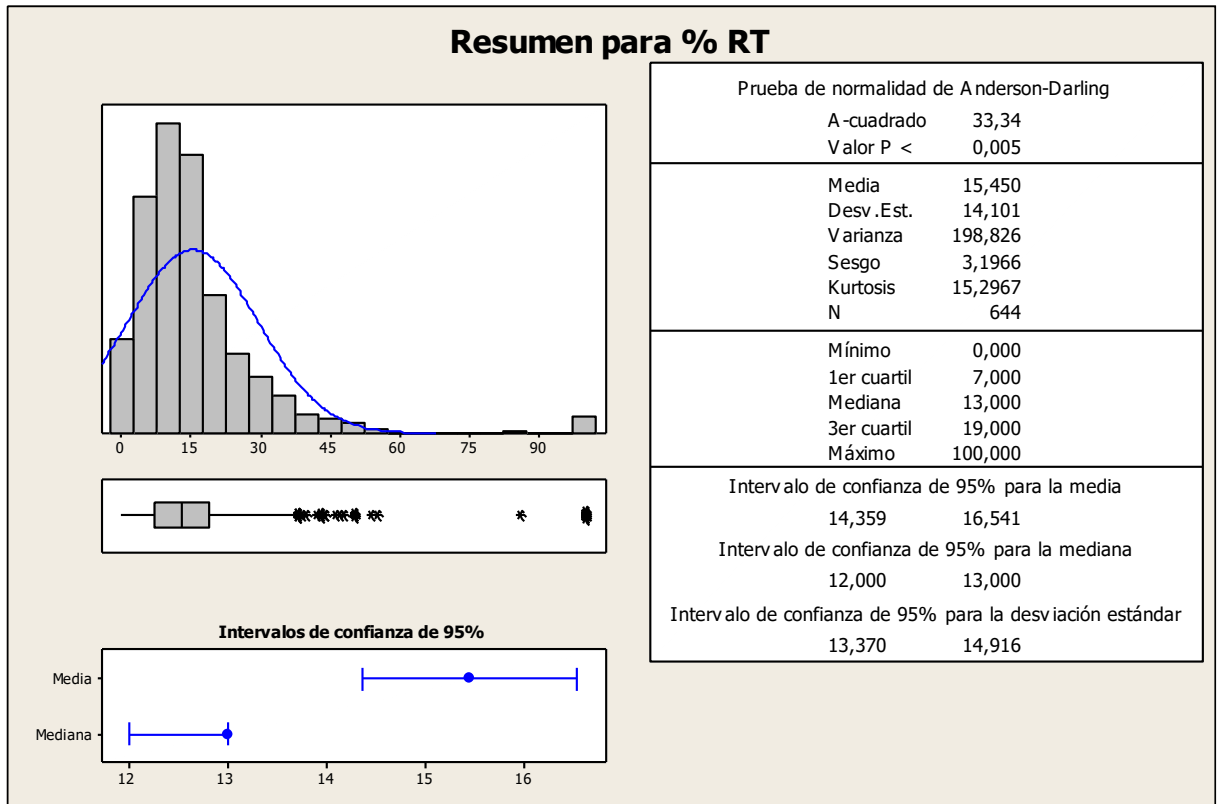


Figura 7: Estadística descriptiva porcentaje reprobación total
Fuente: Elaboración propia con Minitab a partir de datos globales de reprobación.

Tabla 5: Desempeño académicos.
Desempeño académicos años 2015 a 2017.

	Diurno		Vespertino		Total	
Aprobados	102.114	83%	47.135	82%	149.249	83%
R rendimiento	11.160	9%	5.756	10%	16.916	9%
R inasistencia	7.726	6%	3.984	7%	11.710	7%
Pendientes	1.473	1%	654	1%	2.127	1%
Total	122.473	100%	57.529	100%	180.002	100%

Fuente: Elaboración propia a partir de información consolidada de registros académicos IES

Tabla 6: Reprobación total años 2015 a 2017.**Porcentaje de reprobación total consolidados años 2015 a 2017.**

Porcentajes de reprobación de alumnos por asignaturas											
1%	2%	3%	4%	5%	6%	7%	8%	9%	10%	11%	12%
2	14	19	20	18	29	32	29	34	35	29	27
13%	14%	15%	16%	17%	18%	19%	20%	21%	22%	23%	24%
32	31	28	22	25	23	17	14	8	7	9	10
25%	26%	27%	28%	29%	30%	31%	32%	33%	34%	35%	36%
5	5	10	4	7	5	6	6	4	5	3	5
37%	38%	39%	40%	42%	43%	44%	46%	47%	48%	50%	54%
2	6	1	1	1	3	2	1	1	1	4	1
55%	86%	100%	0%	Todo							
1	1	8	31	644							

Fuente: Elaboración propia a partir de información consolidada de registros académicos IES

De las 644 asignaturas de los diferentes planes de estudios contenidas en la base de datos maestra, 147 presentaron una reprobación total (RT) superior o igual al 20% con lo cual cumplen con el criterio de vulnerabilidad 1. Mientras que al analizar en relación con las carreras de que son parte, se establecen asignaturas prioritarias donde focalizar las acciones preventivas Tabla.7 donde se muestra las asignaturas que cumplen con el criterio 1 y son parte de al menos 4 planes de estudio diferentes.

Tabla 7: Asignaturas que cumplen criterio 1.***Desempeño académico asignaturas que cumplen criterio 1***

RAM_CODIGO	Estudiantes	%AR	%RR	%RI	%RT	N° carreras	Nombre ramo
INU211	3.004	80%	8%	12%	20%	22	INGLES BASICO II
MAT100	3.933	69%	21%	9%	31%	17	NIVELACION MATEMATICA
MAT200	2.884	67%	19%	13%	33%	16	ALGEBRA
MAT330	1.540	78%	13%	9%	22%	7	CALCULO I
MAT440	205	61%	27%	11%	38%	4	CALCULO II
PLC010	4.752	79%	11%	9%	21%	21	COMUNICACION ESCRITA
PLC020	3.944	79%	9%	12%	21%	24	COMUNICACION ORAL

Fuente: Elaboración propia a partir de información desempeño académico asignaturas común a 3 o más carreras en IES

En síntesis, toda la información se manejó de manera histórica y en este trabajo de investigación se pudo determinar aquellos comportamientos académicos que, en algunos casos incluso fue reiterativo a través de los años, de un alumno como también de una asignatura.

Sin embargo, preliminarmente se definió que la investigación por año y semestres se debía acotar exclusivamente a la Escuela de Informática, dado que se contaba con la autorización adecuada para disponer de información complementaria, así como del conocimiento experto de uno de sus directivos como colaboración.

3.1 Análisis de resultados

Cabe destacar que uno de los hallazgos más relevantes en esta investigación es la gran cantidad de información existente y que no se utiliza de manera adecuada. Estamos hablando de cientos de miles de registros que hablan de la historia institucional por casi 25 años (con registro digital y 52 años de historia) donde el esfuerzo institucional para retener a sus alumnos no ha logrado aumentar su porcentaje de retención sobre 90%. Por otra parte, la clasificación de las asignaturas

según porcentaje de reprobación y los diferentes planes de estudios a que pertenecen, demostró que es posible establecer asignaturas donde focalizar las acciones preventivas y los recursos institucionales.

Lo anterior se puso a prueba con los resultados obtenidos del cruce de información y definición de patrones en la escuela Informática, los que fueron utilizados por el equipo de investigación para la contextualización y prototipar las propuestas de modelo.

En la tabla 8 se muestra los resultados obtenidos considerando asignaturas del tercer semestre de las carreras de informática para que la muestra sea representativa, ya que en este período se concentran todas las asignaturas como críticas, tanto las disciplinarias como las transversales. En esta comparación se muestra los resultados de los períodos equivalentes (1-2015, 1-2016 y 1-2017) y en donde se incluyen:

- Sigla de asignatura: correspondiente a la asignatura definida para esa malla.
- Reprobados por Nota: porcentaje de alumnos que reprobaron esa asignatura únicamente por nota
- Reprobados por insistencia: porcentaje de alumnos que reprobaron esa asignatura por inasistencia, según consta en el reglamento académico y discutido en apartados anteriores.
- Total reprobados: suma de alumnos reprobados por nota y por asistencia. Nótese que los marcados con rojo son aquellos valores que están por sobre el 20% considerados ya críticos por las áreas académicas de la institución.

Tabla 8: Reprobados en III semestre.
Porcentaje de Reprobados (R) en III SEMESTRE años 215 a 2017.

Sigla asignatura	R por nota			R por inasistencia			Total reprobados		
	1-2015	1-2016	1-2017	1-2015	1-2016	1-2017	1-2015	1-2016	1-2017
POO3501	17,71 %	22,46 %	17,93 %	8,41 %	6,55 %	9,39 %	26,13 %	29,01 %	27,32 %
PBD3301	23,94 %	22,93 %	29,64 %	6,61 %	6,86 %	8,23 %	30,54 %	29,79 %	37,87 %
FDD1101	12,72 %	12,91 %	17,59 %	9,38 %	6,20 %	9,09 %	22,09 %	19,10 %	26,68 %
MAT330	18,90 %	-	-	7,91 %	-	-	26,81 %	-	-
INU311	13,07 %	7,96 %	10,80 %	8,85 %	6,08 %	10,80 %	21,92 %	14,03 %	21,61 %
FET003	12,54 %	11,66 %	5,12 %	9,40 %	5,77 %	7,09 %	21,94 %	17,43 %	12,20 %
Promedio anual	16,48 %	15,58 %	16,22 %	8,43 %	6,29 %	8,92 %	24,91 %	21,87 %	25,14 %

Fuente: Elaboración propia a partir de información desempeño académico en III semestre años 2015 a 2017 de asignaturas de la escuela de informática en IES

Este mismo ejercicio se realizó para cada asignatura de todos los semestres incluidos en trabajo; es decir, se analizaron todas las asignaturas de todos semestres y de ambas carreras, encontrado alrededor de 50 asignaturas por semestre con porcentajes sobre el 20%, que cumplen con algunos de los criterios definidos. De igual forma en la siguiente Tabla 9 y tomando como referencia las asignaturas mencionadas en la Tabla 8, se muestran las asignaturas separadas y que cumplen con algunos de los criterios definidos, así como el NC para cada una de ellas.

Tabla 9: Asignaturas según criterio vulnerabilidad.

Distribución de asignaturas según criterio

Asignaturas	Criterio 1	Criterio 2	Criterio 3	NC
POO3501	X	X		2
PBD3301	X	X	X	3
FDD1101	X			1
MAT330	X			1
INU311	X		X	2
FET003	X			1

Fuente: Elaboración propia a partir de aplicación de criterios de vulnerabilidad académica a asignaturas de III semestre años 2015 a 2017 de la escuela de informática en IES.

3.2 Propuesta de modelo

Una vez analizados los resultados preliminares de la escuela de informática y particularmente la carrera de Ingeniería en Informática fueron sometidos a juicio experto, respecto a las otras áreas no incluidas en la determinación de desempeño académico, relacionadas a temas psicopedagógicos, financieros y otros. Esta integración nos permitió llegar a una línea lógica de procesamiento de información que se cree permitirá predecir el Comportamiento Académico (CA) de un estudiante y por agregación de n estudiantes e iteraciones lograr modelar las relaciones del CA siguiendo los siguientes supuestos y pasos a seguir.

Supuestos:

Para efectos del modelo propuesto y en base a los resultados precedentes de esta investigación, se definen el CA como un agregado de DA, DF y DH, expresado bajo la ecuación siguiente:

$$CA = DA + DF + DH$$

Donde

$$DA = \sum_i^n RA_i \times NC_i$$

Lo cual entiende la dimensión académica como la sumatoria de los “i” Rendimiento Académico (RA) multiplicados por el NC de las “i” asignaturas hasta la “i-ésimas” del periodo evaluado.

Con

$$RA = \left[\left(\frac{Prom}{Mínima} \right) + \left(\frac{Asist}{Clases} \right) \right]$$

Siendo expresado el RA como la adición de dos razones, la primera entre el promedio de notas y la nota mínima aceptada y segunda razón entre la asistencia efectiva controlada y las sesiones de clases efectuadas para la asignatura en el periodo evaluado.

Cabe señalar que la información utilizada para calcular DA, se obtiene desde SAP NETWEABER, pudiendo ser complementado por la obtenida de RAGC, PORTAL DE NOTAS, AVA y CRM Dynamics, incluyendo en lo posible datos en línea idealmente para predecir.

Mientras que la dimensión financiera se considera como la suma de los “j” Pagos Efectuados (PE) en el periodo evaluado, los cuales son multiplicados por el “j” NC definido por juicio experto que refleje lo vulnerable que vuelve el no pago al CA, expresado lo anterior por la siguiente expresión.

$$DF = \sum_j^m PE_j \times NC_j$$

Con

$$PE = \left[\left(\frac{Pago}{Esperado} \right) + \left(\frac{Beca}{Esperado} \right) + \left(\frac{Crédito}{Esperado} \right) \right]$$

Donde se considera el origen de dinero usado para pagar, ya que esto puede afectar la vulnerabilidad financiera del estudiante. Así se entiende PE como la adición de 3 razones, la primera del monto pagado (Pago) y el monto exigido por la institución (Esperado), la segunda del monto de beca (Beca) y el monto exigido por la institución

y por último la razón entre el monto de crédito bancario utilizado para pagar (Crédito) y el monto exigido por la institución

La información para DF se obtiene desde servidores SAP institucionales y de datos de bienestar estudiantil que apoyan con financiamiento. Los NC se construyen en base a criterio experto basado en encuesta de deserción.

Por último, para obtener CA es necesario evaluar la dimensión humana del estudiante, la cual se considera como la suma de los “k” Estados Personales (EP) declarados a la institución, los cuales son multiplicados por el “k” NC definido por juicio experto que refleja el nivel de vulnerabilidad en que queda el CA bajo dicho EP.

$$DH = \sum_k^n EP_k \times NC_k$$

Con

$$EP = \left[\left(\frac{\text{Salud declarada}}{\text{Salud verificada}} \right) + \left(\frac{\text{Apoyo declarado}}{\text{Apoyo verificado}} \right) \right]$$

Se definen los EP como como la adición de dos razones, la primera entre Salud declarada y la Salud verificada y segunda razón entre Apoyo declarado y Apoyo verificado. Asignando a “Salud declarada” un nivel cualitativo (baja=1, normal=2 o buena=3) de la salud mental y fisiológica declarada por el estudiante en solicitudes académicas y/o administrativas realizadas a la institución. Las cuales son verificadas por la institución bajo la misma escala cualitativa (baja=1, normal=2 o buena=3). En cuanto a “Apoyo declarado” se entiende el nivel cualitativo (bajo=1, normal=2 o bueno=3) de la red de apoyo que dice tener el estudiante para sobrellevar su estado personal, mientras que “Apoyo verificado” hace relación al nivel cualitativo (bajo=1, normal=2 o bueno=3) de apoyo detectado por la institución.

La información para DH se obtiene desde servidores CRM institucionales y de datos de bienestar estudiantil sobre apoyo Psicopedagógico, que se contrastan con

información del estudiante en bajo modo encuesta cualitativa. Mientras que los NC se construyen en base a criterio experto basado en encuesta de deserción.

Pasos para seguir: Lo anterior permitió arribar una estructura secuencial de 17 pasos o hitos que se presentan en la siguiente propuesta esquemática de algoritmo predictivo de CA. Esta propuesta fue dividida en 4 partes que se muestran consecutivamente en las ilustraciones 8 a 12, mientras que él modelo algorítmico completo se adjunta en Anexo 3.

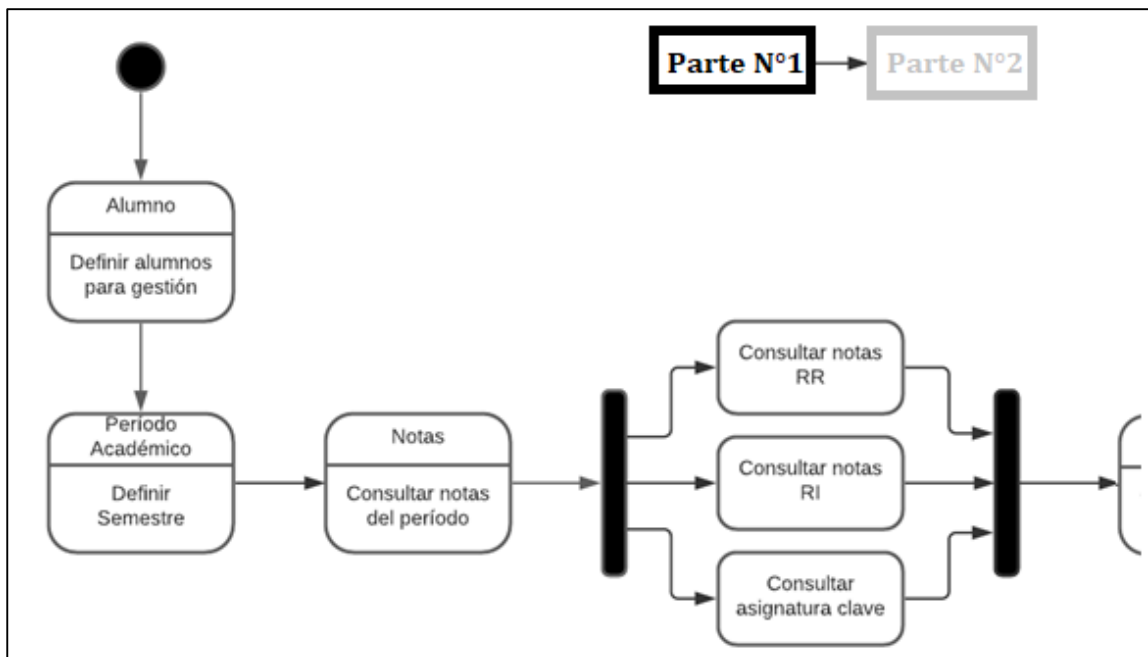


Figura 8: Identificación de alumnos, semestres y asignaturas críticas.

Fuente: Elaboración propia a partir de sección de Diagrama completo presentado en anexo 3.

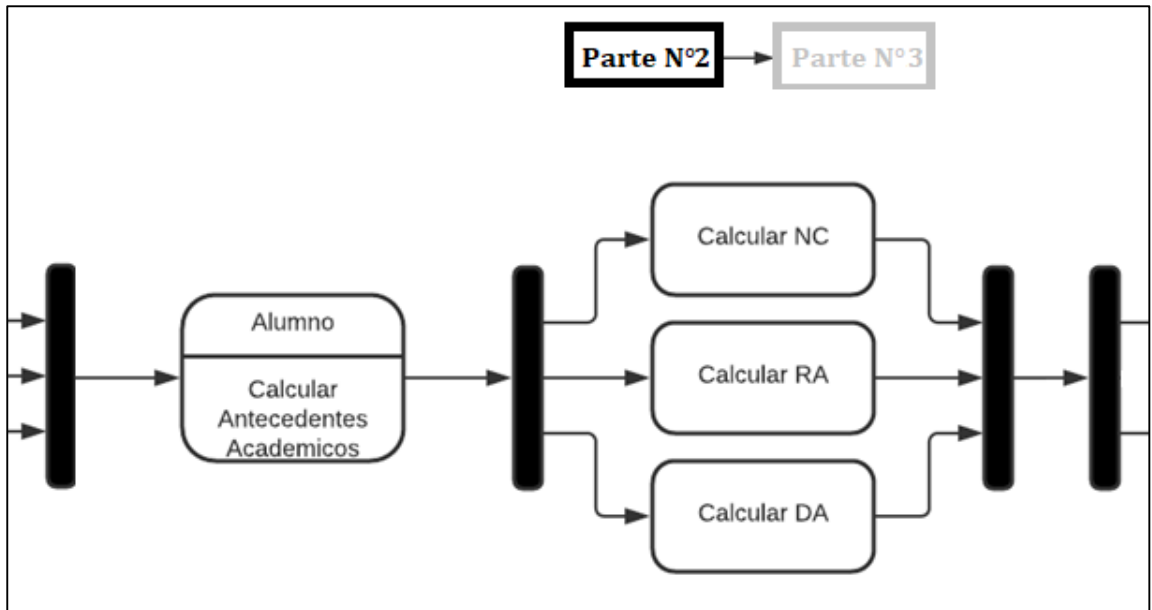


Figura 9: Cálculo Antecedente académicos.

Fuente: Elaboración propia a partir de sección de Diagrama completo presentado en anexo 3.

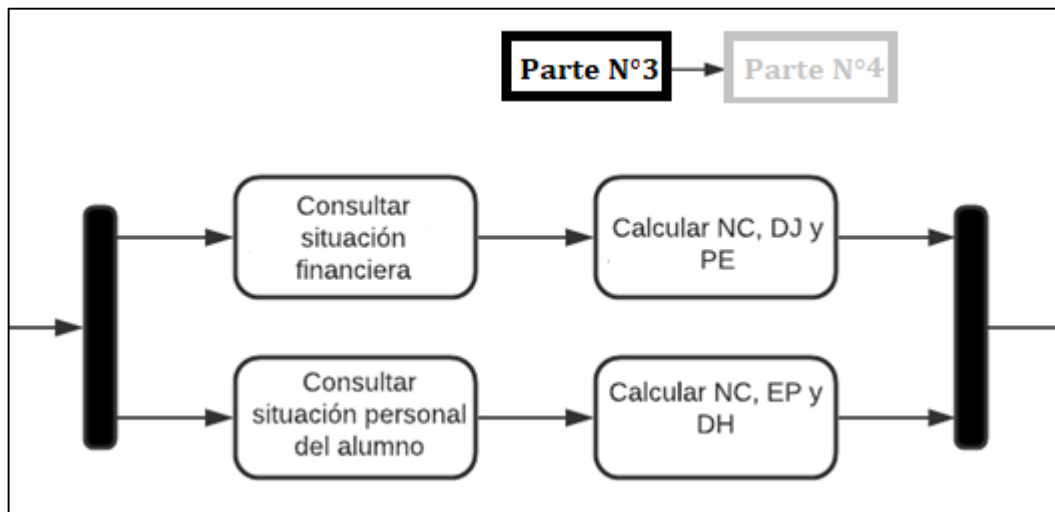


Figura 10: Cálculo Antecedentes otras áreas

Fuente: Elaboración propia a partir de sección de Diagrama completo presentado en anexo 3.

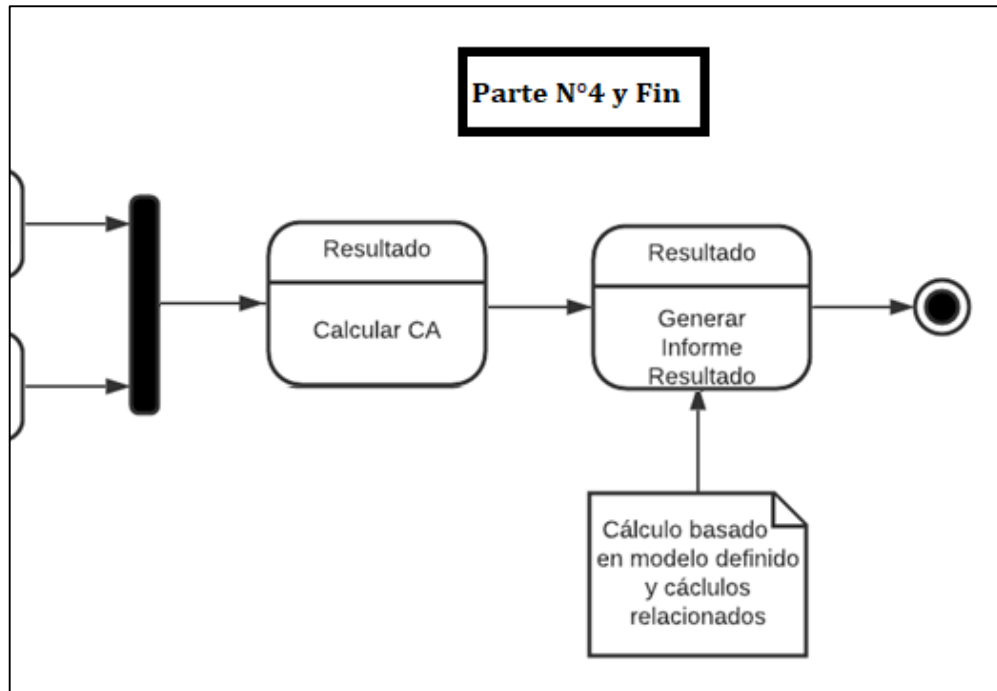


Figura 11: Resultado final

Fuente: Elaboración propia a partir de sección de Diagrama completo presentado en anexo 3.

3.3 Discusión de resultados

Considerando la retención de estudiantes como variable central del proceso que facilita el progreso académico, esta investigación detecta que el 22% de los alumnos no aprovecha el proceso de apoyo brindado, lo que es concordante con las propuestas de (Canales De los Ríos, 2009; Valdes, 2019; Gomez y Rozas, 2020), quien sostiene que la realidad personal de los estudiantes, sobre todo aquellos que están considerados como vulnerables socialmente, pueden verse influenciados al entregarles opciones o apoyos no académicas de manera preventiva. Por lo cual, para abordar la oportunidad de retención se propone el uso de este modelo como parte de la planificación estratégica y operativa de las direcciones de programa.

Por otro lado, existe también una responsabilidad académica por parte de las instituciones de educación donde enfatizan que el apoyo debe estar ligado estrechamente a la base educativa de los estudiantes escolares al momento de pasar a la educación superior, reconociendo también que existe una brecha significativa al

contar con estudiantes que no tienen una base de conocimiento importante o simplemente no tienen hábitos de estudios que estén alineados con las exigencias de la educación superior. Sin embargo, esta investigación reconoce esta falencia, pero intenciona que no basta con tener una buena base educativa, sino que se deben concretar acciones preventivas en el día a día del estudiante visto integralmente.

En los últimos años se han lanzado algunas iniciativas aisladas para identificar los factores decisionales que influyen en los estudiantes para abandonar sus carreras. Lamentablemente el análisis realizado y los resultados obtenidos caen en la misma premisa tratada en párrafos anteriores, a pesar de estar utilizando conceptos tecnológicos que, en la práctica, debieran aportar en esta materia, sugieren mejoras en becas, financiamiento y créditos, entre otros (Miranda, Guzmán, 2017). Por lo tanto, esta investigación contradice nuevamente que la base de la sustentabilidad en la educación desde el punto de vista de facilitar el progreso académico de los alumnos y disminuir su deserción debe contemplar no tan solo correctas y cercanas formas de financiamiento, cosa que es importante. Sino que también preocuparse del alumno durante sus estudios evaluando sus patrones de comportamiento en tiempo real y no sólo con fines estadísticos.

Si bien la investigación consideró una muestra acotada del universo de acción correspondiente a una Escuela en una Sede, es perfectamente replicable en cualquier Escuela e, inclusive, Institución de Educación Superior que maneje información histórica y pueda realizar gestión de la información, particularmente lo que tiene relación a la evaluación de DA. En la búsqueda de soluciones de características similares, no se encontró ningún modelo semejante que apunte al apoyo de los alumnos siendo parte de la institución, sino que propuestas cercanas que incentivan el filtrar a los alumnos antes de su ingreso.

Es más, considerando las políticas de acreditación existentes en el país y en donde uno de los fundamentos es justamente tener definidas acciones concretas para la

retención de los alumnos y su progreso académico, esta iniciativa cobra un valor agregado e inesperado, considerando su potencial, el apoyo que este entrega a dichas instituciones en material de acreditación y de efectividad académica y, por cierto, el compromiso de mejora continua que muchos tienen definidos desde su Misión institucional.

Dentro del ámbito internacional hay que reconocer que se están realizando esfuerzos y muchos de ellos innovadores, aunque la mayoría trata el problema a partir de mejoras en sus Modelos Educativos, perfeccionamiento docente, mejoras en las aulas o en su distribución, utilización de espacios abiertos y otros. Sin embargo, se puede evidenciar que exista un trabajo sistemático que vaya relacionado a la definición de patrones de comportamiento de los estudiantes que, en estricto rigor, responde a su conducta.

El principal hallazgo de esta investigación es que la deserción ocurre por múltiples factores, y que lograr establecer una evaluación multidimensional de los estudiantes y la institución favorecía el CA, ya que posibilita el tomar decisiones proactivas y preventivas para lograr los objetivos institucionales.

3.4 Conclusión y análisis del capítulo

De este modo se pudo determinar que las variables relevantes para el análisis del comportamiento académico estudiantil fueron el riesgo de reprobación definido por RI y RR así como los factores críticos, todos los cual se debe correlacionar y depurar analizándolo en tiempo real por medio de un MML y la propuesta de modelo de CA multidimensional. Lo cual permitirá mejorar la performance de la IES al incidir en la gestión de sus operaciones administrativas y académicas, otorgándole mayor capacidad de reacción ante los escenarios futuros, bajo una metodología que promueve la mejora continua. Fomentando la innovación en la gestión estratégica institucional, incorporando el uso de inteligencia artificial, como apoyo en sus diversas esferas de acción.

4 CONCLUSIONES GENERALES

Este trabajo establece que las variables que permiten el análisis del comportamiento académico estudiantil de una institución de educación superior con base en datos son; para la dimensión académica el riesgo de reprobación definido por RI y RR así como los criterios de vulnerabilidad relacionados con los cumplimiento de los objetivos institucionales, mientras que establece como de interés considerar las dimensiones financieras y humanas que se relacionan con el CA. En este sentido se propone un modelo cuantitativo que unifica y relaciona la información existente para alumnos y procesos de gestión, permitiendo la predicción desde patrones representados en la información y que puede ser implementado como base para un sistema inteligente. En efecto los resultados del análisis de los más de 180.000 registros muestran que un 16% de los estudiantes es propenso a reprobación las asignaturas que cursa, relacionando RI con un 41% de la reprobación total. Mientras que el RR aporta el 59% de la reprobación, es más al ser evaluado bajo los criterios de vulnerabilidad de reprobación, el 23% de las asignaturas se vuelven potencialmente retardantes para cumplir los plazos de egreso y titulación a tiempo. Mientras que, en el caso de la información de la escuela de Informática, la tendencia en los años 2015 a 2017 revelaron que alrededor de 50 asignaturas por semestre con porcentajes de reprobación sobre el 20%. Lo que se relaciona con que el 22% de los estudiantes que recibieron apoyos financieros o de otro tipo, no continuó estudiando, posiblemente porque el apoyo ofrecido llegó tarde. En base a lo detectado y haciendo uso del conocimiento experto de directivos de la misma institución en estudio, se considera que siguiendo una filosofía de mejora continua basada en pensamiento esbelto, esta investigación permite servir de prototipo para una experiencia similar, pero a nivel completo de la institución con todas sus sedes, así como de otras instituciones de educación superior.

Lo anterior permite establecer que, para minimizar la deserción, se debe contemplar no solo aspectos de apoyo financiero, sino que preocuparse del alumno durante sus

estudios evaluando sus patrones de comportamiento en tiempo real y no sólo con fines estadísticos. Así la información histórica consolidada en este estudio de los procesos de gestión y avance curricular de las carreras de la sede San Joaquín del IES generaron una base de datos limpia donde aplicar herramientas de análisis tendenciales.

Dicho esto, el presente trabajo contribuye a la comprensión de las variables que permiten predecir y visualizar como indicadores el CA en las múltiples dimensiones de cada plan curricular, así como de cada alumno incorporado en él y logrando que sea posible una mejor gestión estratégica institucional, ya que la detección de patrones de conductuales críticos, pueden ser influenciado con la finalidad de disminuir la deserción y el retraso en su programa académico.

Se debe aclarar que, en el desarrollo del proyecto, fueron detectadas brechas para las cuales se cree necesario aplicar el siguiente plan de acción:

- Establecer la orgánica institucional que permita utilizar este tipo de modelos.
- Establecer factores de riesgo para cada estudiante a través de la vinculación de parámetros económicos y sociales más allá del juicio experto.
- Mejorar el instrumento a través de la incorporación de herramientas cualitativas que permitan comprender las razones de fracasos típicos al interior de cada asignatura.
- Establecer un plan de intervención que permita desarrollar acciones preventivas en asignaturas y procesos críticos.

4.1 Propuesta para trabajos futuros

Este proyecto podría verse beneficiado de las siguientes acciones futuras:

- Implementar este modelo a través de una aplicación y que sume el tratamiento de Big Data.
- Aplicar distintas metodologías automatizadas de modelamiento supervisado, para contrastar las variables detectadas.
- Agregar las otras áreas de la organización que trabajan con volúmenes de datos que sean integrables a esta solución y, por cierto, van a mejorar las acciones sobre el alumno.
- Establecer una medición cualitativa, para fortalecer resultados desde otra mirada.

5 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Acuña Acuña, J. E. (2012) Modelo de gestión de calidad académica para la educación superior. Recuperado en 14 de marzo, 2020, de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3945778>
- Alyahyan, E., y Düşteğör, D. (2020). Predicting academic success in higher education: literature review and best practices. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 17(1), 3. Recuperado en 18 de noviembre, 2020, de <https://link.springer.com/article/10.1186/s41239-020-0177-7>
- Berens, J., Schneider, K., Görtz, S., Oster, S., y Burghoff, J., Early Detection of Students at Risk – Predicting Student Dropouts Using Administrative Student Data and Machine Learning Methods Documento de trabajo CESifo No. 7259, disponible en SSRN: Recuperado en 19 de diciembre, 2020, de <https://ssrn.com/abstract=3275433>
- Brunner, J. (2005). Transformaciones de la universidad pública. *Revista de Sociología*, (19). doi:10.5354/0719-529X.2005.27812
- Darma, D. C., Ilmi, Z., Darma, S., y Syaharuddin, Y. (2020). COVID-19 and its Impact on Education: Challenges from Industry 4.0. *Aquademia*, 4(2), ep20025. <https://doi.org/10.29333/aquademia/8453>
- Díaz-Barriga Arceo, F., López-Ramírez, J. L., y López-Banda, E. A. (2020). Trayectorias personales de aprendizaje y currículo flexible: la perspectiva de los estudiantes universitarios de psicología. *Revista iberoamericana de educación superior*, 11(30), 3-21.
- Fernández, P. T. (2016). Acerca de los enfoques cuantitativo y cualitativo en la investigación educativa cubana actual. *Atenas*, 2(34), 1-15. Recuperado en 28 de noviembre, 2020, de <http://www.cubaeduca.cu/media/www.cubaeduca.cu/medias/evaluador/enfoque-investigacion.pdf>
- Ganga-Contreras, F., Sáez, W., Calderón, A-I y Calderón, A (2020). Principales rankings académicos internacionales: el caso de Chile. *Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação*, vol.28 no.107, 1 – 28. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s0104-40362019002701964>
- Guevara-Pezoa, F. (2020). Gestión de la innovación en la Educación Superior Técnico Profesional. *Revista ESPACIOS*, Vol. 41 (20) 2020 • Art. 17. 218-229. <http://200.6.99.248/~bru487cl/files/2005/09/transformacione.html>
- Miranda, M., Guzmán, J. (2017). Análisis de la Deserción de Estudiantes Universitarios usando Técnicas de Minería de Datos. Recuperado en 01 de

diciembre, 2020, de https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-50062017000300007&script=sci_arttext&tlng=n

- Moreira Álvarez, J. L. A. (2020). Propuesta metodológica basada en la aplicación de minería de datos mediante un modelo de gestión de proyectos para apoyar la toma de decisiones académicas en una institución de educación superior (Doctoral dissertation, Universidad Andrés Bello). Recuperado 18 de noviembre, 2020, de http://repositorio.unab.cl/xmlui/bitstream/handle/ria/14749/a130617_Moreira_J_Propuesta_metodologica_basada_en_la_aplicacion_2020_Tesis.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Neira, J. (2020). Factores y variables asociadas al rezago en estudiantes de la Universidad de la Costa. Trabajo de Posgrado. Recuperado en 23 de noviembre, 2020 de <https://hdl.handle.net/11323/6348>
- Nieto, Y., Rodríguez, J., y Clavijo, C. (2020). Estudiantes como clientes: Garantizando su éxito por medio de máquinas de aprendizaje. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informação*, (E34), 41-47.
- Pires, S., Lamaitre M.J.(2008). Sistemas de acreditación y evaluación de la educación superior en América Latina y el Caribe. Recuperado en 01 de diciembre, 2020, de https://www.researchgate.net/publication/242558278_Sistemas_de_acreditacion_y_evaluacion_de_la_educacion_superior_en_America_Latina_y_el_Caribe
- Rendón-Macías, M. E., Villasís-Keeve, M. Á., y Miranda-Navales, M. G. (2016). Estadística descriptiva. *Revista Alergia México*, 63(4), 397-407.
- Rodríguez Saif, M., y Tardo Fernández, Y. (2018). Indicadores de evaluación del impacto de la gestión académica de posgrado para la calidad de la formación pedagógica universitaria. *Opuntia Brava*, 10(2), 130-143. Recuperado en 28 de noviembre, 2020, de <http://200.14.53.83/index.php/opuntiabrava/article/view/93>
- Rodríguez-Ponce, E., Pedraja-Rejas, L., Araneda-Guirriman, C, González-Plitt, M, y Rodríguez-Ponce, J. (2011). El impacto del sistema de aseguramiento de la calidad en el servicio entregado por las universidades privadas en Chile. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 19(3), 409-419. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052011000300010>
- Stubrin, A. (2018). Entre la uniformidad y la atomización. Un aporte sobre los impactos del aseguramiento de la calidad sobre instituciones y programas universitarios en América Latina. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad-CTS*, 13(37). <http://ojs.revistacts.net/index.php/CTS/article/view/51>

Vries, Wietse de, León Arenas, Patricia, Romero Muñoz, José Francisco, y Hernández Saldaña, Ignacio. (2011) ¿Desertores o decepcionados? Distintas causas para abandonar los estudios universitarios. Revista de la educación superior, 40(160), 29-49. Recuperado en 09 de octubre de 2019, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-27602011000400002&lng=es&tlng=es.

6 ANEXOS

6.1 Indicadores IES históricos.

Tabla 10: Evolución deserción anual.

Evolución de Tasa de Deserción Anual IES

Año	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Continuidad	15,2%	14,5%	14,1%	14,6%	13,4%	13,8%	12,6%	11,1%
Inicio	23,1%	23,3%	22,7%	21,8%	21,9%	22,1%	17,4%	15,8%
Tasa de Deserción	17,9%	17,6%	17,3%	17,1%	16,2%	16,4%	14,1%	12,6%
Continuidad (N°)	6.410	6.722	7.039	8.294	8.447	9.180	8.449	7.855
Inicio (N°)	4.994	5.758	6.758	6.774	6.713	6.805	5.466	5.081
N° de Desertores	11.404	12.480	13.797	15.068	15.160	15.985	13.915	12.936

Fuente: Elaboración propia a partir de indicadores históricos de deserción anual en IES.

Tabla 11: Duración años de estudios.

Duración de Estudios de Cohorte de Ingreso (2009-2017) por Escuela y Nivel

Escuela	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	Promedio
Administración y Negocios	6,8	6,7	6,6	6,3	5,9	5,9	5,8	5,7	5,4	6,1
Comunicación	7,4	8,0	7,8	7,8	7,3	7,0	6,8	6,5	6,0	7,2
Construcción	8,1	7,7	7,5	7,1	6,6	6,6	6,6	6,3	5,8	6,9
Diseño	8,5	8,9	8,2	6,9	6,5	7,2	6,2	5,8	5,5	7,1
Informática y Telecom	8,0	7,6	7,2	7,0	6,6	6,6	6,6	6,4	5,6	6,8
Ingeniería	8,6	8,1	7,8	6,9	6,7	6,7	6,6	6,2	5,9	7,0
Recursos Naturales	8,8	8,7	8,2	6,9	6,5	6,5	6,3	6,2	5,7	7,1
Salud	7,2	7,2	7,3	6,7	6,2	6,0	5,8	5,6	5,3	6,4
Turismo	7,7	7,4	7,0	6,0	5,9	5,8	5,6	5,6	5,3	6,3
Total	7,5	7,3	7,2	6,7	6,3	6,3	6,1	5,9	5,5	6,5

Fuente: Elaboración propia a partir de indicadores históricos de deserción anual en IES.

6.2 Análisis parciales de datos de desempeño académicos.

Tabla 12: Asignaturas que tiene más de 20% de reprobación.

Cantidad de Asignaturas que tiene más de 20% de reprobación total.

Total Asignaturas	C1_ en 1 carrera	C1_ en 2 carreras	C1_ en 3 carreras	C1_ en más de 3 carreras
147	71	47	22	7

Fuente: Elaboración propia a partir de aplicación de criterio de vulnerabilidad 1 en IES.

Tabla 13: Registros académicos por asignatura.

Registros académicos consolidados años 2015 a 2017.

RAM_CODIGO	Estudiantes	%AR	%RR	%RI	% RT
ACA2101	481	77%	16%	6%	22%
ACC1101	913	74%	19%	7%	25%
ADS5201	44	73%	23%	5%	27%
ADV1101	104	79%	10%	12%	21%
AME5101	422	80%	14%	6%	20%
ANS1100	139	71%	22%	7%	29%
APS7301	49	80%	6%	14%	20%
AQB2402	310	80%	13%	7%	20%
AQP1402	380	69%	24%	7%	31%
ARF2402	359	61%	32%	7%	38%
ASO4461	371	72%	15%	13%	27%
ASY4001	33	76%	6%	18%	24%
ATS1101	713	77%	15%	7%	22%
AYC4201	112	70%	24%	6%	30%
CAP6101	317	67%	29%	4%	33%
CAS6201	106	56%	40%	5%	44%
CBS2100	113	62%	30%	8%	38%
CCM7301	264	71%	20%	8%	28%
CES1201	145	66%	25%	9%	34%
CES2201	114	80%	16%	4%	20%
CPI1101	921	72%	23%	5%	28%
DAI5501	523	70%	18%	12%	30%
DDI0010	31	74%	10%	16%	26%
DEA1101	962	68%	24%	8%	32%
DED4501	424	54%	29%	16%	46%

RAM_CODIGO	Estudiantes	%AR	%RR	%RI	% RT
DEJ4501	317	75%	16%	8%	24%
DEN4501	346	66%	24%	9%	34%
DEP5101	425	79%	13%	8%	21%
DEY4001	31	65%	6%	29%	35%
DFS0010	18	0%	100%	0%	100%
DHK1014	22	73%	5%	23%	27%
DHK1113	65	69%	20%	11%	31%
DIY5001	33	64%	15%	21%	36%
DJY4001	23	74%	17%	9%	26%
DNY4001	16	63%	25%	13%	38%
DPA7101	289	75%	19%	5%	24%
DPE5101	432	79%	16%	5%	21%
DPI1101	70	67%	27%	6%	33%
DRY1001	28	79%	4%	18%	21%
DRY1101	204	76%	14%	8%	23%
DSK1014	22	77%	23%	0%	23%
DSK1024	28	61%	21%	18%	39%
DSK1123	81	64%	23%	12%	36%
DSK1133	69	70%	17%	13%	30%
DSK1134	22	73%	9%	18%	27%
EAO2402	303	80%	13%	7%	20%
EDS3101	155	80%	13%	7%	20%
EDS5301	95	68%	11%	18%	28%
EMS3100	48	73%	15%	10%	25%
EST400	53	77%	8%	15%	23%
ETI1101	70	69%	26%	6%	31%
FAS1101	201	66%	25%	7%	33%
FDD1101	643	69%	21%	9%	30%
FDM3301	623	80%	11%	9%	20%
FDY3001	69	72%	14%	10%	25%
FGS1201	10	50%	50%	0%	50%
FIS1100	80	65%	20%	14%	34%
FIS2301	653	68%	20%	12%	32%
FPS6402	251	76%	20%	3%	24%
FSP1001	283	78%	14%	7%	22%
GSS3201	197	63%	17%	20%	37%
HIG1001	121	75%	11%	13%	24%
HIG1402	374	71%	21%	8%	29%

RAM_CODIGO	Estudiantes	%AR	%RR	%RI	% RT
HSL315	21	76%	19%	5%	24%
HTP1001	117	79%	3%	18%	21%
IAQ1001	129	57%	32%	12%	43%
IMI1101	932	79%	13%	8%	21%
INPV111	173	73%	9%	17%	26%
INPV211	126	74%	13%	12%	25%
INU211	3.004	80%	8%	12%	20%
IPM1101	197	77%	14%	9%	23%
ISB1001	127	63%	20%	17%	36%
ISB1402	389	74%	19%	7%	26%
ISR4001	115	77%	13%	10%	23%
ITP1201	140	77%	13%	10%	23%
LDS6301	194	80%	10%	9%	20%
MAT100	3.933	69%	21%	9%	31%
MAT1001	197	62%	26%	12%	38%
MAT200	2.884	67%	19%	13%	33%
MAT2001	143	60%	22%	18%	40%
MAT330	1.540	78%	13%	9%	22%
MAT430	247	70%	22%	7%	29%
MAT4301	41	80%	12%	7%	20%
MAT440	205	61%	27%	11%	38%
MBY1001	28	57%	25%	18%	43%
MBY1101	204	72%	21%	6%	27%
MBY2001	54	70%	20%	9%	30%
MCE4001	116	79%	12%	8%	20%
MDD2201	458	64%	24%	12%	36%
MES3201	14	64%	29%	7%	36%
MLS1001	132	58%	30%	12%	42%
MLS1402	406	67%	26%	6%	32%
MMS4401	960	66%	25%	8%	34%
MON1101	87	80%	8%	11%	20%
MS3101	9	0%	100%	0%	100%
MSS1201	102	77%	9%	14%	23%
NS5102	3	0%	100%	0%	100%
PAY1001	65	68%	20%	12%	32%
PAY1002	28	71%	18%	11%	29%
PAY1101	202	56%	35%	8%	43%
PBD3301	735	50%	43%	7%	50%

RAM_CODIGO	Estudiantes	%AR	%RR	%RI	% RT
PBY3301	74	49%	34%	16%	50%
PCF140	12	0%	100%	0%	100%
PCI1101	970	76%	19%	5%	24%
PDA1101	454	73%	20%	7%	27%
PES6201	167	67%	18%	14%	32%
PLC010	4.752	79%	11%	9%	21%
PLC011	147	76%	14%	10%	24%
PLC020	3.944	79%	9%	12%	21%
PLCV010	155	68%	12%	19%	32%
PLCV011	13	46%	31%	23%	54%
PLCV020	138	75%	9%	16%	25%
PLS4201	1	0%	100%	0%	100%
POO1501	455	72%	21%	6%	28%
POO2201	423	63%	23%	13%	37%
POO3501	723	53%	34%	13%	47%
POY1001	66	65%	20%	15%	35%
POY2001	47	66%	19%	15%	34%
POY3001	83	51%	27%	22%	48%
PPF7401	7	0%	86%	0%	86%
PPS5403	24	17%	38%	0%	38%
PPS5602	4	0%	50%	0%	50%
PQS511	13	69%	15%	15%	31%
PRS3201	161	71%	27%	2%	29%
PTT5101	289	76%	15%	5%	20%
PUCI004	1	0%	100%	0%	100%
PUCS004	1	0%	100%	0%	100%
QBS2100	176	78%	10%	13%	22%
RIS711	11	45%	55%	0%	55%
RIT1101	206	80%	13%	7%	20%
SGC6402	237	77%	19%	3%	23%
SGS6402	243	78%	14%	8%	22%
SLS5201	116	64%	25%	10%	35%
SMS2100	11	73%	27%	0%	27%
SMS3100	39	77%	13%	10%	23%
SPC3001	159	74%	17%	9%	26%
SSC5501	421	73%	21%	6%	27%
SSY1001	62	73%	18%	10%	27%
STM4402	341	76%	16%	8%	24%

RAM_CODIGO	Estudiantes	%AR	%RR	%RI	% RT
TAP2402	316	73%	12%	15%	27%
TCS411	9	56%	22%	22%	44%
TDS010	14	71%	14%	14%	29%
TDS6301	75	69%	17%	13%	31%
TES4111	29	69%	17%	7%	24%
TFI1101	73	71%	23%	5%	29%
TSC3001	155	78%	15%	7%	22%
XNA010	2	0%	50%	50%	100%

Fuente: Elaboración propia a partir de consolidación de información de desempeño académico.

6.3 Estrés de Malla considerando todas las asignaturas de las carreras

Nivel	cod_asig	Asignatura clave	Prerrequisito	Diurno	Vespertino	Total general
1	POO1501		PRERREQ	37,5%	100,0%	42,3%
1	PLC010			44,4%	40,0%	42,9%
1	PDA1101			41,2%	46,2%	43,3%
1	PAY1101		PRERREQ	51,7%		51,7%
1	MBY1101	Clave	PRERREQ	70,1%		70,1%
1	MAT100		PRERREQ	72,0%	33,3%	70,6%
1	PLC011		PRERREQ	73,9%		73,9%
1	INU111		PRERREQ	76,0%	50,0%	75,3%
1	DRY1101	Clave	PRERREQ	75,9%		75,9%
1	SSO1101			85,7%	100,0%	88,9%
3	PBD3301	Clave		54,8%	60,0%	55,2%
3	PBD3301	Clave	PRERREQ	41,4%	42,5%	41,7%
3	FDD1101			56,6%	45,5%	54,7%
3	POO3501		PRERREQ	62,0%	50,0%	59,4%
3	MAT330			78,6%	66,0%	74,3%
3	FET003			88,1%	83,3%	87,3%
3	INU311		PRERREQ	91,4%	90,6%	91,2%
5	PRL5461			58,5%	42,9%	55,2%
5	PPA5447			63,2%		63,2%
5	DAI5501			65,9%	54,5%	63,6%
5	PFT5447			66,7%	0,0%	63,6%
5	IDS5501			76,7%	100,0%	77,8%
5	IDS5501		PRERREQ	70,0%	74,1%	71,1%
5	SSC5501			70,7%	81,5%	75,0%
5	INU511		PRERREQ	83,1%	85,0%	83,8%
5	ABD5502			84,7%	93,9%	88,4%
7	PPF7461			47,4%	55,6%	50,0%
7	INS7501	Clave		70,1%	70,3%	70,2%
7	PEI120			87,7%	90,7%	88,8%
7	MBI7501			90,1%	86,5%	88,9%
7	GPI7501	Clave		98,6%	80,0%	92,0%
7	MDC7501			95,5%	87,5%	92,1%
7	ESP500			94,6%	92,9%	93,9%

8	PFT8461			100,0%	100,0%	100,0%
---	---------	--	--	--------	--------	--------

Fuente: Elaboración propia a partir de información de desempeño académico e intranet IES.

6.4 Diagrama de actividad completo relacionado al modelo algorítmico de cálculo.

