

**Evaluación del Estado Académico de los Estudiantes del Programa de Ingeniería Industrial
como Herramienta de Alerta Temprana en la Permanencia Estudiantil Mediante el uso de
Cadenas de Markov**

María Caballero Díaz



Departamento de Innovación & Proyectos

Universidad de la Costa, CUC

Facultad de Ingeniería

Ingeniería Industrial

Barranquilla - Atlántico

29 de septiembre de 2022

**Evaluación del Estado Académico de los Estudiantes del Programa de Ingeniería Industrial
como Herramienta de Alerta Temprana en la Permanencia Estudiantil Mediante el uso de
Cadenas de Markov**

María Caballero Díaz

Proyecto de grado presentado como requisito para optar el título de Ingeniero Industrial

Tutor: Ing. Thalia Obredor Baldovino Ms. C.

Cotutor: Ing. Yulineth Gómez Charris Ms. C.

Universidad de la Costa, CUC

Facultad de Ingeniería

Ingeniería Industrial

Barranquilla - Atlántico

29 de septiembre de 2022

Agradecimientos

El presente trabajo investigativo lo dedico principalmente a Dios. A mi madre, que ha sido siempre el motor que impulsa mis metas, quien estuvo a la distancia con una voz de aliento. Constantemente siendo una guía de esfuerzo, y dedicación. Hoy cuando estoy por concluir esta etapa, le dedico este logro con todo el amor que ella siempre me profesa. A Armando, por su guía y apoyo. Finalmente, a mis tutoras por toda la asesoría, y disposición que siempre tuvieron.

María Caballero Díaz

Resumen

Para la Universidad de la Costa, así mismo para la facultad de Ingeniería Industrial, los estudiantes son el eje fundamental de su funcionamiento, por consiguiente, es esencial la continuidad y culminación de su proceso formativo como profesionales. Sin embargo, la permanencia estudiantil no es tarea fácil, entendida como el cumulo de acciones o estrategias en conjunto que procuran preservar a los alumnos que se han inscrito a los distintos programas de formación. El presente trabajo investigativo pretende evaluar el estado académico de los estudiantes del programa de Ingeniería Industrial en la Universidad de la Costa como herramienta de alerta temprana en la permanencia estudiantil mediante el uso de Cadenas de Markov, en una cohorte comprendida de 2014-1 a 2019-1. Para efectuar lo dicho anteriormente se realizó la representación el estado académico de los estudiantes mediante un proceso de Markov lo cual permite analizar la proyección académica de estos. A su vez, en este modelo se implica la relación de estados del estudiante tales como activo, ausente, desertor y egresado. De manera que se determine la permanencia en la Universidad en estado activo o ausente, la probabilidad de graduarse, la probabilidad de deserción, e identificar las variables críticas de esta problemática. Finalmente, con base en los análisis de la información inmediatamente anterior se procede a determinar estrategias o alertas tempranas en la permanencia estudiantil.

Palabras clave: permanencia estudiantil, cadenas de Markov, estados, modelo, estrategias

Abstract

For the Universidad de la Costa, as well as for the Faculty of Industrial Engineering, students are the fundamental axis of its operation, therefore, the continuity and culmination of their training process as professionals is essential. However, student permanence is not an easy task, understood as the accumulation of actions or joint strategies that seek to preserve the students who have enrolled in the different training programs. The present investigative work aims to evaluate the academic status of the students of the Industrial Engineering program at the Universidad de la Costa as an early warning tool in student permanence through the use of Markov Chains, in a cohort from 2014-1 to 2019. -One. To carry out what was said above, the representation of the academic status of the students was carried out through a Markov process, which allows analyzing their academic projection. In turn, this model implies the relationship of student states such as active, absent, dropout and graduate. So that the permanence in the University in an active or absent state, the probability of graduating, the probability of desertion, and identifying the critical variables of this problem are determined. Finally, based on the analysis of the immediately previous information, early warning strategies for student permanence are determined.

Keywords: student permanence, Markov chains, states, model, strategies

Contenido

Lista de tablas, figuras y abreviaciones	8
Tablas	8
Figuras	9
Listado de abreviaciones.....	11
Introducción	12
Aspectos generales del proyecto	13
Planteamiento del Problema	13
Justificación	17
Objetivos.....	20
General	20
Específicos	20
Estado del arte.....	21
Marco conceptual.....	34
Marco teórico.....	37
Retención y permanencia.....	38
Deserción	40
Deserción estudiantil en Colombia	41
Deserción estudiantil en los programas de ingeniería.....	43
Estrategias de permanencia en Educación Superior Colombiana	44
Factores de deserción.....	45
Cadenas de Márkov.....	47
Propiedades de la cadena de Márkov	48
Ventajas y desventajas de la cadena de Márkov	49
Metodología de la investigación	50
Población y muestra.....	50
Tipo de investigación.....	51
Diseño metodológico	51
Fase 1: Recopilación y procesamiento de la información.....	52
Fase 2: Representación del estado académico en un proceso Markoviano.....	54
Fase 3: Análisis de la representación del estado académico	67
Resultados	73

Conclusiones 75

Recomendaciones 77

Referencias..... 78

Lista de tablas, figuras y abreviaciones**Tablas**

Tabla 1. <i>Listado de Abreviaciones</i>	11
Tabla 2. <i>Resultados de cadena de Markov respecto al periodo académico 2014-1 a 2014-2</i>	55
Tabla 3. <i>Resultados de cadena de Markov respecto al periodo académico 2014-2 a 2015-1</i>	55
Tabla 4. <i>Resultados de cadena de Markov respecto al periodo académico 2015-1 a 2015-2</i>	55
Tabla 5. <i>Resultados de cadena de Markov respecto al periodo académico 2015-2 a 2016-1</i>	56
Tabla 6. <i>Resultados de cadena de Markov respecto al periodo académico 2016-1 a 2016-2</i>	56
Tabla 7. <i>Resultados de cadena de Markov respecto al periodo académico 2016-2 a 2017-1</i>	56
Tabla 8. <i>Resultados de cadena de Markov respecto al periodo académico 2017-1 a 2017-2</i>	57
Tabla 9. <i>Resultados de cadena de Markov respecto al periodo académico 2017-2 a 2018-1</i>	57
Tabla 10. <i>Resultados de cadena de Markov respecto al periodo académico 2018-1 a 2018-2</i>	57
Tabla 11. <i>Resultados de cadena de Markov respecto al periodo académico 2018-2 a 2019-1</i>	58
Tabla 12. <i>Cadena de Markov respecto al periodo académico 2014-1 a 2014-2</i>	58
Tabla 13. <i>Cadena de Markov respecto al periodo académico 2014-2 a 2015-1</i>	59
Tabla 14. <i>Cadena de Markov respecto al periodo académico 2015-1 a 2015-2</i>	60
Tabla 15. <i>Cadena de Markov respecto al periodo académico 2015-2 a 2016-1</i>	61
Tabla 16. <i>Cadena de Markov respecto al periodo académico 2016-1 a 2016-2</i>	62
Tabla 17. <i>Cadena de Markov respecto al periodo académico 2016-2 a 2017-1</i>	62
Tabla 18. <i>Cadena de Markov respecto al periodo académico 2017-1 a 2017-2</i>	63
Tabla 19. <i>Cadena de Markov respecto al periodo académico 2017-2 a 2018-1</i>	64
Tabla 20. <i>Cadena de Markov respecto al periodo académico 2017-2 a 2018-1</i>	65
Tabla 21. <i>Cadena de Markov respecto al periodo académico 2018-2 a 2019-1</i>	66

Figuras

Figura 1. <i>Tasa de deserción anual según nivel de formación 2019</i>	15
Figura 2. <i>Abordajes para el análisis de casos de deserción en programas universitarios</i>	22
Figura 3. <i>Fases del Diseño Metodológico</i>	52
Figura 4. <i>Datos Originales del estado académico de los estudiantes de ingeniería industrial de la universidad de la Costa</i>	53
Figura 5. <i>Representación gráfica del espacio de estados y transición del periodo que abarca 2014-1 a 2014-2</i>	67
Figura 6. <i>Representación gráfica del espacio de estados y transición del periodo que abarca 2014-2 a 2015-1</i>	68
Figura 7. <i>Representación gráfica del espacio de estados y transición del periodo que abarca 2015-1 a 2015-2</i>	68
Figura 8. <i>Representación gráfica del espacio de estados y transición del periodo que abarca 2015-2 a 2016-1</i>	69
Figura 9. <i>Representación gráfica del espacio de estados y transición del periodo que abarca 2016-1 a 2016-2</i>	69
Figura 10. <i>Representación gráfica del espacio de estados y transición del periodo que abarca 2016-2 a 2017-1</i>	70
Figura 11. <i>Representación gráfica del espacio de estados y transición del periodo que abarca 2017-1 a 2017-2</i>	70
Figura 12. <i>Representación gráfica del espacio de estados y transición del periodo que abarca 2017-2 a 2018-1</i>	71
Figura 13. <i>Representación gráfica del espacio de estados y transición del periodo que abarca 2018-1 a 2018-2</i>	71

Figura 14. *Representación gráfica del espacio de estados y transición del periodo que abarca 2018-2 a 2019-1* 72

Figura 15. *Probabilidades de partir de cualquier estado a un estado de estudiante ausente o desertor...* 75

Listado de abreviaciones**Tabla 1***Listado de Abreviaciones*

Abreviación	Significado
MEN	Ministerio de Educación Nacional
ESPADIES	Sistema Para La Prevención De La Deserción De La Educación Superior
ALEF	Altos Estudios de Frontera
PASPE	Programa de Acompañamiento y Seguimiento Para la Permanencia Estudiantil
OVA	Objetos Virtuales de Aprendizaje
OEA	Organización de los Estados Americanos
IES	Instituciones de Educación Superior
TIC	Tecnologías de la Información y las Comunicaciones
AICD	Agencia Interamericana para la Cooperación y el Desarrollo
UPN	Universidad Privada del Norte
ESS	Encuesta de Satisfacción de Servicios
IDS	Índice de Deserción Semestral

Nota. Abreviaciones utilizadas en la estructura del proyecto de investigación. Elaboración propia, 2022.

Introducción

Actualmente, las instituciones de educación superior tienen como reto principal disminuir la deserción en la población estudiantil, la cual puede derivar de múltiples causas donde intervienen un sinnúmero de factores como económico, social, familiar, entre otros. En Colombia ha sido un fenómeno de gran importancia, según cifras del SPADIES en el año 2018 a nivel nacional los universitarios presentaron una tasa de deserción del 8,79% el cual se ha mantenido en comparación a los 8 años anteriores. ("Estadísticas de Deserción - Sistemas Información", 2016)

En otro aspecto, en la última década se ha incrementado el acceso a educación superior, aun así, este incremento se ha visto empañado por la problemática expuesta anteriormente. Por consecuencia esto tiene costos no sólo económicos, también sociales e incluso emocionales que afecta al estudiantado, familias, las instituciones de educación superior y el gobierno de la república. Además, cabe destacar que también afecta la oportunidad de acceso de nuevos estudiantes, ya que al existir un alto grado de deserción esto repercute en la durabilidad para estudiantes antiguos en la obtención del título universitario.

Por otra parte, con base en los datos entregados por departamento de planeación de la Universidad de Costa, véase *Figura 3*, es claro evidenciar que el programa de Ingeniería Industrial tuvo latente esta problemática durante la cohorte comprendida entre el periodo 2014-1 hasta 2019-1. En este orden de ideas, en el presente trabajo se planteará el estudio de esta por medio del análisis del proceso Markov, y los resultados arrojados serán implementados para el análisis y creación de posibles estrategias. Para terminar, al final del documento se presentan las conclusiones respectivas.

Aspectos generales del proyecto

Planteamiento del Problema

Existen muchos autores que han estudiado temas entorno a la educación. Por su parte, el autor León (2007) ha manifestado lo siguiente:

La educación es un proceso humano y cultural complejo. Para establecer su propósito y su definición es necesario considerar la condición y naturaleza del hombre y de la cultura en su conjunto, en su totalidad, para lo cual cada particularidad tiene sentido por su vinculación e interdependencia con las demás y con el conjunto. (p. 596)

Sin embargo, lo descrito anteriormente se ve afectado por la deserción estudiantil; los autores Olaya et al. (2020) plantean que este fenómeno se da cuando el estudiante abandona por voluntad propia su programa de estudios anticipadamente. Es posible destacar que esta problemática tiene el vilo a instituciones públicas y privadas de educación superior, ya que además de asumir un largo periodo de tiempo para la reincorporación del estudiantado, también se contempla el impacto de forma negativa para el bienestar de estos.

Por otra parte, la deserción prematura no sólo causa pérdidas monetarias, asimismo también costos sociales. *“La deserción se debe a diferentes factores académicos y no académicos específicos del contexto. El rendimiento académico y el habitus institucional, así como la demografía, la interacción social, las limitaciones financieras, la motivación y la personalidad”* (Olaya et al. 2020, p. 1).

La deserción es una realidad para las universidades en todo el mundo, especialmente en Latinoamérica. La deserción causa pérdidas de recursos difíciles de cuantificar, sobre todo para las universidades, cuya gestión financiera depende en gran parte de los ingresos provenientes de sus carreras de pregrado, en las que este fenómeno se da como un hecho cierto, sin existir una

medida de valoración de los efectos económicos que crea para cada institución (Améstica-Rivas, 2020), El motivo principal de la deserción según varios autores es la pérdida de carrera asociada a rendimiento académico y al hecho de que la mayoría de los estudiantes desertores tenía como fuente de financiamiento un crédito o una beca (Castillo-Sánchez, 2020) (Mayra Alban, 2019).

Para el caso del Espacio Europeo de Educación Superior (EEES), conformado por 47 países por 47 países, la tasa de deserción varía de un 20 % a un 55 %. En el ámbito latinoamericano las mediciones de deserción van de un 8 % a un 48 % (Deyser Gutiérrez A, 2021). Según la Organización de las Naciones Unidas (ONU), la tasa de deserción universitaria de 2016 fue del 40 % en varios países de América Latina, como Colombia y Ecuador, y de aproximadamente el 54 % en Brasil (Mayra Alban, 2019).

El acceso universal a la educación superior en las últimas dos décadas ha aumentado en general en todas partes del mundo. Entre el año 2000 y 2018, la tasa bruta de matriculación (TBM) en la educación superior mundial aumentó del 19% al 38%. En el mismo período, la TBM de los hombres aumentó del 19% al 36%, mientras que la de las mujeres fue del 19% al 41%, las mujeres han sido las principales beneficiarias del aumento del acceso a la educación terciaria (UNESCO, 2020); muchos de estos estudiantes provenían de familias de clase y media bajas, algo que no se había visto en años anteriores (González Catalán, 2018).

El crecimiento de la matrícula en América Latina y el Caribe ha estado acompañado por una gran expansión por el lado de la oferta. Desde principios de los años 2000, se han abierto aproximadamente 2.300 IES nuevas y se han creado 30.000 programas nuevos. Por lo tanto, aproximadamente un cuarto de las IES actuales y la mitad de los programas actuales fueron creados desde principios de los años 2000. Según la Organización de las Naciones Unidas

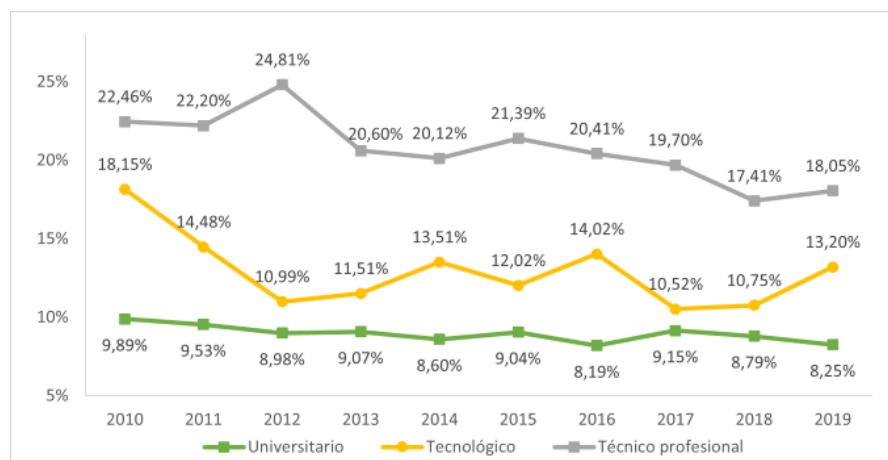
(ONU), la tasa de deserción universitaria de 2019 fue del 40 % en varios países de América Latina, como Colombia, Ecuador, y en Brasil aproximadamente se situó en el 54 % siendo el país con el indicador más alto de deserción universitaria (Ferreyra, 2017).

En Colombia el ministerio de educación cuenta con el Sistema para la Prevención y Análisis de la Deserción en las Instituciones de Educación Superior (SPADIES) hace parte del Sistema Nacional de Información de la Educación Superior (SNIES) y puede entenderse como un módulo particular de este último aplicado al seguimiento especializado de un fenómeno de especial interés del sector como lo es la deserción estudiantil.

En la figura 1 se puede observar que para el año 2019, la tasa de deserción anual para los programas universitarios se ubicó en 8,25%, lo cual traduce una variación potencial con respecto al 2010 de 1,1% (Mineducación, 2019), la tasa de deserción universitaria es más baja con respecto a los programas técnicos y tecnológicos, no obstante, en el ámbito colombiano, la deserción se ubica en un 48.8 %.

Figura 1

Tasa de deserción anual según nivel de formación 2019.



Nota. Tasa de deserción anual según nivel de formación 2019, Sistema para la Prevención y Análisis de la Deserción en las Instituciones de Educación Superior –SPADIES, año 2020.

La deserción voluntaria universitaria en pregrados de Ingeniería también ha sido estudiada por otros autores se reporta que en la mayoría de los casos, la deserción anual por género es mayor en el sexo masculino, algunos de las universidades con pregrados de ingeniería que han reportado deserción entre 20 y 30% son: Universidad de La Guajira, Universidad de Sucre, Universidad del Pacífico, Universidad Militar Nueva Granada, Universidad Nacional de Colombia-Sede Bogotá y Universidad Tecnológica del Chocó. Las universidades que reportaron una deserción de más del 30% son: Universidad de Nariño, Universidad del Pacífico y Universidad Militar Nueva Granada (Mónica Lizeth Sánchez-Arévalo, 2018). Cabe resaltar que la educación universitaria registra un menor porcentaje de deserción que para el sector oficial es del 8.57 % y para el sector privado es del 9.67 % (Mónica Lizeth Sánchez-Arévalo, 2018).

Llevando a cabo un análisis de los resultados arrojados por el MEN, respecto a la deserción y permanencia en educación superior, es posible destacar que año tras año los índices son cada vez más altos, como consecuencia miles de estudiantes suspenden su programa académico, incrementando el tiempo de duración de la carrera, y ralentizando procesos de aprendizaje que traen consigo disminución del promedio académico.

Por otra parte, los autores Acevedo et al. (2015) concuerdan en que es necesario llevar a cabo un seguimiento que proporcione datos coherentes, y al mismo tiempo sean verídicos con relación a las causas determinantes por las cuales los estudiantes deciden suspender su programa académico precipitadamente.

El uso de procesos estocásticos como lo son las cadenas de Markov es un método que según Coronado et al. (2016) “es una alternativa útil para la interpretación y estimación universitaria”. (p. 272). Es decir, existe la posibilidad de predecir el rendimiento de los estudiantes por medio de esta herramienta.

Es de vital importancia establecer estrategias que generen una disminución de la deserción, infiriendo de esta forma que los estudiantes eviten ausentarse de su programa.

El presente estudio tiene como objetivo evaluar el estado académico de los estudiantes del programa de Ingeniería Industrial como herramienta de alerta temprana en la permanencia estudiantil mediante el uso de Cadenas de Markov. De lo anterior surge el siguiente interrogante:

¿De qué forma el estado académico del programa de ingeniería industrial puede ser evaluado mediante el uso de cadenas de Markov como herramienta de alerta temprana?

Justificación

Con base a lo que exponen los autores Prior et al. (2021) es posible resaltar que la educación es un pilar fundamental dentro del desarrollo de la calidad de vida de los ciudadanos de un país. Sin embargo, existe una brecha enorme en desigualdad en Colombia dado que los costos educativos son cada vez más altos, y no todos sus ciudadanos tienen la misma oportunidad de acceso.

Otra problemática que en este caso manifiestan los autores Bonilla-Mejía et al. (2019) es que existe una amplia oferta de educación superior, sin embargo, las retribuciones monetarias al terminar la carrera profesional son variadas y las ofertas laborales escasas. Las diferencias salariales entre universidad, títulos y campos de estudio son cuantiosas. “Existe una alta heterogeneidad en el sistema de educación superior colombiano en términos de oferta, acceso, ayuda financiera, costos y beneficios entre universidades y carreras” (p. 3). Con base en lo mencionado anteriormente es posible determinar que tomar la decisión de iniciar una carrera profesional y no desistir en el lapso destinado para ello, es una tarea difícil para los colombianos, creando como consecuencia altas probabilidades de deserción o ausentismo.

En una investigación sobre estrategias de permanencia universitaria realizada por los autores Espinosa-Castro et al. (2020), se afirma que “los niveles de deserción están entre 42% y 47%. A su vez esto ocurre principalmente en el primer y segundo semestre académico, así como también en el último semestre cuando es momento de presentar la tesis o proyecto de grado”. (p. 91). Además, se añade que “la meta fundamental de un sistema educativo eficiente es la culminación de los procesos académicos con éxito, disminuir las cifras de abandono, deserción y lograr la permanencia”. (p. 88)

Para 2030, los objetivos de desarrollo sostenible ODS buscan garantizar que todos los alumnos adquieran los conocimientos teóricos y prácticos necesarios para promover el desarrollo sostenible, entre otras cosas mediante la educación para el desarrollo y la adopción de estilos de vida sostenibles. (Organización de las Naciones Unidas, 2018)

Desde el punto de vista normativo cobra relevancia la investigación puesto que las todas las IES requieren tener un control estadístico de deserción, así mismo, el Ministerio de Educación Nacional de Colombia en el año 2002 creo el SPADIES, con el fin de hacer seguimiento a las instituciones de educación superior e identificar los factores y determinantes que conllevan a los estudiantes a desertar de sus estudios (Mineducación, 2010).

La presente investigación desde el punto de vista académico cobra importancia en cuanto a la aplicación de conocimiento adquirido en modelos de análisis de datos probabilísticos tales como las cadenas de Márkov que se usan para predecir comportamientos y posibles escenarios partiendo desde una serie de datos, la aplicación del conocimiento a problemas es una manera de observar y medir la capacidad de los estudiantes en validar las diferentes áreas de conocimiento recibida en la etapa de pregrado (Vlada, (2009).). Los resultados de la presente investigación brindan

información de la realidad de la problemática en estudio, de igual manera, busca alternativas de solución y evaluación en función del impacto o resultado de problemas estudiados.

Desde el punto de vista financiero, los programas de ingenierías muestran una gran demanda, y la oferta por parte de otras instituciones con acreditación de alta calidad constituyen una competencia en cuanto al mercado estudiantil; es por ello, que el seguimiento del factor deserción es un indicador clave en el cual las IES ahondan en estrategias para la permanencia del alumno y la culminación exitosa de sus estudios.

La Universidad de la Costa, objeto de estudio, es una Institución de Educación Superior dedicada a la formación de ciudadanos integrales; presenta una problemática concerniente a su alto nivel de deserción. En este sentido, la presente investigación se enfocará en evaluar el estado académico de estudiantes del programa de Ingeniería Industrial, como una herramienta que evite la deserción estudiantil antes de culminar el periodo lectivo correspondiente.

Finalmente, se puede resaltar que estos resultados constituyen un insumo preliminar o línea base investigativa sobre los diferentes factores que inciden en la deserción de estudiantes del programa de ingeniería industrial en la CUC, de esta manera este trabajo aportaría lineamientos metodológicos para el estudio de otros factores y la realización de un modelo predictivo multifactorial.

Objetivos***General***

- Evaluar el estado académico de los estudiantes del programa de Ingeniería Industrial como herramienta de alerta temprana en la permanencia estudiantil mediante el uso de Cadenas de Markov

Específicos

- Realizar un diagnóstico del estado académico de los estudiantes del programa de Ingeniería Industrial.
- Representar el estado académico de los estudiantes del programa de Ingeniería Industrial mediante un proceso de Markov permitiendo analizar la proyección académica de estos.
- Analizar la representación del estado académico del programa para determinar estrategias de alertas tempranas en la permanencia estudiantil.

Estado del arte

Para dar mayor validez a la fundamentación teórica de esta investigación es necesaria la revisión de trabajos anteriores enfocados en las variables Permanencia estudiantil y Cadenas de Márkov. Por otra parte, en este mismo capítulo se desarrollan las bases teóricas y las definiciones de términos básicos con la finalidad de esclarecer las interrogantes que giran en torno al tema de estudio.

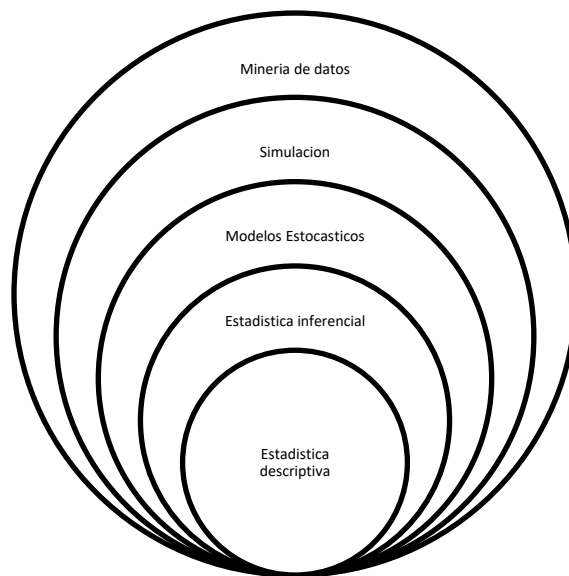
Los estudios reportados en las diferentes bases de datos reflejan cinco abordajes principales para el análisis del fenómeno de deserción estudiantil a nivel universitario y programas de ingeniería, los cuales son: la estadística descriptiva, la Estadística inferencial, modelos estocásticos, Minería de datos, simulación, estas con diferentes niveles de precisión y complejidad en la formulación del análisis.

Antes de analizar las técnicas utilizadas para la construcción de modelos predictivos, en procesos de minería de datos, es necesario comprender tanto la definición del término como las metodologías empleadas para los procesos de tratamiento de datos. Si bien existen dos grandes enfoques para abordar este tipo de estudios, como son: el enfoque orientado a los datos (DataDriven Approaches - DDA) y el enfoque orientado al conocimiento (Knowledge-Driven Approaches – KDA). Por la tipología de estudio, este proyecto se ha decantado por el uso del primer enfoque. El DDA contempla diferentes categorías, como son: análisis de umbral (Threshold Analysis), métodos de aprendizaje automático (Machine Learning Methods – MLM), métodos de regresión (Regression Methods) y técnicas de correspondencia de curvas (Curve Matching Techniques) (A.Camargo, 2020)

Luego de un exhaustivo análisis de la literatura científica, se ha evidenciado que la categoría MLM es de las más utilizadas para procesos de clasificación con miras a la predicción. A su vez, esta categoría contempla una serie de subcategoría de métodos, tales como: clasificadores bayesianos (Bayesian Classifiers - BC), clasificadores basados en instancias (Instancie Base Classifiers), máquinas de soporte vectorial (Suporta-Vector Machine – SVM), árboles de decisión (Decisión Tres – DT), redes neuronales artificiales (Artificial Neural Networks), lógica difusa (Fusca Lógica) y modelos de Markov (Markov Modelos), entre otras. Daba la amplia diversidad de subcategorías y de técnicas propias de cada una de éstas, el estudio se basó concretamente en las subcategorías: DT, SVM y BC, cada una de ellas son descritas en el cuerpo de esta sección. Posteriormente se conceptualizan las métricas que permiten evaluar la calidad de los modelos generados a partir de la implementación de las técnicas (A.Camargo, 2020).

Figura 2

Abordajes para el análisis de casos de deserción en programas universitarios.



Nota. Abordajes para el análisis de casos de deserción en programas universitarios, Elaboración propia, 2022.

Entre los estudios que usaron estadística descriptiva e inferencial se encuentra en primer lugar, la investigación de Sánchez et al. (2017), Titulada: “Análisis de la deserción y los factores asociados a la permanencia estudiantil en una universidad peruana”, donde el objetivo general fue analizar la deserción y los factores asociados a la permanencia estudiantil en estudiantes matriculados en los primeros ciclos en la Universidad Privada del Norte (UPN), sede Trujillo, en el periodo académico 2008-2012, se aplicó una Encuesta de Satisfacción de Servicios (ESS), así como se recabó información de la dependencia de matrícula. El análisis de los datos implicó estimar el Índice de Deserción Semestral (IDS) y valorar la relación entre los distintos factores de la ESS. Los resultados revelaron un incremento anual del IDS; por su parte, se predice permanencia estudiantil si se satisface al estudiante, al garantizar calidad académica y en infraestructura. Se concluye que la deserción tiene consecuencias negativas para la institución; por ello, es una necesidad identificar otros factores que predigan retención estudiantil.

Para el desarrollo del presente estudio se adoptó una investigación descriptiva de tipo selectiva y corte transversal, ya que se utilizó información académica específica y se emplearon datos procedentes de una encuesta aplicada a estudiantes matriculados en los primeros ciclos de estudio.

Se tomó como referencia Sánchez et al. (2017), principalmente porque estudió la variable de la Permanencia estudiantil aplicado al mismo sector. Por este motivo, sus resultados pueden servir de gran aporte a la hora de analizar datos para el presente trabajo como también sirve de guía para el estudio de los objetivos relacionados con la variable de estudio.

Por otra parte, Espinosa & Mariño (2018), llevaron a cabo el libro titulado “Estrategias para la permanencia estudiantil universitaria”, Cuyo objetivo principal es proponer estrategias

gerenciales en el factor institucional, académico, personal y económico, que permita minimizar los índices de deserción estudiantil en los programas de pregrado de las universidades, el libro *Estrategias para la permanencia estudiantil universitaria*, presenta el resultado de una investigación realizada adscrita al Grupo Altos Estudios de Frontera (ALEF) de la Universidad Simón Bolívar sede Cúcuta, sobre la problemática de la deserción estudiantil considerando los aspectos institucional, académico, personal/individual y económico que integran al fenómeno como sus variables.

El estudio fue realizado en el contexto del nivel de pregrado de IES, utilizó una muestra de 1207 desertores, e involucró la emergencia de acciones que pueden ser implementadas desde la gerencia universitaria, con respecto a las variables consideradas en la investigación para minimizar los índices de deserción estudiantil en los programas de pregrado.

El trabajo investigativo sobre los principales determinantes de la deserción, orientaron la creación del conjunto de estrategias que en este libro se presentan y que como un todo se concibe a modo de innovación organizacional, cuya implementación, coadyuvará al establecimiento de planes o proyectos de acción en los programas académicos de pregrado y a la toma de decisiones.

Es de este modo que el libro es relevante, pues su contenido contribuye al desarrollo de institución universitaria, al enfrentar uno de los problemas educativos de interés a nivel global, aportando una alternativa estratégica para su solución. Las estrategias propuestas, aunque muy bien pueden ser implementadas en otros escenarios universitarios, no dejan de ser referentes para esas instituciones.

Espinosa & Mariño (2018), utilizaron la variable de permanencia estudiantil para el estudio. Al mismo este trabajo, es de gran utilidad como guía para el desarrollo del marco metodológico, específicamente en la determinación del instrumento de recolección de datos.

Al mismo tiempo, se analizó el contenido de Quintero et al. (2021), con el título “Permanencia estudiantil en programas de posgrado e-learning: un caso de estudio”, el objetivo principal de esta investigación es examinar los factores que inciden en la permanencia estudiantil en un programa académico de posgrado en metodología virtual de una universidad colombiana. A través de revisión de literatura en programas de educación superior y el desarrollo de un ejercicio de percepción aplicado a estudiantes, se determinan situaciones que afectan la continuidad académica y se generan estrategias para el fomento de la permanencia y graduación de estudiantes.

Los resultados muestran que los factores con mayor incidencia en la permanencia estudiantil son de carácter individual, socioeconómico y académico, mientras que los factores tecnológicos e institucionales se consideran de menor relevancia.

Se establece que en tanto las motivaciones que conllevan a los estudiantes a abandonar sus estudios son diversas y complejas, se precisan estrategias que aborden la permanencia desde diferentes dimensiones y fortalezcan la institución en el análisis de escenarios internos y externos para mejorar la calidad educativa y la finalización exitosa de la formación.

Se tomó como referencia Quintero, et al. (2021), principalmente porque estudió la variable de la permanencia estudiantil. Por este motivo, sus resultados pueden servir de gran aporte a la hora de analizar datos para el presente trabajo. Igualmente sirve de guía para el estudio de los objetivos relacionados con la variable estudiada.

Otros autores como Cassiano, et al. (2016), en su estudio titulado “Identidad Profesional Como Factor Explicativo De La Permanencia Estudiantil” hace énfasis que a partir del reconocimiento de la orientación vocacional como una de las variables asociadas a la deserción temprana en el ámbito universitario, el trabajo busco identificar los motivos de elección de carrera relacionados con la permanencia estudiantil, los motivos más frecuentes de elección de acuerdo con el campo profesional y la influencia del motivo de elección de carrera sobre el rendimiento académico.

En el estudio se empleó un diseño exploratorio mixto para analizar los motivos de elección de carrera de 561 estudiantes de la Universidad Católica de Colombia, a quienes se les hizo seguimiento de su permanencia y rendimiento un semestre después de haber recolectado la información (durante el primer semestre académico del programa).

Los resultados mostraron que los tres motivos que mayor incidencia tienen en la permanencia estudiantil son: 1.) Tener un interés en la carrera basado en experiencias académicas o laborales previas, afines al campo de estudio, 2.) Visualizar una proyección laboral definida en el campo de acción de la carrera elegida, y 3.) Reconocer en sí mismo habilidades requeridas para desempeñarse en el campo de acción.

Asimismo, se identificó que tener vinculación laboral previa en el campo de la carrera influye positivamente sobre el rendimiento académico, mientras que seleccionar la carrera por influencia familiar, se relaciona con un bajo promedio académico. Dichos resultados constituyen un elemento relevante en el desarrollo de metodologías evaluativas y de intervención en la orientación vocacional de estudiante universitario.

La investigación de Cassiano et al. (2016), sirve de aporte para este trabajo porque se enfoca en la variable de la permanencia estudiantil. Por esta razón, servirá de apoyo teórico al momento de desarrollar los lineamientos que permitan mejorar la calidad estudiantil.

➤ *Uso de modelos estocásticos*

En cuanto a los estudios que se basaron en Cadenas de Márkov para el análisis de la deserción estudiantil se registra en la literatura diversas aplicaciones en el ámbito universitario como referente a la presente investigación, entre los estudios identificados se encontraron:

González, et al (2020), en su artículo “Modelación de la deserción universitaria mediante cadenas de Márkov”, investigación centrada en la definición de un índice como estimador del riesgo a la deserción individual, utilizando en tal modelación las cadenas de Márkov, con base en la aleatoriedad de la ocurrencia del fenómeno de la deserción.

El índice sugerido se aplica a una muestra de 5700 estudiantes universitarios de las cohortes anuales 2012-2015 de 8 facultades, todas ellas pertenecientes a una universidad pública y regional de Chile.

Los resultados indican que las mayores probabilidades de deserción se presentan en los 2 primeros semestres de estudios, con una probabilidad promedio superior al 39 %, que luego disminuye a lo largo de los años.

Esto obliga a las políticas institucionales a una fuerte inversión focalizada en el primer año, asimismo, disponer de este índice permite una estimación formal para cambios o variaciones temporales del riesgo y cuantificar el impacto de las intervenciones, no solo para el caso en estudio, sino para todo el sistema de educación superior.

En otro orden de ideas, se tomaron como antecedentes otros trabajos que hacen referencia a la variable de cadenas de Márkov, también estudiada por la presente investigación. Como segunda referencia tenemos el artículo de Otero, et al. (2016), bajo el título “Análisis de la retención de estudiantes de ingeniería basado en la pérdida consecutiva de una misma asignatura. Un enfoque de Cadenas de Markov”.

El objetivo principal de esta perspectiva es determinar cómo se relacionan los factores con la decisión de desertar, permitiendo identificar grupos de estudiantes que requerirían un acompañamiento adicional y enfocar los esfuerzos de la universidad para aumentar el nivel de retención universitaria.

Otro investigación para considerar es el de Bolívar et al. (2016), “Modelos de Márkov para la trayectoria académica de estudiantes de la UJAT” La investigación se enfocó en la teoría de cadenas de Márkov homogéneas a tiempo discreto, específicamente, la teoría respecto a los tiempos y probabilidades de absorción, pronosticamos el tiempo promedio de egreso y el tiempo promedio de retiro para los estudiantes de la licenciatura en matemáticas de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT), así como la probabilidad para cada semestre de, eventualmente, desertar o egresar, este estudio sirve de aporte para este trabajo porque se enfoca en la variable de estudio basado en las cadenas de Márkov. Por esta razón, servirá de apoyo teórico al momento de desarrollar los lineamientos que permitan mejorar la calidad estudiantil.

➤ *Modelado y Simulación del Fenómeno de la Deserción y Retención Estudiantil Universitaria*

El uso de la simulación basada en agentes es una técnica más o menos reciente para el tratamiento de sistemas complejos y para abordar problemas sociales, como es el caso de la deserción estudiantil, se puede modelar teniendo en cuenta las interacciones que resultan entre

los diferentes “agentes”, generalmente tienen comportamientos descritos por reglas simples, y que al interactuar con otros agentes, dan lugar a comportamientos dinámicos del sistema como un todo (**Macal, 2010**). El uso de la simulación ha resultado ser una herramienta poderosa, pues permite reflejar los comportamientos desconocidos de los fenómenos sociales y que por su naturaleza son complejos; en ciencias sociales, el objetivo es siempre una entidad dinámica, cambiante a través del tiempo y con reacción a su entorno.

Un estudio publicado por Castellanos (2018) sobre el modelamiento y simulación del fenómeno de la deserción en la universidad, este estudio asegura que existe evidencia para afirmar que hay una asociación entre la posibilidad de: graduarse, desertar, o perder la calidad estudiantil, con respecto a las variables sociodemográficas (estrato, tipo de inscripción, género y el apoyo alimentario. Los resultados de esta investigación pueden extrapolarse a otras universidades, institutos técnicos y tecnológicos nacionales e incluso e internacionales, no solo a nivel de pregrado, sino que posiblemente puede aplicarse en análisis de deserción en posgrados (**Castellanos, 2018**)

Otro estudio realizado en la universidad de los andes cual objeto era “Diseñar metodologías estructuradas para la creación un modelo de predicción de deserción estudiantil en la universidad de los andes” (**Poveda, 2015**), aseguran que la simulación es una herramienta útil para el análisis de sensibilidad de diferentes factores de deserción, así mismo concluyen que Las estructuración de las redes bayesianas mediante el uso de algoritmos no presentaron resultados de calidad comparables a los modelos que combinaban técnicas estadísticas con el juicio de expertos. La inclusión en el modelo de todas las variables relevantes combinadas con el juicio de expertos, arrojó consistentemente los mejores resultados de índices de calidad (**Poveda, 2015**).

➤ *Minería de datos y machine learning*

La minería de datos en la educación (MDE) no es un concepto nuevo, su estudio y aplicación ha tomado mayor relevancia en los últimos años. La utilización de las técnicas de MD permite deducir fenómenos dentro del ámbito educativo; de esta forma, es posible determinar la probabilidad de desertar o continuar con sus estudios de los estudiantes, así como el desempeño de los mismos durante el cursado. El producto final de los modelos beneficia a estudiantes, docentes, padres y gestores de la educación, no sólo para informar sobre la situación de los estudiantes cuyo desempeño podría estar asociado con una característica particular (positiva o negativa), sino también como asesoramiento para la toma de decisiones. Dicho de otra manera, se pretende que estos modelos finales faciliten la reflexión y la autorregulación durante los estudios (**Eckert, 2015**).

Finalmente se puede concluir de esta revisión la utilidad de las diferentes estrategias utilizadas para la predicción del problema en estudio, los principales acuerdos de esta revisión reposan en los factores comunes identificados o más sensibles que están directamente relacionados con la deserción universitaria, varios autores concuerdan que los modelos de datos son los más precisos puesto que en ellos se encuentran la aplicación de diferentes teorías y modelos que construyen un algoritmo más complejo y sensible para la confiabilidad y alerta temprana de deserción. Se toman consideraciones y conclusiones de los diferentes estudios en mención para la aplicación de los conceptos más importantes y variables determinantes para la predicción del problema en estudio.

Entre los antecedentes de la investigación se destaca lo siguiente:

La retención estudiantil ha sido una variable crítica para las Universidades ya que comprende el compromiso que éstas adquieren con la formación de profesionales a través de la aplicación completa de un proyecto educativo.

En este artículo, se analiza la intención de los estudiantes de desertar de su programa académico en ingeniería, basado en el número de veces que pierde una misma asignatura de su plan de estudios. El comportamiento de los estudiantes se modeló usando cadenas de Márkov discretas, donde los estados representan el número de veces que se repite un curso o se retira del programa académico.

Este enfoque permite a la Universidad analizar cómo el nivel de dificultad de las asignaturas puede impactar los niveles de deserción.

Es de suma importancia mencionar que se inició con el proceso de sensibilización a la comunidad educativa, el cual se ejecutó a través de la campaña “quédate en la CUC, vacúnate contra la deserción”, esto permitió que los estudiantes conocieran las diferentes estrategias y se involucraran con ellas más fácilmente. Por otro lado, se realizó todo el diseño del PASPE de la mano de un grupo interdisciplinario liderado por la oficina de Bienestar, y que contó con la participación de todas las áreas de la Universidad. Asimismo, se realizó la adaptación del espacio para poner en marcha el Contact Center CUC, para eso se requirió seleccionar los estudiantes de psicología de último semestre que estarían a cargo de este proceso, diseñar la hoja de ruta, asignar semestres y áreas, e identificar los estudiantes que serían usuarios de los diferentes programas.

A continuación, se describe cómo opera el Programa de Acompañamiento y Seguimiento Para la Permanencia Estudiantil-PASPE.

- Al inicio de cada semestre se les asigna a los monitores un número equitativo de estudiantes tomados de la base de datos SICUC.
- Los monitores inician el contacto telefónico para la caracterización a través del Contact Center CUC, en ella establecen empatía, actualizan datos, identifican las necesidades o dificultades académicas que puedan presentar, y les brindan los servicios del PASPE.
- Este contacto se debe mantener durante todo el semestre, para verificar la asistencia a los servicios y realizar el seguimiento del rendimiento académico una vez ha recibido el apoyo del PASPE.
- En caso de no lograr contacto con los estudiantes vía telefónica, los monitores estudiantiles realizan visitas a los salones de clase o visitas domiciliarias, para establecer una comunicación directa y lograr el objetivo mencionado.

Desde el inicio del semestre los monitores Estudiantiles identifican estudiantes en riesgo, para ello revisan el histórico del rendimiento académico y tener así las alertas necesarias. En caso de identificar estudiantes con repitencia de asignaturas, realizan la asesoría sobre la normatividad vigente en la Institución al respecto.

Con los estudiantes identificados en alto riesgo de deserción se enfatiza el seguimiento y se les insiste en que hagan uso de los servicios del PASPE, estos son:

- **Monitorias Académicas:** consideradas un servicio encaminado a apoyar a los estudiantes para que puedan resolver las dificultades que presentan en asignaturas específicas, además estimula el desarrollo de habilidades de aprendizaje. Este servicio se brinda de manera individual o grupal.
- **Tutorías Académicas:** la realiza los docentes de las facultades a través programas e intervenciones académicas individuales y grupales.

- **Objetos Virtuales de Aprendizaje:** el departamento de Ciencias Básicas junto con la dirección de Bienestar Universitario desarrolló unos OVA que apoyan el proceso de formación de los estudiantes; los temas abordados fueron en lógica matemática, cálculo, álgebra, lectura crítica, e inglés⁶⁷.
- **Asesorías Académicas:** es desarrollada por los monitores Estudiantiles, y el propósito es brindar una orientación en métodos y técnicas de estudio, comprensión lectora y crecimiento profesional, basados en el aprendizaje significativo y estrategias metacognitivas.
- **Curso de Orientación Académica:** se realiza en la jornada de inducción y bienvenida a los estudiantes de primer semestre para la adaptación a su rol académico en la Universidad.
- **Asesoría y acompañamiento psicológico y asesoría en retiro de asignaturas.**

(Ministerio de Educación Nacional-MEN, 2015)

Marco conceptual

Los siguientes conceptos corresponden a la terminología utilizada alrededor del tema de investigación:

Deserción: Los autores Maldonado et al. (2021) lo clasifican como “la decisión del estudiante de abandonar el programa en el que estaba inicialmente inscrito. Esta decisión puede estar asociada a factores multidimensionales relacionados con el rendimiento académico y el entorno social” (p. 2). Asimismo, se denomina desertor cuando han estado ausente dos semestres académicos continuos. Después de esto es improbable determinar con certeza si se reintegrará o no al mismo programa académico u otro.

Permanencia: “Implica la expectativa de que un estudiante se mantenga en el ciclo que cursa, que concluya e incluso que continúe estudiando el nivel académico subsecuente, dado que la meta deseada apunta a la adquisición de un título profesional”. (González & Velázquez, 2017, p. 118)

Retención estudiantil: “Permanencia del estudiante en el programa más allá del tiempo original de finalización. Idealmente, los programas están diseñados para no tener deserción ni retención debido a los impactos negativos cuando los estudiantes no terminan o extienden el tiempo del programa”. (Costa et al., 2018, p.75)

Estrategia: La investigación realizada por los autores Mubarak et al. (2021) permite abordar el tema de deserción estudiantil, y así mismo poder determinar que inicialmente es necesario identificar a la población más vulnerable de este fenómeno con el fin de realizar un análisis y dirigir acciones específicas para el mejoramiento de este fenómeno. De esta forma las personas involucradas en este proceso llevan a cabo estrategias con el fin de que los estudiantes puedan continuar con su programa académico regular.

Proceso estocástico: “Secuencia de variables aleatorias en la que la dependencia de los eventos sucesivos dada solo por una unidad de tiempo, es decir, la probabilidad futura del proceso depende únicamente del estado actual del proceso y no influenciada por su pasado”. (González et al., 2020, p. 132).

Cadena de Markov: “Es la probabilidad de predecir cambios de estado futuros contando la probabilidad de que un evento aleatorio cambie de estado durante un cierto período en el pasado”. (Chib et al., 2002, p. 282)

Propiedad de Markov: “El futuro (t) se relaciona con el pasado sólo a través del estado "presente". Una vez que se decide el estado presente, el futuro no tiene relación con los estados pasados”.(Zhang et al., 2010, p. 1865)

Propiedad Ergódica: “Asumimos que los procesos estocásticos considerados son todos recurrentes sin pérdida de generalidad”.(Wei, 2022, p. 1)

Estados: “Los estados del sistema son los eventos en los que se encuentra el fenómeno, en cualquier instante de tiempo”. (Álvarez & Orrego, 2000, p. 46)

Estado transitorio: Los autores Brezavscek et al. (2017) Dentro de su investigación acerca del rendimiento y progreso académico en educación superior llevan a cabo un análisis por medio de Markov, con base en la interpretación de este documento es viable determinar que un estado transitorio se da cuando es alcanzable el estado j dando inicio en el estado i , pero este último no es posible alcanzarlo desde el estado j .

Estado absorbente: “En el caso de la transición a los estados i y j , no existe posibilidad de pasar de ellos a otros estados”.(Olekh & Gogunskii, 2019, p. 518)

Matriz de transición: “Registra las probabilidades de moverse de un estado a otro en un periodo; y un vector π_0 de tamaño $n \times 1$ que indica la probabilidad de encontrarse en el estado i en el periodo inicial 0”.(Torres Preciado et al., 2017, p. 149)

Probabilidad del estado: “La probabilidad de que el estado i , que es el estado del evento aleatorio en el período de tiempo u , se convierta en el estado j después de la transferencia de k estados”.(Zeng et al., 2021, p. 2)

Probabilidades de transición: “Corresponde a la probabilidad de pasar de un estado a otro desde una etapa de tiempo t a la siguiente $t+1$ ”. (Albornoz et al., 2006, p. 154)

Estado estable: “Cadena en donde el proceso pueda ir, en una o más transiciones, desde cualquier estado a cualquier otro estado, según la teoría de cadenas de Markov, transcurrido una cantidad suficiente de transiciones, el sistema muestra su comportamiento de estado estable”. (Ibarra, 2009, p. 46)

Cadena de Markov homogénea: “Cuando las probabilidades de transición no cambian en el tiempo, la probabilidad de pasar de un estado a un estado será la misma en todo instante de observación del proceso”. (Delgado-Moya & Marrero-Severo, 2018, p. 110)

Sistema de Alertas Tempranas SAT: “Es un instrumento guía para la entrevista individual realizada a los estudiantes que ingresan a primer semestre, la finalidad de este instrumento es identificar anticipadamente algunos factores de riesgo que puedan dificultar la permanencia del estudiante en la educación superior”.(Carvajal Olaya et al., 2016)

Marco teórico

Desde el punto de vista institucional todos los estudiantes que abandonan una institución de educación superior pueden ser clasificados como desertores; en este sentido, muchos autores asocian la deserción con los fenómenos de bajo rendimiento académico y retiro forzoso (Acevedo, Torres, & Tirado, 2015). Así, cada estudiante que abandona la institución crea un lugar vacante en el conjunto estudiantil que pudo ser ocupado por otro alumno que persistiera en los estudios. Se puede entender la deserción como una situación a la que se enfrenta un estudiante cuando aspira y no logra concluir su proyecto educativo, considerándose como desertor a una persona que siendo estudiante de una institución de educación superior no presenta actividad académica durante dos semestres académicos consecutivos, lo cual equivale a un año de inactividad académica (Castillo-Sánchez, 2020). En algunas investigaciones este comportamiento se denomina como “primera deserción” ya que no se puede establecer si pasado este periodo el individuo retomará o no sus estudios o si decidirá iniciar otro programa académico (González Campos, Carvajal Muquillaza, & Aspeé Chacón, 2020).

Se pueden encontrar por otro lado diversos artículos, seminarios, ponencias, escritos, sobre la importancia de buscar alternativas para la permanencia de los estudiantes universitarios, ya que es un tema preocupante para la educación superior.

Es por ello, que se abordara más a profundidad el tema de retención y permanencia en los estudiantes de la educación superior, ya que es el tema que concierne a esta investigación, pero se tendrá presente la deserción pues se debe saber que puede pasar si no se mantiene la permanencia.

Retención y permanencia

El término retención se deriva del latín *retentio, onis*, que significa acción y efecto de retener. La retención estudiantil es entendida como “la capacidad que tiene el sistema educativo para lograr la permanencia de los estudiantes en las aulas, garantizando la terminación de ciclos y niveles en los tiempos previstos y asegurando el dominio de las competencias y conocimientos correspondientes”. (OEA. Agencia Interamericana para la Cooperación y el Desarrollo [AICD], 2006, p. 19)

El término de permanencia, del latín *Permanēre* (Duración firme, constancia, perseverancia, estabilidad) ha sido acogido por algunos campos de la educación, y con él se busca ir más allá de la preocupación por la deserción, y por las acciones que la institución hace para evitarlo. Con el término de permanencia se pretende dar lugar al sentido de estar en un sitio durante un tiempo, y posibilitar que otros actores (estudiante, familia, entre otros) tengan lugar en el hecho de quedarse en un espacio determinado; en este sentido la permanencia estudiantil como objeto de seguimiento e intervención implica la indagación y búsqueda de diversas condiciones que pueden afectar positiva o negativamente la decisión de finalizar un proyecto de formación profesional como calidad educativa, medios de apoyo, acompañamientos, proyectos de vida de los estudiantes, entre otras. (Velásquez, 2011).

La permanencia estudiantil es entendida entonces como el escenario que evidencia la decisión del universitario de realizar el programa ofrecido por la institución educativa, y que es favorecida por condiciones institucionales, académicas y socio ambientales; una permanencia con un sentido, la de realizar un proyecto académico que hace parte del proyecto de vida, una permanencia generadora de bienestar en tanto corresponde al deseo del estudiante (**Edivaldo Tchongo, 2019**).

La retención de estudiantes se ha convertido en uno de los temas de mayor interés investigativo a nivel de la educación superior, debido a las altas tasas de deserción que se presentan. Muchas investigaciones dan cuenta del considerable número de estudiantes que no logran terminar con éxitos sus estudios universitarios; por ello, algunos países de Europa, América Latina y Estados Unidos, entre otros, han comenzado a analizar el tema con cierto nivel de profundidad, ya que es necesario tener presente que la educación es fundamental para el desarrollo de cada estudiante.

Entre los autores que no hacen evidente ésta diferencia está la Universidad de California (1994c, p. 2-5), la cual afirma que la persistencia y retención se refieren al acto de mantenerse inscrito en un college o universidad, mientras que el abandono y retiro se refieren al acto de irse. Así mismo, llaman la atención acerca de la importancia de distinguir entre estos tres tipos de retención dado que cada uno de ellos está asociado a diferentes factores y causas. Según ellos, existen tres tipos de retención estudiantil:

1. Retención para la graduación: Esta categoría está conformada a su vez por tres grupos de comportamientos de retención:
 - a. Graduación en el tiempo establecido para ello
 - b. Graduación de la institución donde se matriculó inicialmente
 - c. Graduación del programa en el cual se matriculó inicialmente
2. Retención para la finalización del curso o del periodo académico. Aquí la atención se centra usualmente en la retención del estudiante durante su primer y segundo año.
3. Retención para el logro de objetivos. Esta se refiere a la retención cuando el objetivo del estudiante no es la graduación.

Deserción

Hoy en día los estudiantes presentan diferentes características de abandono de sus estudios debido a la gran diferencia de culturas y de situaciones que presentan en sus vidas; es por ello, que la deserción es uno de los principales problemas que afectan a las IES, por lo que se hace relevante saber un poco sobre la deserción.

El aprendizaje puede desarrollar la motivación en los estudiantes, también puede producir otros motivos indefinidamente, tomando en cuenta que los motivos son únicos en cada persona. Se plantea que cada estudiante motivado busca una meta, lo que explica que se ha dirigido hacia éste un comportamiento para su logro, se sensibiliza hacia algunos refuerzos para que desempeñen un papel, también, tiene que ver los estudiantes que son ambiciosos y los que quieren destacar, ambos quieren el éxito y evitar el fracaso, lo que generará en ellos situaciones ambiguas o neutrales.

Conocer un poco más sobre la deserción en las instituciones de educación superior, es buscar posibles alternativas que influyan en el aumento de la permanencia, y sobre todo el tener presente que los estudiantes son la base fundamental de este trabajo, porque son el futuro y quienes el día de mañana tendrán que luchar porque la educación no decaiga.

La deserción es uno de los principales problemas que enfrenta las instituciones de educación superior es un problema impórtate debido a las repercusiones sociales institucionales y personales que trae como consecuencia este tema. Leontiev (1967), fundamentó los propósitos de la motivación humana; donde el centro de esta son las acciones propias del individuo en la sociedad ya que hay una relación entre motivos y necesidades; donde el individuo nace con necesidades, las que actúan como fuerza interna para realizar dichas acciones. Las necesidades

vienen siendo los deseos, cuando éstos son cumplidos o satisfechos el individuo se reajusta a su actividad desapareciendo el deseo de dicha actividad, dando respuesta a su objetivo.

Según los autores Velásquez et al. (2003) en su estudio que tiene como finalidad determinar las principales variables que inciden en la deserción universitaria destacó que “las variables socioeconómicas, muestran que los estudiantes que dependen económicamente de ellos mismos tienen posiblemente mayor riesgo de abandonar con respecto a quienes dependen de otras personas” (p. 24). Por otro lado, esta misma autora arroja resultados referentes a los estudiantes que no tuvieron ningún tipo de orientación profesional previa los cuales tienen mayor riesgo de estar expuesto a esta problemática. Además, los estudiantes de colegios privados son más vulnerables respecto a estudiantes de escuelas públicas. En otro contexto, se habla poco de impacto familiar, ya que las personas con padres que sólo tienen educación media son más propensas a desertar que los estudiantes cuyos padres tienen titulaciones superiores. Sin embargo, no hay que dejar de lado el proceso adaptativo de cada uno, todo lo mencionado anteriormente nos lleva un sinnúmero de variables que pueden incidir en el abandono prematuro de miles de estudiantes universitarios.

Para finalizar según esta misma autora, “no es posible encontrar el riesgo de que un estudiante deserte dado un conjunto de variables explicativas, ni tampoco en cuál período de su vida académica dicha probabilidad es más alta”. (p. 25)

Deserción estudiantil en Colombia

En Colombia la deserción en la población estudiantil superior ha sido un fenómeno de gran importancia y que acarrea un gran reto para las instituciones de educación superior en el país. Según cifras del SPADIES en el año 2018 a nivel nacional los universitarios presentaron una tasa

de deserción del 8,79% el cual se ha mantenido en comparación a los 8 años anteriores.

("Estadísticas de Deserción - Sistemas Información", 2016)

Por otra parte, en Barranquilla se obtuvo un 9,95% lo cual mostrado un incremento con relación a los años anteriores. ("Estadísticas de Deserción - Sistemas Información", 2016)

Guzmán Ruiz et al. (2009) plantea que se muestra una estrecha relación con los factores socioeconómicos que afrontan muchos colombianos y a su vez la mala orientación de los estudiantes que entran a las instituciones de educación superior al escoger su carrera universitaria.

En Ingeniería y afines, especialmente durante los cuatro primeros semestres, se concentra la mayor deserción de la educación superior en Colombia, y a su vez se afirma que uno de cada cinco estudiantes se retira en primer semestre o emigra hacia otras áreas y principalmente se da por factores económicos (Acevedo, Torres, & Tirado, 2015)

Para adentrarnos en el tema hay que tener una definición clara de lo que realmente abarca el termino de deserción que según Himmel (2002), "se refiere al abandono prematuro de un programa de estudios antes de alcanzar el título o grado, y considera un tiempo suficientemente largo como para descartar la posibilidad de que el estudiante se reincorpore"(p.94) por lo que no se puede inferir para efecto de esta investigación que el estudiante está en un estado de deserción sino hasta que este encuentre inactivo por más de dos periodo consecutivamente.

De acuerdo con Guzmán Ruiz et al. (2009), "de cada cien estudiantes que ingresan a una institución de educación superior cerca de la mitad no logra culminar su ciclo académico y obtener la graduación."(p.13). De acuerdo a un caso estudio realizado por Castaño et al. (2008):

Los resultados para la Facultad de Ciencias Económicas muestran que haber ingresado por segunda opción y no haber realizado un cambio previo de programa aumenta, respectivamente, en 12, 23 y 46, 01 veces el riesgo de deserción. Sin embargo, en el caso de la Facultad de Ingeniería, el efecto para la variable cambio de programa es el opuesto, lo cual puede ser reflejo de la afinidad entre los programas de ciclo básico de las materias ofrecidas por esta facultad o, posiblemente, de la percepción que la sociedad tiene de los profesionales en ingeniería. Adicionalmente, y, en particular, en la Facultad de Ingeniería, variables como el tipo de colegio y la experiencia académica previa también explican, al parecer, el riesgo de deserción. En el primer caso, aquellos alumnos egresados de colegios privados presentan 2,7 veces más riesgo de desertar que los provenientes de colegios públicos. (p.270).

Deserción estudiantil en los programas de ingeniería

En un Análisis de la Deserción Estudiantil en el Programa Ingeniería de Alimentos de la Universidad de Cartagena Acevedo, Torres, & Tirado (2015) plantea que, en Ingeniería y afines, especialmente durante los cuatro primeros semestres, se concentra la mayor deserción de la educación superior en Colombia, y a su vez se afirma que uno de cada cinco estudiantes se retira en primer semestre o emigra hacia otras áreas y principalmente se da por factores económicos. De acuerdo con Castillo & Arrue (2003):

La educación es parte de la estructura social global y constituye una herramienta valiosa para promover la movilidad social, fortalecer la identidad y valores de la cultura nacional, acrecentar la integración social y disminuir las desigualdades sociales de los diferentes sectores de la población. (p.11).

En ese sentido no se puede ser ajeno a la problemática que enfrenta la educación a nivel superior y la importancia de estudiar los comportamientos que presenten los estudiantes durante su periodo académico para predecir su futura postura y de esta manera poder profundizar en estrategias que mejoren las condiciones estudiantiles pero que a su vez brinden mejor competitividad a las instituciones de educación superior lo que favorecerá a la disminución de la deserción estudiantil. Para Adeleke et al., (2014):

La deserción disminuye a medida que los estudiantes progresan niveles más altos. El rendimiento de los estudiantes mejora con el tiempo, a medida que pasa de un nivel a otro. Los modelos matemáticos pueden ayudar a los educadores en la preparación de sus planes educativos y sus potenciales, en este sentido se están realizando cada vez más.

Estrategias de permanencia en Educación Superior Colombiana

El Ministerio de Educación Nacional (2015). Publico un boletín informativo sobre las Estrategias para la Permanencia en Educación Superior donde varias universidades a nivel nacional cuentan sus experiencias significativas. Por su parte La Universidad de la Costa en el año 2006 se realizó un trabajo investigativo para determinar factores que intervenían en la deserción en la institución, como consecuencia de esto se identificó que la condición socioeconómica de los estudiantes era una de las razones principales de deserción, de igual manera las dificultades académicas que estos presentaban y algunas inconvenientes personales. Por lo que de esta manera se lleva a cabo esta investigación con la cual través del uso de las Cadenas de Markov podremos evaluar el estado académico de los estudiantes del programa de ingeniería industrial de la Universidad de la Costa como herramienta de alerta temprana para la permanencia estudiantil.

De acuerdo con Correa & Solano (2018) son procesos estocásticos que tienen un tiempo discreto con espacio de estados finito. Fueron introducidas por el matemático ruso Andrey Markov alrededor de 1905 y su éxito radica en que es lo suficientemente complejo como para describir ciertas características no triviales de algunos sistemas, pero a su vez puede ser lo suficientemente sencillo para ser analizado matemáticamente. En ellas no se conocen el futuro, pero se cuenta con información histórica para predecir un posible escenario futuro. Lo que nos permite encontrar la probabilidad de que un sistema permanezca en un estado dado y con la información que se conserve se puede predecir y entender observar el comportamiento del sistema a través del tiempo.

Factores de deserción

Hoy en día los estudiantes presentan diferentes características de abandono de sus estudios debido a la gran diferencia de culturas y de situaciones que presentan, dentro de las cuales se encuentran los problemas familiares, la falta del tiempo, el manejo del estrés, embarazos, motivos personales, institucionales, económicos y sociales. Álvarez, J. M. (1997:49), citando a José Baquero, asocia a cuatro factores las causas principales de la deserción estudiantil universitaria, que son:

1. Los factores socio-económicos se podrán encontrar aspectos como la deserción por asuntos laborales, que a su vez son generados por bajos ingresos familiares, desempleo, falta de Apoyo familiar, incompatibilidad de horario entre trabajo y estudio. Distintas formas y apoyos financieros que ofrecen los bancos, el Ice tex, etc. Con respecto a sus cuotas de préstamo.

2. Los factores personales se podrán encontrar motivos psicológicos, que comprenden aspectos Motivacionales, emocionales, desadaptación e insatisfacción de expectativas; motivos sociológicos, que se presentan debido a influencias familiares y de otros grupos como los amigos, condiscípulos, vecinos y la familia; y otros motivos no clasificados como la edad, salud, fallecimiento, entre muchos otros.
3. Los factores académicos son dados por problemas cognitivos como bajo rendimiento académico, repitencia, ausencia de disciplina y métodos de estudio; deficiencias universitarias como dificultades en los programas académicos que tienen que ver con la enseñanza tradicional, la insatisfacción académica generada por la falta de espacios pedagógicos adecuados para el estudio, la falta de orientación profesional que se manifiesta en una elección inadecuada de carrera o institución y por la ausencia de aptitud académica; se pretenderá manejar todo lo relacionado a los modelos tradicionales de enseñanza, a los procesos académicos e institucionales y a los créditos universitarios. Y por último en el que esta ponencia se pretende centrar en la deserción académica por las practicas poco humanizan tés, donde se trataran los temas como: la interacción docente-estudiante, los factores académicos en sí y los factores institucionales especialmente las adecuaciones de las instalaciones apropiadas para el proceso de desarrollo académico del estudiante.
4. Los factores institucionales son los causados por el cambio de institución, deficiencia administrativa, influencia negativa de los docentes y otras personas de la institución, programas académicos obsoletos y rígidos, baja calidad educativa, etc.

Cadenas de Márkov

Una herramienta con un potencial inmenso de aplicación en numerosos sistemas humanos, poco divulgada, conocida como Cadena de Márkov, de tiempo discreto, es aplicada para modelar, el progreso en el tiempo de los alumnos de la carrera de Ingeniería (**Ibarra, 2009**)

Como herramienta de modelamiento los ingenieros industriales tenemos las Cadenas de Márkov, una metodología muy precisa y poderosa de carácter cuantitativo para construir modelos analíticos, con aplicación y utilidad en mejoramiento de procesos de servicio o manufactura. La solidez de toda disciplina científica gravita en la capacidad para expresar sus postulados de manera precisa y con un margen de error mínimo, con preferencia en relaciones cuantitativas entre las causas y los efectos de los fenómenos de su incumbencia. Evaluar periódicamente los resultados de cualquier proceso a lo largo del tiempo, constituye un requisito fundamental para mejorar su funcionamiento (**Ibarra, 2009**).

Los procesos de decisión de Markov se utilizan comúnmente para investigar una amplia gama de problemas de optimización, como el avance de los estudiantes de varios cursos; es una herramienta que es apropiada para modelar la toma de decisiones (**Jhon Lawrence G. Quimio, 2021**). El escenario presentado en este estudio posee características estocásticas que lo hacen apto para ser modelado con Análisis de Markov, ya que los estudiantes no siempre se transfieren entre años de estudio de manera predecible .

Los procesos de paseo aleatorio en realidad son un caso particular de procesos más generales que son las cadenas de Markov. En esencia, una cadena es un proceso en tiempo discreto en el que una variable aleatoria X_n va cambiando con el paso del tiempo.

Las cadenas de Markov tienen la propiedad de que la probabilidad de que $X_n = j$ sólo depende del estado inmediatamente anterior del sistema: X_{n-1} . Cuando en una cadena dichas probabilidades no dependen del tiempo en que se considere, n , se denomina cadena homogénea, esto es, las probabilidades son las mismas en cada paso.

$$P(X_n = j \mid X_{n-1} = i)$$

Según señaló Markov, en sistemas o procesos estocásticos (es decir, aleatorios) que presentan un estado presente es posible conocer sus antecedentes o desarrollo histórico. Por lo tanto, es factible establecer una descripción de la probabilidad futura de los mismos.

Más formalmente, la definición supone que en procesos estocásticos la probabilidad de que algo suceda solamente depende del pasado histórico de la realidad que estamos estudiando. Por este motivo, a menudo se dice que estas cadenas cuentan con memoria.

La base de las cadenas es la conocida como propiedad de Markov, la cual resume lo dicho anteriormente en la siguiente regla: lo que la cadena experimente en un momento $t + 1$ solamente depende de lo acontecido en el momento t (el inmediatamente anterior).

Dada esta sencilla explicación de la teoría, puede observarse que es posible a través de esta conocer la probabilidad de que un estado ocurra en el largo plazo. Esto ayuda indudablemente a la predicción y estimación en largos periodos de tiempo.

Propiedades de la cadena de Márkov

Las propiedades de la cadena de Márkov son variadas y cuentan con funcionalidades que permiten procesar ciertos casos específicos:

- Cadena absorbente: Puede llegar a ser absorbente cuando alguno de sus estados ya es absorbente y de no serlo, pueda llevarse al estado absorbente, ya que suelen ser transitorios después de un tiempo infinito medio y se convierte en un promedio positivo recurrente.
- Cadena homogénea: Es una cadena homogénea cuando la probabilidad de transición es plenamente independiente en relación con el tiempo.
- Cadena irreducible: Es irreducible o ergódica cuando existe una total comunicación entre todos sus estados, lo que significa que la probabilidad de que un estado pase a otro es positiva.
- Cadena regular: Esta cadena es regular en caso de que se pueda pasar cualquier estado a otro al seguir una cantidad de pasos específicos, mientras que el estado inicial siga siendo independiente. Es una cadena que también es irreducible.

Ventajas y desventajas de la cadena de Márkov

En la cadena de Márkov y sus aplicaciones Existen algunas ventajas y desventajas como las siguientes:

- Su proceso se puede entender y aplicar con facilidad.
- Con el tiempo permite ver determinados cambios en el sistema.
- El proceso de cálculos de sensibilidad se realiza de forma simple.
- Como desventaja, se puede resaltar que se trata de un modelo con un proceso complejo en la toma de decisiones.

Metodología de la investigación

La siguiente investigación posee un paradigma positivista que refleja la necesidad de medir y estimar magnitudes, por lo cual la recolección de datos se fundamenta en la medición de variables; se basa en instrumentos estandarizados y es uniforme en todos los casos. Se establece un alcance correlacional que su utilidad principal es saber cómo se comporta una variable, al conocer el comportamiento de otras variables vinculadas. El diseño investigativo es no experimental, dado que analiza el nivel de diversas variables en un momento dado, evalúa una situación en un punto del tiempo y determina la relación entre un conjunto de variables en un momento. (Hernández et al., 2014)

Población y muestra

La información académica de la población atañe a estudiantes del programa de ingeniería industrial de la Universidad de la Costa en una cohorte comprendida entre el periodo 2014-1 hasta 2019-1; siendo esta proporcionada por el departamento de planeación de la institución.

Se consideró el lapso mencionado en el párrafo anterior, dado que este corresponde al estimado de durabilidad del programa, el cual pretende ser de 5 años. Cabe destacar que no se tuvieron en cuenta cohortes subsiguientes puesto que el análisis de la información se lleva a cabo de una forma más factible al determinar las probabilidades de deserción descartando estudiantes graduados de otras cohortes entremezclados.

Finalmente, se estima un total de diez cohortes con 254 estudiantes de ingeniería industrial en cada uno, donde se tiene en cuenta promedio académico, ausentismo, deserción y finalización de la carrera traduciéndose a graduación correspondiente.

Tipo de investigación

La investigación aplicada es un estudio destinado a resolver problemas cotidianos o a dominar situaciones prácticas. Se caracteriza porque busca utilizar los conocimientos adquiridos, mientras que otros se adquieren, tras la aplicación y sistematización de la práctica basada en la investigación. El objetivo de este tipo de investigación es predecir un comportamiento específico en una situación definida (Vega-González, 2011). “La investigación aplicada se considera una innovación científica”. (Vargas Cordero, 2009, p. 160)

El trabajo se contempla como una investigación aplicada, dado que se realiza un diagnóstico del estado académico de los estudiantes del programa de Ingeniería Industrial por medio de cadenas de Markov, y se aplica a un contexto real como lo es la deserción estudiantil, esto fundamentándose en información verídica obtenida de la base de datos de la Universidad de la Costa. Además, este tipo de investigación puede impulsar la disminución de los altos niveles de deserción que enfrenta la universidad objeto de estudio.

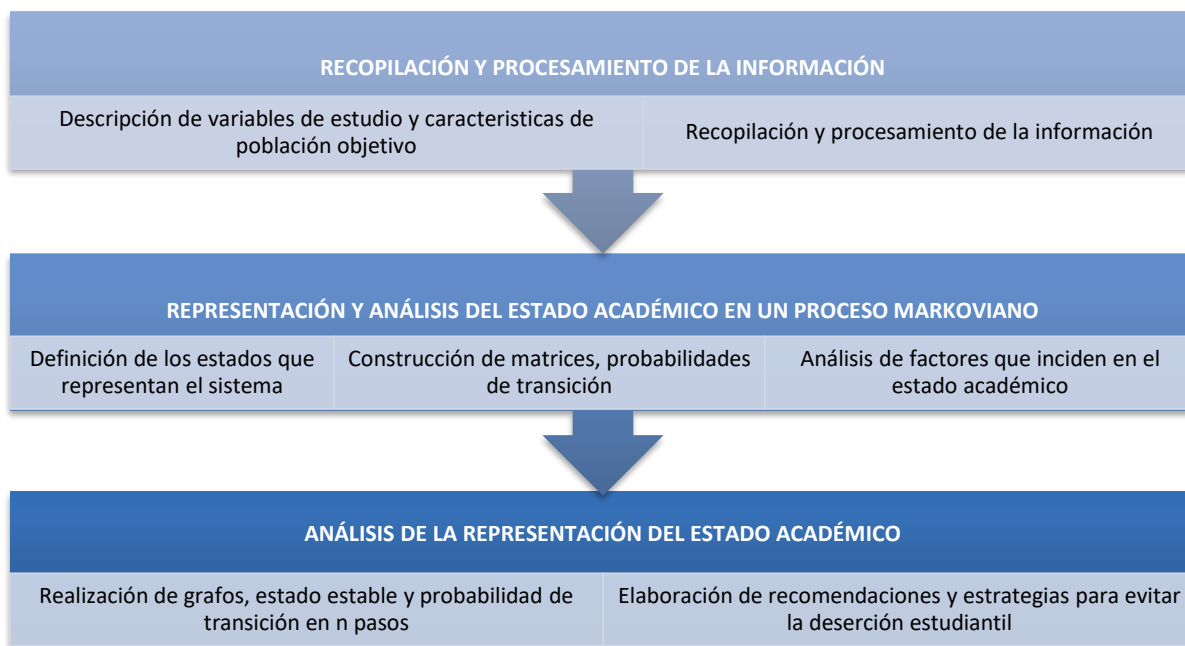
Diseño metodológico

Este trabajo de grado se clasifica como una investigación con enfoque cuantitativo y diseño no experimental, este a su vez es determinado por un alcance descriptivo y correlacional; todo con la finalidad de producir una descripción minuciosa de la población y de esta forma precisar las variables a los resultados arrojados. Sin embargo, se llevan a cabo predicciones para estudiar su comportamiento en las cohortes subsecuentes a partir de la información inicialmente suministrada, donde se analizan probabilidades de transición en los diferentes espacios de estados, y probabilidad del estado estable.

La metodología del proyecto estará dividida en *tres fases*: La primera corresponde a la recopilación de la información, la segunda es la representación del estado académico en un proceso Markoviano y la tercera el análisis de la representación del estado académico. A su vez cada fase tendrá una serie de etapas, tal como se ve reflejado en la *Figura 2*.

Figura 3

Fases del Diseño Metodológico



Nota. Fases del Diseño Metodológico, Elaboración propia, 2022.

Fase 1: Recopilación y procesamiento de la información

Se toma como referencia el estado académico de los estudiantes del programa de ingeniería industrial, por ende, la caracterización se determina a partir de la categorización subsecuente:

- **Activo:** registra actividad académica regular de acuerdo a la normatividad vigente de la universidad.
- **Ausente:** no registrada actividad en el último semestre académico.

- **Desertor:** no registra actividad en dos o más semestres académicos.
- **Egresado:** ha culminado con todos los requisitos académicos establecidos en el plan de estudios de su carrera, considerándose un graduado.

Para ejecutar el presente estudio de caso se utilizó la información suministrada por el departamento de planeación de la institución, donde se encuentra organizada de forma general en un archivo de Excel con los datos correspondientes, como se muestra en la *figura 2*.

Figura 4

Datos Originales del estado académico de los estudiantes de ingeniería industrial de la universidad de la Costa

PROMEDIO 217-1	RANGO 2017-1	REDITOS MATRICULADOS 217-2	PROMEDIO 217-2	RANGO 2017-2	REDITOS MATRICULADOS 218-1	PROMEDIO 218-1	RANGO 2018-1	REDITOS MATRICULADOS 218-2	PROMEDIO 218-2	RANGO 2018-2	REDITOS MATRICULADOS 219-1	PROMEDIO 219-1	RANGO 2019-1	REDITOS MATRICULADOS 219-2	PROMEDIO 219-2	RANGO 2019-2
4,27	3	20	4,42	3	20	4,28	3	12	0	1	0	0	0			
3,79	2	20	4,1	3	20	3,87	2	12	0	1	0	0	0			
4,05	3	11	3,49	2	15	3,52	2	18	3,45	2	9	3,5	2	12	0	
4,03	3	0	-1	-1	0	-2	-2	0	-2	-2	0	-2	-2			
4,01	3	19	4,23	3	18	3,82	2	15	0,76	1	0	0	0			
4,4	3	18	4,52	3	20	4,32	3	12	0	1	0	0	0			
3,74	2	21	3,8	2	20	3,5	2	15	0,78	1	0	0	0			
3,8	2	12	3,38	2	13	3,05	2	18	3,9	2	17	3,71	2	21	0	
3,92	2	20	4,09	3	18	3,79	2	21	4,19	3	21	4,06	3	8	0	
3,25	2	21	3,63	2	18	3	2	21	3,12	2	0	-1	-1			
3,81	2	21	3,93	2	20	3,5	2	15	0,7	1	0	0	0			
4,33	3	19	4,14	3	20	3,95	2	5	4,3	3	12	0	0			
-2	-2	0	-2	-2	0	-2	-2	0	-2	-2	0	-2	-2	0	-2	
3,87	2	21	3,77	2	20	3,68	2	15	0,78	1	0	0	0			
3,68	2	19	3,72	2	19	3,69	2	20	3,83	2	11	3,43	2	15	0	
4,18	3	15	3,9	2	17	3,8	2	6	3,9	2	0	-1	-1			
-2	-2	0	-2	-2	0	-2	-2	0	-2	-2	0	-2	-2	0	-2	
3,8	2	15	3,12	2	15	2,69	1	0	-1	-1	5	3,34	2	12	0	
4,05	3	21	3,83	2	19	3,83	2	12	3,7	2	5	4,06	3			
3,6	2	21	3,72	2	21	3,64	2	20	3,62	2	12	4,8	3			

Nota. Datos Originales del estado académico de los estudiantes de ingeniería industrial de la universidad de la Costa, Información suministrada por el departamento de planeación, 2022.

*Fase 2: Representación del estado académico en un proceso Markoviano***Definición espacio de estados.**

Se definen inicialmente los espacios de estados, que a su vez nos permitirán disponer las transiciones entre ellos mismos, donde se identificó que 0 es el único estado absorbente.

Se establecen entonces seis (6) espacios de estados de la siguiente forma:

- **1:** estudiante activo con nota entre 1,00 y 3,00
- **2:** estudiante activo con nota entre 3,10 y 4,00
- **3:** estudiante activo con nota entre 4,10 y 5,00
- **-1:** estudiante ausente
- **-2:** estudiante desertor
- **0:** egresado

Matrices de transición.

Ya establecidos los espacios de estado, y organizada la información lo siguiente es determinar la situación de permanencia estudiantil, y de acuerdo con esto es necesario conocer la cantidad de alumnos que varía de un espacio de estado a otro en cada uno de los periodos que se determinaron inicialmente.

Por consiguiente, se consolida la información por medio de tablas dinámicas y éstas a su vez serán las matrices de transición de las cadenas de Markov resultantes para cada periodo correspondiente. Luego de llevar a cabo lo descrito anteriormente, se obtiene lo siguiente:

Tabla 2*Resultados de cadena de Markov respecto al periodo académico 2014-1 a 2014-2*

	1	2	3	0	-1	-2
1	9	5	0	0	6	0
2	6	110	16	0	9	0
3	0	11	13	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
-1	1	8	1	0	0	18
-2	1	0	0	0	0	40

Nota. Resultados de cadena de Markov respecto al periodo académico 2014-1 a 2014-2, Elaboración propia, 2022.

Tabla 3*Resultados de cadena de Markov respecto al periodo académico 2014-2 a 2015-1.*

	1	2	3	0	-1	-2
1	9	7	0	0	14	0
2	11	120	11	0	28	0
3	0	26	22	0	6	0
0	0	0	0	0	0	0
-1	0	0	0	0	0	0
-2	0	0	0	0	0	0

Nota. Resultados de cadena de Markov respecto al periodo académico 2014-2 a 2015-1, Elaboración propia, año 2022.

Tabla 4*Resultados de cadena de Markov respecto al periodo académico 2015-1 a 2015-2.*

	1	2	3	0	-1	-2
1	9	3	0	0	8	0
2	11	117	7	0	17	1
3	0	15	15	0	3	0
0	0	0	0	0	0	0
-1	0	6	2	0	0	40
-2	0	0	0	0	0	0

Nota. Resultados de cadena de Markov respecto al periodo académico 2015-1 a 2015-2, Elaboración propia, 2022.

Tabla 5*Resultados de cadena de Markov respecto al periodo académico 2015-2 a 2016-1.*

	1	2	3	0	-1	-2
1	6	3	0	0	8	0
2	5	89	33	0	7	0
3	0	9	20	0	1	0
0	0	0	0	0	0	0
-1	1	2	0	0	0	12
-2	1	1	0	0	0	56

Nota. Resultados de cadena de Markov respecto al periodo académico 2015-2 a 2016-1, Elaboración propia, 2022.

Tabla 6*Resultados de cadena de Markov respecto al periodo académico 2016-1 a 2016-2.*

	1	2	3	0	-1	-2
1	4	5	1	0	3	0
2	4	69	23	0	8	0
3	1	24	28	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
-1	0	4	0	0	0	12
-2	0	3	0	0	0	65

Nota. Resultados de cadena de Markov respecto al periodo académico 2016-1 a 2016-2, Elaboración propia, 2022.

Tabla 7*Resultados de cadena de Markov respecto al periodo académico 2016-2 a 2017-1.*

	1	2	3	0	-1	-2
1	3	3	0	0	3	0
2	3	63	30	0	9	0
3	2	14	35	0	1	0
0	0	0	0	0	0	0
-1	0	3	1	0	0	7
-2	0	1	1	0	0	75

Nota. Resultados de cadena de Markov respecto al periodo académico 2016-2 a 2017-1, Elaboración propia, 2022.

Tabla 8*Resultados de cadena de Markov respecto al periodo académico 2017-1 a 2017-2.*

	1	2	3	0	-1	-2
1	0	3	0	0	5	0
2	4	55	21	0	4	0
3	0	20	45	0	2	0
0	0	0	0	0	0	0
-1	2	3	1	0	0	7
-2	1	3	0	0	0	78

Nota. Resultados de cadena de Markov respecto al periodo académico 2017-1 a 2017-2, Elaboración propia, 2022.

Tabla 9*Resultados de cadena de Markov respecto al periodo académico 2017-2 a 2018-1.*

	1	2	3	0	-1	-2
1	2	1	0	0	4	0
2	5	63	11	0	5	0
3	0	28	38	0	1	0
0	0	0	0	0	0	0
-1	0	3	0	0	0	8
-2	1	2	0	0	0	82

Nota. Resultados de cadena de Markov respecto al periodo académico 2017-2 a 2018-1, Elaboración propia, 2022.

Tabla 10*Resultados de cadena de Markov respecto al periodo académico 2018-1 a 2018-2.*

	1	2	3	0	-1	-2
1	2	4	0	0	2	0
2	31	46	14	0	6	0
3	26	5	11	0	7	0
0	0	0	0	0	0	0
-1	2	2	0	0	0	6
-2	0	4	0	0	0	86

Nota. Resultados de cadena de Markov respecto al periodo académico 2018-1 a 2018-2, Elaboración propia, 2022.

Tabla 11

Resultados de cadena de Markov respecto al periodo académico 2018-2 a 2019-1.

	1	2	3	0	-1	-2
1	3	1	0	57	0	0
2	7	28	13	11	2	0
3	0	3	8	14	0	0
0	0	0	0	0	0	0
-1	0	1	1	13	0	0
-2	0	0	0	83	0	9

Nota. Resultados de cadena de Markov respecto al periodo académico 2018-2 a 2019-1, Elaboración propia, 2022.

Probabilidades de transición en los procesos de Markov.

Referente a las matrices de transición se basan en los cambios permitidos de los estudiantes entre dos periodos y estas serán obtenidos de los datos descritos anteriormente.

Además, se analizan los posibles factores que tienen incidencia en el estado académico y a partir de esto elaboraran recomendaciones o estrategias para evitar la deserción estudiantil.

Concerniente a esto se desarrolla lo presentado a continuación:

Tabla 12

Cadena de Markov respecto al periodo académico 2014-1 a 2014-2.

	1	2	3	0	-1	-2
1	0,30	0,23	0	0	0,47	0
2	0,06	0,71	0,06	0	0,16	0
3	0	0,48	0,41	0	0,11	0
0	0	0	0	0	0	0
-1	0	0	0	0	0	0
-2	0	0	0	0	0	0

Nota. Resultados de cadena de Markov respecto al periodo académico 2014-1 a 2014-2, Elaboración propia, 2022.

En la *Tabla 12* se presentan de manera porcentual los resultados arrojados por la cadena de Markov de la *Tabla 2*. Los porcentajes presentados en la tabla mencionada inicialmente corresponden a la variación de la permanencia estudiantil en función de los estados que se plantearon. Sin duda alguna se enfatiza un 70% de probabilidades de que un estudiante permanezca activo con notas entre 4,10 y 4,00 dado que el semestre anterior estuvo en ese mismo rango. Finalmente, un preocupante 46% de probabilidades para un alumno que anteriormente estaba activo con notas bajas pase a ser un estudiante ausente. En este caso hay un alto índice de permanencia que está directamente relacionada con la nota que obtiene el alumnado, ya que si se pierde o se saca un mal promedio existe una alta probabilidad de ausencia o posible deserción, lo que ocurre por el contrario cuando obtienen buenas calificaciones.

Tabla 13

Cadena de Markov respecto al periodo académico 2014-2 a 2015-1.

	1	2	3	0	-1	-2
1	0,45	0,15	0	0	0,40	0
2	0,07	0,76	0,05	0	0,11	0,01
3	0	0,45	0,45	0	0,09	0
0	0	0	0	0	0	0
-1	0	0,13	0,04	0	0	0,83
-2	0	0	0	0	0	0

Nota. Resultados de cadena de Markov respecto al periodo académico 2014-2 a 2015-1, Elaboración propia, 2022.

En la *Tabla 13* se presentan de manera porcentual los resultados arrojados por la cadena de Markov de la *Tabla 3*. Los porcentajes presentados en la tabla mencionada inicialmente corresponden a la variación de la permanencia estudiantil en función de los estados que se plantearon. Un dato preocupante es la probabilidad del 40% que hace referencia a estudiantes que el semestre pasado estaban en el estado 1 pasen a un estado ausente. Además, sólo un 15% de los estudiantes que venían con esa misma calificación logran pasar a un estado 2. Sin

embargo, un punto importante a resaltar es que existe una tendencia del 76% de probabilidades que estudiantes con buenas calificaciones el semestre pasado (notas entre 3,10 y 4,00) se mantengan en ese estado. Por otra parte, con un bajo porcentaje de 4,5% hay posibilidades que un buen estudiante que se estaban en el estado 2 pueda pasar a tener notas mucho más altas (entre 4,10 y 5,00). También existe un 11% de probabilidades que buenos estudiantes que mantienen notas entre 3,10 y 4,00 pasen a ser desertores, es importante hacer una investigación más exhaustiva en este tipo de casos para poder crear estrategias acertadas, ya que puede que estas decisiones no estén directamente relacionadas con el rendimiento académico.

Tabla 14

Cadena de Markov respecto al periodo académico 2015-1 a 2015-2.

	1	2	3	0	-1	-2
1	0,45	0,25	0	0	0,30	0
2	0,04	0,780	0,11	0	0,06	0
3	0	0,46	0,54	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
-1	0,04	0,29	0,04	0	0	0,64
-2	0,02	0	0	0	0	0,98

Nota. Resultados de cadena de Markov respecto al periodo académico 2015-1 a 2015-2, Elaboración propia, 2022.

En la *Tabla 14* se presentan de manera porcentual los resultados arrojados por la cadena de Markov de la *Tabla 4*. Los porcentajes presentados en la tabla mencionada inicialmente corresponden a la variación de la permanencia estudiantil en función de los estados que se plantearon. Se subraya que existe un 45% de probabilidades que un estudiante con bajas calificaciones permanezca en ese mismo estado de un semestre a otro, y a su vez un 30% de que estudiantes en el mismo rango de calificación el semestre pasado sean desertores el siguiente. Desde otra perspectiva un estudiante ausente puede convertirse en activo con calificaciones entre

3,10 y 4,00 con 28% de probabilidades, pero con un 3,5% de convertirse en excelente alumno. Prevalece un alto porcentaje del 97% que los estudiantes desertores no cambien de estado, y 64% que los ausentes decidan desertar. No obstante, existe una mínima probabilidad del 2,4% que un estudiante desertor pase a ser activo el otro semestre, pero con bajas calificaciones.

Tabla 15

Cadena de Markov respecto al periodo académico 2015-2 a 2016-1.

	1	2	3	0	-1	-2
1	0,35	0,18	0	0	0,47	0
2	0,04	0,66	0,25	0	0,05	0
3	0	0,3	0,67	0	0,03	0
0	0	0	0	0	0	0
-1	0,07	0,13	0	0	0	0,80
-2	0,02	0,02	0	0	0	0,97

Nota. Resultados de cadena de Markov respecto al periodo académico 2015-2 a 2016-1, Elaboración propia, 2022.

En la *Tabla 15* se presentan de manera porcentual los resultados arrojados por la cadena de Markov de la *Tabla 5*. Los porcentajes presentados en la tabla mencionada inicialmente corresponden a la variación de la permanencia estudiantil en función de los estados que se plantearon. Existen bajas probabilidades que un estudiante desertor pase a ser activo, pero muy altas (96%) que permanezca en ese estado de un semestre a otro e igualmente con un 80% que un alumno ausente pase a ser desertor. En este periodo existen probabilidades de desertar en los estados 1, 2, 3, sin embargo, la más alta de todas es del 47% y hace alusión a los estudiantes que tenían notas entre 1,00 y 3,00 el semestre pasado.

Tabla 16

Cadena de Markov respecto al periodo académico 2016-1 a 2016-2.

	1	2	3	0	-1	-2
1	0,31	0,38	0,08	0	0,23	0
2	0,04	0,66	0,22	0	0,08	0
3	0,02	0,45	0,53	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
-1	0	0,25	0	0	0	0,75
-2	0	0,04	0	0	0	0,96

Nota. Resultados de cadena de Markov respecto al periodo académico 2016-1 a 2016-2, Elaboración propia, 2022.

En la *Tabla 16* se presentan de manera porcentual los resultados arrojados por la cadena de Markov de la *Tabla 6*. Los porcentajes presentados en la tabla mencionada inicialmente corresponden a la variación de la permanencia estudiantil en función de los estados que se plantearon. Disminuyen los índices de ausentismo, pero prevalece un alto porcentaje de que los estudiantes se mantengan en estado desertor. Se destaca que con un 25% de probabilidades un estudiante ausente puede convertirse en activo con notas entre 3,10 y 4,00. Además, los estudiantes con malas calificaciones pueden permanecer allí con 30% de probabilidades, además con 7% de poder pasar a tener excelentes calificaciones. Por otra parte, es muy poco probable (1,8%) de que un estudiante con notas entre 4,100 y 5,00 pueda pasar a tener bajas calificaciones.

Tabla 17

Cadena de Markov respecto al periodo académico 2016-2 a 2017-1.

	1	2	3	0	-1	-2
1	0,33	0,33	0	0	0,33	0
2	0,03	0,6	0,29	0	0,09	0
3	0,04	0,27	0,67	0	0,02	0
0	0	0	0	0	0	0
-1	0	0,27	0,09	0	0	0,64
-2	0	0,01	0,01	0	0	0,97

Nota. Resultados de cadena de Markov respecto al periodo académico 2016-2 a 2017-1, Elaboración propia, 2022.

En la *Tabla 17* se presentan de manera porcentual los resultados arrojados por la cadena de Markov de la *Tabla 7*. Los porcentajes presentados en la tabla mencionada inicialmente corresponden a la variación de la permanencia estudiantil en función de los estados que se plantearon. En el que se logra evidenciar que hay un 97% de probabilidades de que un estudiante permanezca desertor en el próximo periodo. También se puede visualizar que el 67% de los estudiantes permanecerá activo en el próximo periodo con una nota en el rango de 4,10 a 5,00. Observamos también que hay un 60% de probabilidades de que los estudiantes permanezcan con notas en el rango de 3,10 a 4,00. Finalmente, un preocupante 64% de probabilidades para los alumnos que anteriormente estaban ausentes pasen a ser desertores en el siguiente periodo. Esto debido a que el estudiante abandona por un semestre y puede ser propenso a que el siguiente semestre continúe el mismo patrón.

Tabla 18

Cadena de Markov respecto al periodo académico 2017-1 a 2017-2.

	1	2	3	0	-1	-2
1	0	0,38	0	0	0,63	0
2	0,05	0,65	0,25	0	0,05	0
3	0	0,30	0,67	0	0,03	0
0	0	0	0	0	0	0
-1	0,15	0,23	0,08	0	0	0,54
-2	0,01	0,04	0	0	0	0,95

Nota. Resultados de cadena de Markov respecto al periodo académico 2017-1 a 2017-2, Elaboración propia, 2022.

En la *Tabla 18* se presentan de manera porcentual los resultados arrojados por la cadena de Markov de la *Tabla 8*. Los porcentajes presentados en la tabla mencionada inicialmente corresponden a la variación de la permanencia estudiantil en función de los estados que se plantearon. En el que se logra evidenciar que hay un 95% de probabilidades de que un

estudiante permanezca desertor en el próximo periodo. También se puede visualizar que el 67% de los estudiantes permanecerá activo en el próximo periodo con una nota en el rango de 4,10 a 5,00. Observamos también que hay un 65% de probabilidades de que los estudiantes permanezcan con notas en el rango de 3,10 a 4,00. Los estudiantes que obtengan notas con un rango de 1,00 a 3,00 es probable en un 63% que pasen a ser estudiantes ausentes en el próximo periodo. Finalmente, se evidencia que existe un 54% de probabilidades para los alumnos que anteriormente estaban ausentes pasen a ser desertores en el siguiente periodo.

Tabla 19

Cadena de Markov respecto al periodo académico 2017-2 a 2018-1.

	1	2	3	0	-1	-2
1	0,29	0,14	0	0	0,57	0
2	0,06	0,75	0,13	0	0,06	0
3	0	0,42	0,57	0	0,01	0
0	0	0	0	0	0	0
-1	0	0,27	0	0	0	0,73
-2	0,01	0,02	0	0	0	0,96

Nota. Resultados de cadena de Markov respecto al periodo académico 2017-2 a 2018-1, Elaboración propia, 2022.

En la *Tabla 19* se presentan de manera porcentual los resultados arrojados por la cadena de Markov de la *Tabla 9*. Los porcentajes presentados en la tabla mencionada inicialmente corresponden a la variación de la permanencia estudiantil en función de los estados que se plantearon. En el que se logró evidenciar que hay un 96% de probabilidades de que un estudiante permanezca desertor en el próximo periodo. También se puede visualizar que el 57% de los estudiantes permanecerá activo en el próximo periodo con una nota en el rango de 4,10 a 5,00. Observamos también que hay un 75% de probabilidades de que los estudiantes permanezcan con notas en el rango de 3,10 a 4,00. Los estudiantes que obtengan notas con un

rango de 1,00 a 3,00 es probable en un 57% que pasen a ser estudiantes ausentes en el próximo periodo. Para los estudiantes que obtengan notas con un rango de 4,10 a 5,00 es probable que en un 42% pasen a un estado con notas en un rango de 3,10 a 4,00. Finalmente, se evidencia que existe un 73% de probabilidades para los alumnos que anteriormente estaban ausentes pasen a ser desertores en el siguiente periodo.

Tabla 20

Cadena de Markov respecto al periodo académico 2018-1 a 2018-2.

	1	2	3	0	-1	-2
1	0,25	0,50	0	0	0,25	0
2	0,32	0,47	0,14	0	0,06	0
3	0,53	0,10	0,22	0	0,14	0
0	0	0	0	0	0	0
-1	0,20	0,20	0	0	0	0,60
-2	0	0,04	0	0	0	0,96

Nota. Resultados de cadena de Markov respecto al periodo académico 2018-1 a 2018-2, Elaboración propia, 2022.

En la *Tabla 20* se presentan de manera porcentual los resultados arrojados por la cadena de Markov de la *Tabla 10*. Los porcentajes presentados en la tabla mencionada inicialmente corresponden a la variación de la permanencia estudiantil en función de los estados que se plantearon. En el que se logra evidenciar que hay un 96% de probabilidades de que un estudiante permanezca desertor en el próximo periodo. También se puede visualizar que el 22% de los estudiantes permanecerá activo en el próximo periodo con una nota en el rango de 4,10 a 5,00. Observamos que hay un 47% de probabilidades de que los estudiantes permanezcan con notas en el rango de 3,10 a 4,00. Los estudiantes que obtengan notas con un rango de 4,10 a 5,00 es probable en un 53% que pasen a tener notas en un rango de 1,00 a 3,00. Para estos mismos con rango de 4,10 a 5,00 también es probable que en un 32% pasen a un estado con notas en un

rango de 3,10 a 4,00. Si estos estudiantes se encuentran con notas comprendidas entre los rangos de 1,00 a 3,00 es probable en un 50% que pasen a tener notas de 3,10 a 4,00 o en su defecto que con un porcentaje del 25% se mantengan con esas mismas notas o se encuentren ausentes.

Finalmente, se evidencia que existe un 60% de probabilidades para los alumnos que anteriormente estaban ausentes pasen a ser desertores en el siguiente periodo.

Tabla 21

Cadena de Markov respecto al periodo académico 2018-2 a 2019-1.

	1	2	3	0	-1	-2
1	0,05	0,02	0	0,93	0	0
2	0,11	0,46	0,21	0,18	0,03	0
3	0	0,12	0,32	0,56	0	0
0	0	0	0	0	0	0
-1	0	0,07	0,07	0,87	0	0
-2	0	0	0	0,90	0	0,10

Nota. Resultados de cadena de Markov respecto al periodo académico 2018-2 a 2019-1, Elaboración propia, 2022.

En la *Tabla 21* se presentan de manera porcentual los resultados arrojados por la cadena de Markov de la *Tabla 11*. Los porcentajes presentados en la tabla mencionada inicialmente corresponden a la variación de la permanencia estudiantil en función de los estados que se plantearon. En el que se logra evidenciar que hay un 10% de probabilidades de que un estudiante permanezca desertor en el próximo periodo. También se puede visualizar que el 93% de los estudiantes con notas en un rango de 1,00 a 3,00 se graduarán en el siguiente periodo, 56% de los estudiantes con notas en el rango de 4,10 a 5,00 se graduarán. En este periodo se evidencia dos datos atípicos como lo son un 90% de estudiantes desertores y 87% de estudiantes ausentes que pasaran a ser próximos graduados. Esto teniendo en cuenta la estrategia implementada por la universidad con el fin de que el estudiantado que había postergado la culminación de su carrera

por cualquier motivo, se graduara, dado que se efectuaría a un cambio de pensum en el programa lo cual logro la disminución sustancial de personas desertoras. Por otra parte, los alumnos que obtuvieron notas con un rango de 4,10 a 5,00 es probable que un 32% prevalezca en ese estado. Si estos estudiantes se encuentran con notas comprendidas entre el rango de 3,10 a 4,00 hay 46% de probabilidades que permanezcan con esas notas.

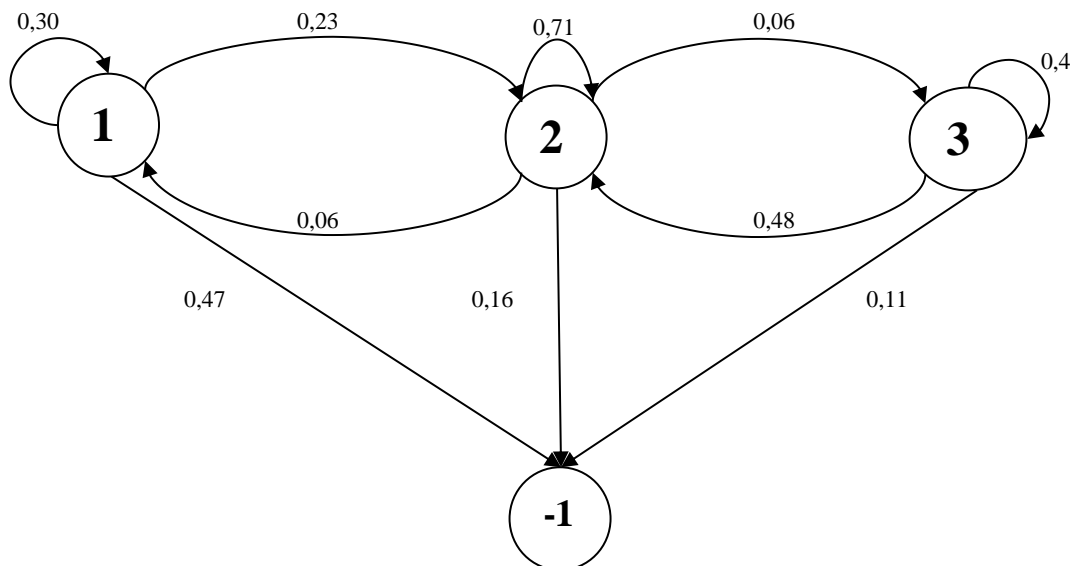
Fase 3: Análisis de la representación del estado académico

Transiciones (Grafos).

Los espacios de estado también permiten definir las transiciones entre ellos. Esto ayuda a la interpretación de la transición de los pasos, que generar análisis visualmente de forma más rápida. Fundamentándose en lo anterior se determinan los resultados siguientes:

Figura 5

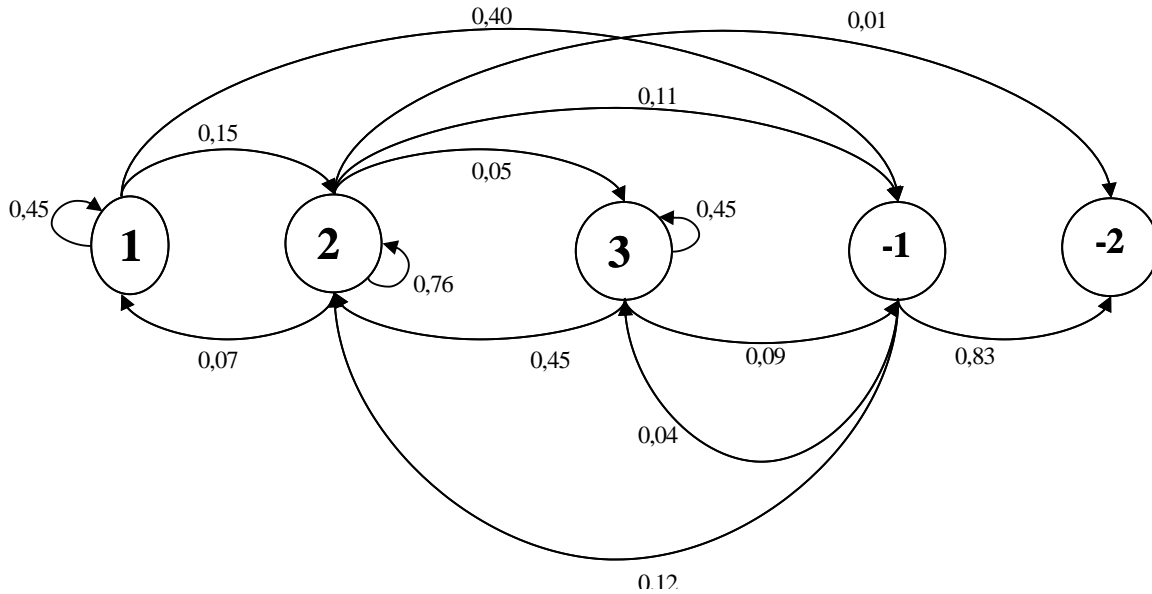
Representación gráfica del espacio de estados y transición del periodo que abarca 2014-1 a 2014-2



Nota. Representación gráfica del espacio de estados y transición del periodo que abarca 2014-1 a 2014-2, Elaboración propia, 2022.

Figura 6

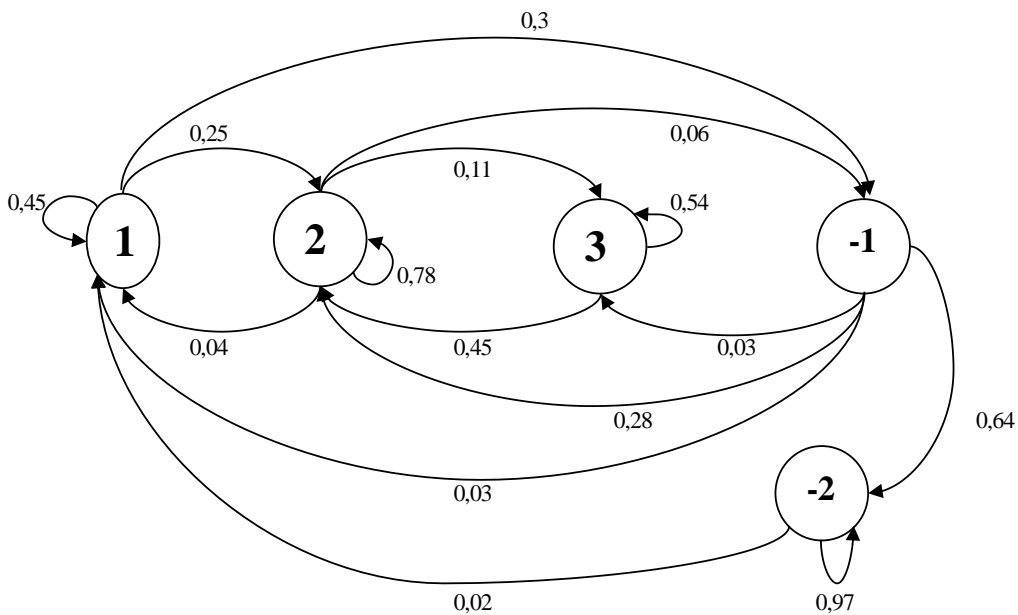
Representación gráfica del espacio de estados y transición del periodo que abarca 2014-2 a 2015-1.



Nota. Representación gráfica del espacio de estados y transición del periodo que abarca 2014-2 a 2015-1, Elaboración propia, 2022.

Figura 7

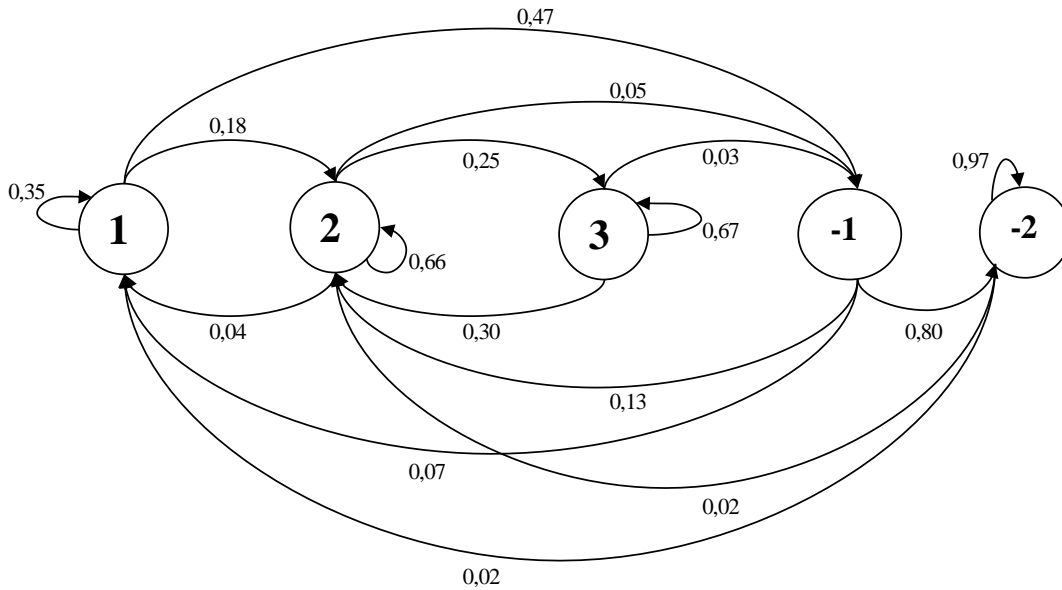
Representación gráfica del espacio de estados y transición del periodo que abarca 2015-1 a 2015-2.



Nota. Representación gráfica del espacio de estados y transición del periodo que abarca 2015-1 a 2015-2., Elaboración propia, 2022.

Figura 8

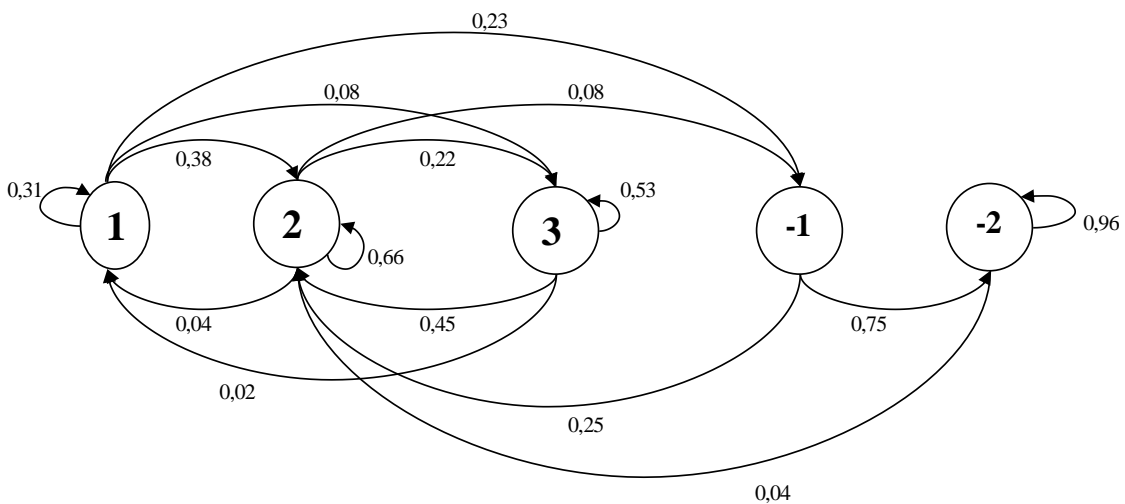
Representación gráfica del espacio de estados y transición del periodo que abarca 2015-2 a 2016-1.



Nota. Representación gráfica del espacio de estados y transición del periodo que abarca 2015-2 a 2016-1, Elaboración propia, 2022.

Figura 9

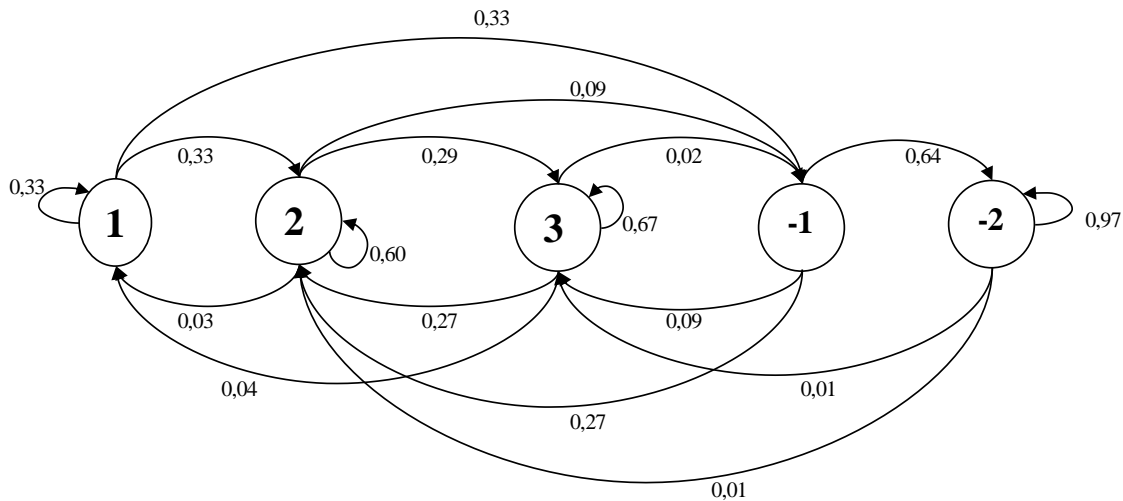
Representación gráfica del espacio de estados y transición del periodo que abarca 2016-1 a 2016-2.



Nota. Representación gráfica del espacio de estados y transición del periodo que abarca 2016-1 a 2016-2, Elaboración propia, 2022.

Figura 10

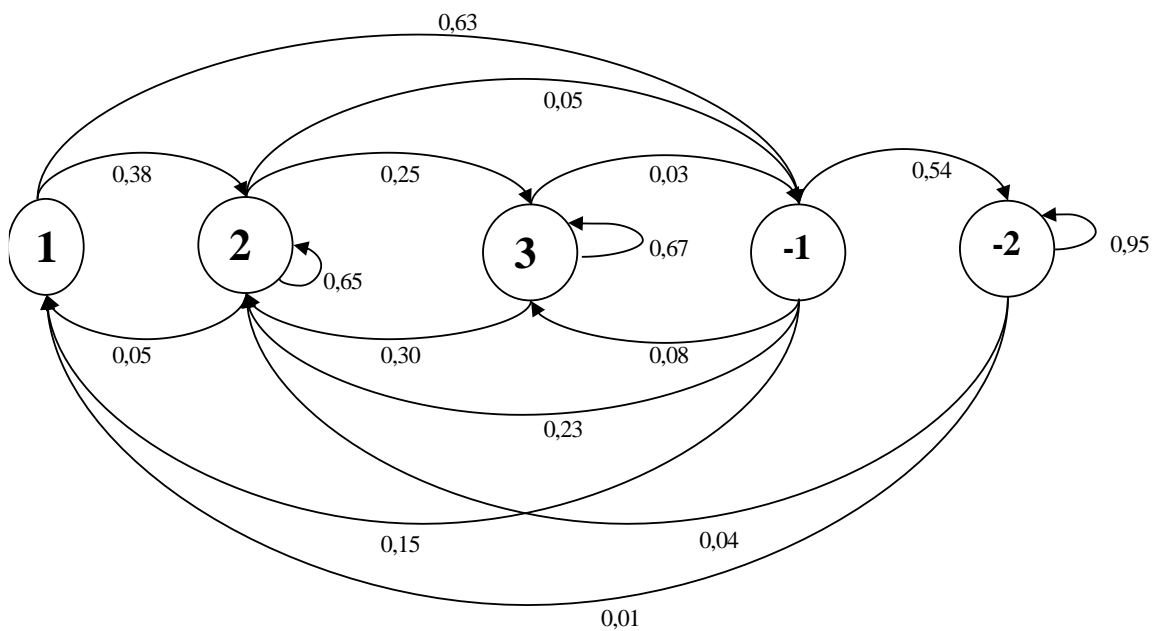
Representación gráfica del espacio de estados y transición del periodo que abarca 2016-2 a 2017-1.



Nota. Representación gráfica del espacio de estados y transición del periodo que abarca 2016-2 a 2017-1, Elaboración propia, 2022.

Figura 11

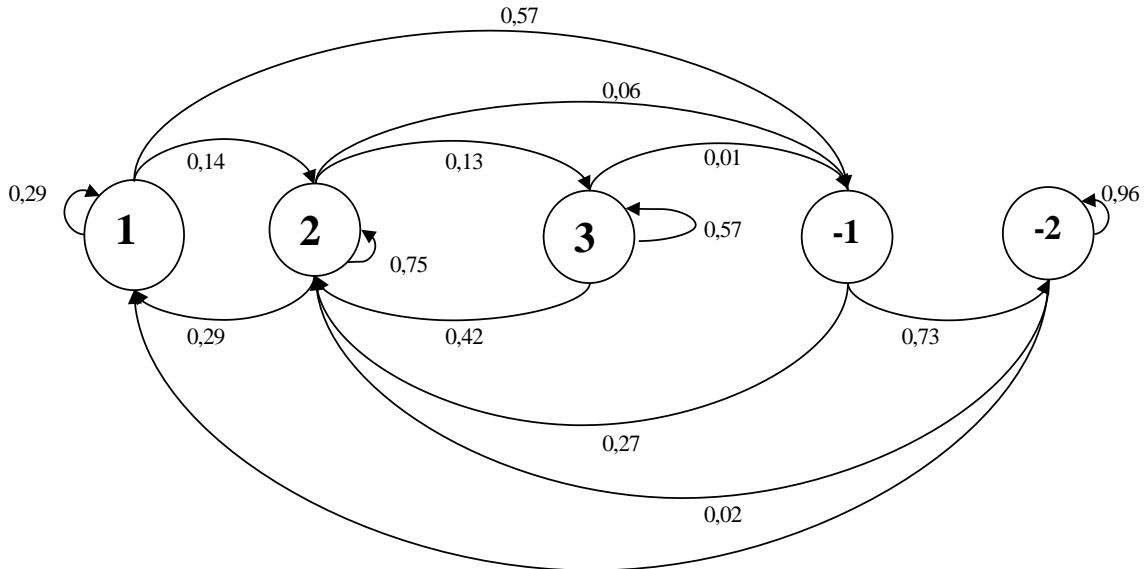
Representación gráfica del espacio de estados y transición del periodo que abarca 2017-1 a 2017-2.



Nota. Representación gráfica del espacio de estados y transición del periodo que abarca 2017-1 a 2017-2, Elaboración propia, 2022.

Figura 12

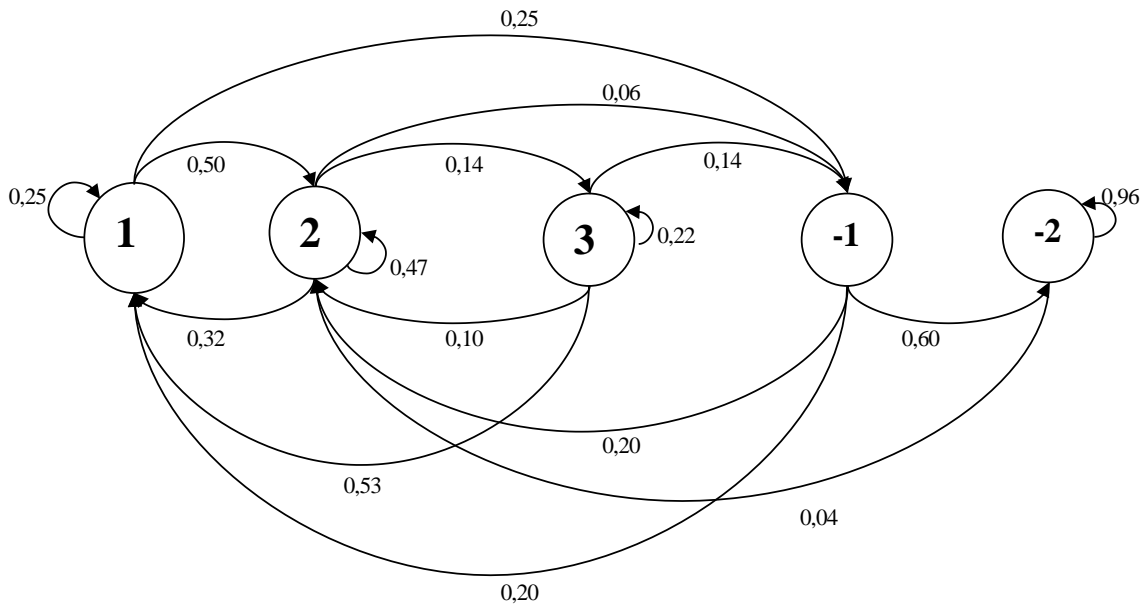
Representación gráfica del espacio de estados y transición del periodo que abarca 2017-2 a 2018-1.



Nota. Representación gráfica del espacio de estados y transición del periodo que abarca 2017-2 a 2018-1, Elaboración propia, 2022.

Figura 13

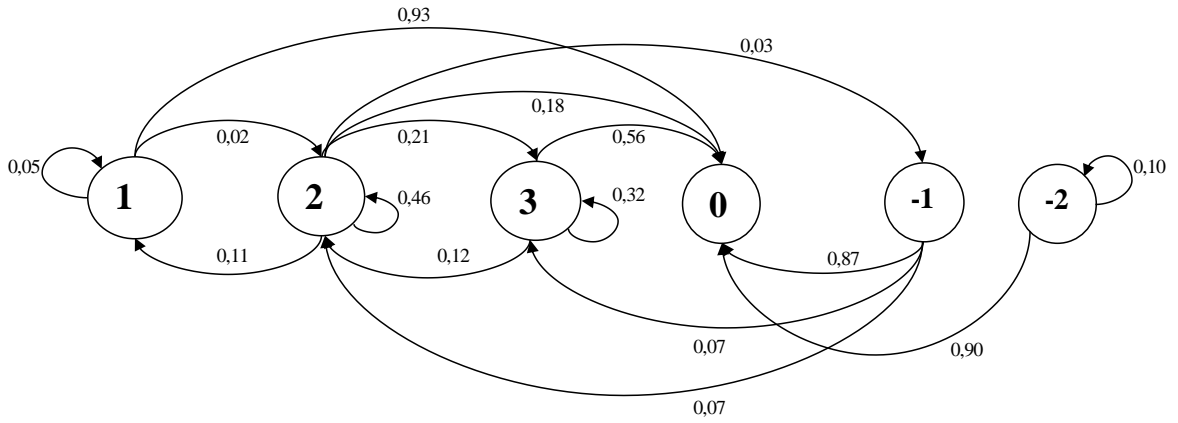
Representación gráfica del espacio de estados y transición del periodo que abarca 2018-1 a 2018-2.



Nota. Representación gráfica del espacio de estados y transición del periodo que abarca 2018-1 a 2018-2, Elaboración propia, 2022.

Figura 14

Representación gráfica del espacio de estados y transición del periodo que abarca 2018-2 a 2019-1.



Nota. Representación gráfica del espacio de estados y transición del periodo que abarca 2018-2 a 2019-1, Elaboración propia, 2022.

Resultados

Con base en las estrategias ya implementadas por la universidad se realizará una propuesta de mejoramiento a estas, además de la creación de nuevas.

Impulsar el uso de las TIC como parte de la dinámica institucional, favorece el desarrollo de las competencias, además del acceso a los recursos establecidos para la permanencia estudiantil. De acuerdo a lo anterior, se sugiere lo siguiente:

- **Curso de orientación vocacional académica a todo público:** Debe dirigirse a las personas que estén en busca de su vocación, y necesiten una guía para ello. A diferencia de estudiantes de primer semestre matriculados en la Universidad, los interesados deben pagar un monto que se destinará al sostenimiento de la iniciativa. Así mismo se podrá captar a nuevos usuarios por medio de opciones de continuidad en el proceso de inscripción con el dinero ya recaudado. Es decir, al pagar el curso tienes la opción de obtener un descuento en el proceso de matrícula.
- **Mejoramiento de monitorías:** Crear una plataforma donde se establezca un acceso a las materias del programa, y en ellas esté relacionada toda la información de contacto y horarios disponibles de los monitores. Finalmente, se podrá agendar una sesión de forma más eficaz, por medio de la plataforma u otra herramienta a elegir. Opción provisional: *Booking*. Además de mínimo una sesión obligatoria si se tiene un promedio bajo en la asignatura en el primer corte.
- **Mejoramiento de tutorías:** Crear una plataforma donde se establezca un acceso a las materias del programa, y en ellas esté relacionada toda la información de contacto y horarios disponibles de los profesores. Finalmente, se podrá agendar una

sesión de forma más eficaz, por medio de la plataforma u otra herramienta a elegir.

Opción provisional: *Booking*.

- **Blog de recomendaciones:** Está orientado a intercambiar experiencias entre estudiantes con el objetivo de hallar recomendaciones de profesores, materias electivas más acertadas a cursar según intereses y expectativas, cómo organizar el semestre según ritmos de trabajo u ocupaciones personales, entre otros.
- **Plataforma asesores tesis:** Crear una plataforma interactiva donde muestre asesores de tesis disponibles en cada programa respectivo, de tal forma que se permita un mejor acompañamiento. Además, compartir un breve paso a paso para iniciar con el proceso ya que hay poca información pública al respecto.

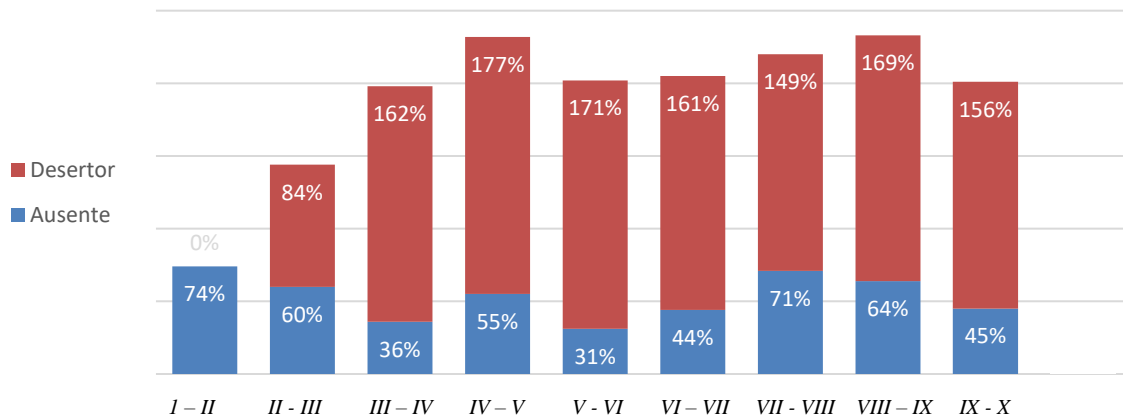
Para que las estrategias que se proponen sean sostenibles, es necesario llevar a cabo un proceso de información y sensibilización a los estudiantes sobre los recursos disponibles en pro de su permanencia, las redes sociales han demostrado un alto impacto en la difusión de información y por ello es necesario implementarlas, por otra parte, también se debe hacer uso del correo institucional, e incluso se puede instaurar la creación de webinars dirigidos tanto a estudiantes nuevos como antiguos.

Conclusiones

Los procesos de Markov y en general las posibilidades de determinar el punto de quiebre en el cual un estudiante deserta son muy bajas, ya que existen un sinnúmero de combinaciones de variables, y, además, es poco probable precisar el periodo exacto en el cual la probabilidad de deserción aumenta. Sin embargo, en la siguiente figura se muestra el comportamiento arrojado durante el desarrollo de la presente investigación.

Figura 15

Probabilidades de partir de cualquier estado a un estado de estudiante ausente o desertor.



Nota. Probabilidades de partir de cualquier estado a un estado de estudiante ausente o desertor, Elaboración propia, año 2022.

Con base en, el análisis de la figura 14 es posible determinar inicialmente que de primer a segundo semestre (periodo académico 2014-1 a 2014-2) existe el mayor grado de ausentismo con un 74% que se convierte en deserción en los próximos semestres, por lo que es necesario llevar a cabo una orientación vocacional a los estudiantes antes de iniciar su periodo electivo para evitar abandono de la carrera.

Además, se identificó que de cuarto a quinto semestre (periodo académico 2015-2 a 2016-1) se establece el nivel más alto de deserción, pudiendo ser la carga académica una de

las causantes, dado que en este periodo gran parte de las asignaturas suelen ser exigentes. Es claro que se debe hacer un acompañamiento a nivel académico ya sea de tutores o monitores.

Finalmente, en los últimos semestres electivos los índices de deserción y ausentismo permanecen elevados tal como se muestra en la figura 14, cabe destacar en la cohorte 2018-2 a 2019-1 se genera un comportamiento anormal por la puesta en marcha de la estrategia temporal que invitaba al estudiando a graduarse o reintegrarse. En este orden de ideas, la situación descrita al inicio del párrafo puede llegar a retrasar el proceso de grado de los estudiantes. Con base en esto, es viable determinar actualmente la creación de una estrategia permanente de acompañamiento y asesoría a estudiantes que se encuentren en los semestres finales, para evaluar sus alternativas de continuación y posibles opciones a grado.

En síntesis, sustentándose en la fundamentación teórica, es posible determinar que cadenas de Markov es una herramienta útil para la generación de modelos de predicción aplicados al ámbito educativo, así mismo, el adecuado manejo de datos e información permite una predicción más precisa y acorde a la problemática estudiada.

Recomendaciones

Las cadenas de Markov muestran un resultado de interpretación clara, sin embargo, se sugiere para futuros trabajos no tener en cuenta sólo una cohorte académica, por el contrario, tener varias, puesto que sería posible adquirir información más completa, y a su vez obtener resultados más certeros. En este mismo sentido, para el cálculo de las probabilidades de transiciones se recomienda trabajar con todos los estudiantes para tener valores más confiables.

Por otra parte, en la presente investigación al tomar en consideración el estado “0” (Egresado), no se obtuvieron probabilidades del estado estable, debido a que la cadena que representa el estado académico estudiado no es ergódica, generando la imposibilidad de ir del estado cero a ninguno otro estado. Por consiguiente, se recomienda descartar el estado “0” y sólo tener en cuenta los estados “1, 2, 3, -1, y -2”. Es por esto que no es posible calcular la matriz de transición final o definitiva.

Para finalizar, se propone en investigaciones posteriores aplicar una encuesta que permita validar los datos a procesar, esto con información suministrada por los estudiantes. Estas herramientas, otorgan mayor confiabilidad en la investigación, debido a que se tiene participación directa de la población involucrada. En otro aspecto, las concepciones de los alumnos de primeros semestres distan a la de los últimos, esto en cuanto a factores que inciden en su permanencia, por lo tanto, se hace necesario que la muestra sea estratificada.

Referencias

- Acevedo, C. (2011). Aplicación de cadenas de Markov para el análisis y pronóstico de series de tiempo. *Repository Tangara*. <http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2011/141227.pdf>
- Acevedo, D., Torres, J., & Tirado, D. (2015). Análisis de la Deserción Estudiantil en el Programa Ingeniería de Alimentos de la Universidad de Cartagena durante el Periodo Académico 2009 - 2013. *Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal*, 8(1), 35-42. Recuperado el 24 de Junio de 2021, de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=373544188005>
- Álvarez, M., & Orrego, R. (2000). Modelo Markoviano. *Revista Universidad Eafit*. <https://publicaciones.eafit.edu.co/index.php/revista-universidad-eafit/article/download/972/876/>
- Améstica-Rivas, L. K.-D. (2020). la deserción en la gestión universitaria: el caso de una universidad pública chilena. *Efectos económicos de Hallazgos*, 18(35), 209-231.
- Barrero, F. (2015). Investigación en deserción estudiantil universitaria: educación, cultura y significados. *Revista Educación Y Desarrollo Social*, 9(2), 86-101. doi:<https://doi.org/10.18359/reds.948>
- Barros, E., & Meza, M. (2021). Evaluación de efectos generados por cambio de políticas institucionales en el rendimiento académico de estudiantes de ingeniería industrial de la Universidad del Magdalena a través de cadenas de Markov. *Repository UniMagdalena*. <http://repositorio.unimagdalena.edu.co/jspui/handle/123456789/5602>

- Casas, P. (2018). El problema no es solo plata: 42 % de los universitarios deserta. El espectador.
<https://www.elespectador.com/educacion/el-problema-no-es-solo-plata-42-de-los-universitarios-deserta-article-827739/>
- Cassiano, A. M., Cipagauta, P., & Reyes, N. (2016). Identidad Profesional Como Factor Explicativo De La Permanencia Estudiantil. *VI CLABES*.
- Castillo-Sánchez, M. G.-A.-M. (2020). Factores que influyen en la deserción y reprobación de estudiantes de un curso universitario de matemáticas. *Uniciencia*, 34(2), 219-245.
- Coronado, J., Gaitán, M., & Mercado, N. (2016). Analysis of Probability of Dropout, Continuation and Graduation through Markovian Chains of University Students in Bolivar, Colombia. Recuperado el 24 de Junio de 2021, de
https://www.researchgate.net/publication/317239585_Analysis_of_Probability_of_Dropout_Continuation_and_Graduation_through_Markovian_Chains_of_University_Students_in_Bolivar_Colombia
- Deyser Gutiérrez A, J. F. (2021). Indicadores de deserción universitaria y factores asociados. *University dropout indicators and associated factors* , 15-26.
- Echeverry, N., & Ramiro, J. (2017). Incidencia del factor académico en la deserción estudiantil: caso programa de Contaduría Pública, de la Facultad de Estudios a Distancia de la UMNG, periodo 2013-II a 2014-II. Recuperado el 24 de Junio de 2021, de
<https://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/16686>
- Espinosa Castro, J. F., & Mariño Castro, L. M. (2018). *Estrategias para la permanencia estudiantil universitaria*. Barranquilla: Universidad Simón Bolívar.
- Ferreya, M. M. (2017). Momento decisivo: la educación superior. (B. M. Commons, Ed.) *Banco Mundial. Licencia: Creative Commons*.

González Campos, J., Carvajal Muquillaza, C., & Aspeé Chacón, J. (2020). Modelación de la deserción universitaria mediante cadenas de Markov. *UNICIENCIA*, 34(1), 129-146.
doi:<http://dx.doi.org/10.15359/ru.34-1.8>

González Catalán, F. I. (2018). Deserción Estudiantil en la Educación Superior Técnico-Profesional: Explorando los factores que inciden en alumnos de primer año. *Revista de la educación superior*, 47(188), 109-13.

Guzmán, C., Durán, D., Franco, J., Castaño, E., Gallón, S., Gómez, K., & Vásquez, J. (2009). *Deserción estudiantil en la educación superior colombiana* (Primera edición ed.). Bogota, Colombia. Recuperado el 24 de Junio de 2021, de https://www.mineduacion.gov.co/sistemasdeinformacion/1735/articles-254702_libro_desercion.pdf

Guzmán, C., Durán, D., Gallego, J., Castaño, E., Gallón, S., Gómez, K., & Vásquez, J. (2009). *Deserción estudiantil en la educación superior Colombiana*. Bogotá: Ministerio de Educación Nacional. Recuperado el 29 de Junio de 2021, de https://www.mineduacion.gov.co/sistemasdeinformacion/1735/articles-254702_libro_desercion.pdf

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación* (Sexta edición ed.). (S. INTERAMERICANA EDITORES, Ed.) MCGRAW-HILL. Obtenido de <http://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2017/08/metodologia-de-la-investigacion-sexta-edicion.compressed.pdf>

Hillier, F., & Lieberman, G. (2010). *Introducción a la investigación de operaciones* (novena ed.). https://dudasytareas.files.wordpress.com/2017/05/hillier_lieberman.pdf

Mayra Alban, D. M. (2019). Factors that Influence Undergraduate University Desertion According to Students Perspective. *International Journal of Engineering and Technology (IJET)*, 10(6).

Merlino, A., Ayllón, S., & Escanés, G. (2011). Variables que influyen en la deserción de estudiantes universitarios de primer año. Construcción de índices de riesgo de abandono. *Revista Electrónica "Actualidades Investigativas En Educación"*, 11(2), 1-30. Recuperado el 24 de Junio de 2021, de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=44720020005>

Mineducación. (2009). *Ministerio de Educación Nacional*.

<https://www.mineduacion.gov.co/1621/article-196477.html>

Mineducación. (2010). *Desercion estudiantil en la educación superior colombiana*. Bogotá: ISBN: 978-958-691-366-9.

Mineducación. (2019). *Reporte de estadísticas en el SPADIES*. Bogotá / Colombia.

https://www.mineduacion.gov.co/sistemasdeinformacion/1735/w3-article-357549.html?_noredirect=1

Mineducación. (2020). *Estadísticas De Deserción Y Permanencia En Educación Superior*. Bogotá, Colombia. Recuperado el 24 de Junio de 2021 , de

https://www.mineduacion.gov.co/sistemasdeinformacion/1735/articles-357549_recurso_7.pdf

Ministerio de Educación Nacional-MEN. (2015). *Estrategias para la permanencia en educación superior: experiencias significativas*. Bogotá: Sanmartín Obregón & Cía Ltda.

https://www.mineduacion.gov.co/1759/articles-356276_recurso.pdf

Mónica Lizeth Sánchez-Arévalo, L. F.-H.-E. (2018). Modelo de aproximación al comportamiento de la deserción voluntaria universitaria en pregrados de Ingeniería periodo 2015-2018.

Ingeniería Solidaria, 14(26), 3-27,.

Organización de las Naciones Unidas . (2018). *La Agenda 2030 y losObjetivos de Desarrollo*

Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe. Santiago.: (LC/G.2681-P/Rev.3), .

Otero Caicedo, R., Bolívar Atuesta, S., & Palacios Caicedo, J. (2016). Análisis de la retención de estudiantes de ingeniería basado en la pérdida consecutiva de una misma asignatura. Un enfoque de Cadenas de Markov. *Actualidad y Nuevas Tendencias* .

Otero, R., Bolívar, S., & Palacios, J. (2016). Análisis de la retención de estudiantes de ingeniería basado en la pérdida consecutiva de una misma asignatura. Un enfoque de Cadenas de Markov. *Redalyc*, 5(16), 7-18. <https://www.redalyc.org/pdf/2150/215048805002.pdf>

P., M. A. (2011). *ACCIONES PARA FAVORECER LA PERMANENCIA. UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA*. Medellín: Revista utp.

Quintero Guasca, R., Avellaneda Nieves, M., Cristancho García, M., & Sánchez Medina, I. (2021).

Permanencia estudiantil en programas de posgrado e-learning: un caso de estudio.

Formación Universitaria, 14(3), 17-24.

Rodríguez, C. (2012). Diseño de un modelo estocástico usando cadenas de Markov para pronosticar la deserción académica de estudiantes de ingeniería. *Repository Javeriana*.

<https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/13688/RodriguezRiosClaudiaYadira2012.pdf?sequence=3>

Sánchez Hernández, G., Barboza Palomino, M., & Castilla Cabello, H. (2017). Análisis de la deserción y los factores asociados a la permanencia estudiantil en una universidad peruana.

Actualidades Pedagógicas, 1(6), 169-191. doi:<https://doi.org/10.19052/ap.4075>

Sierra, C., & Rafael, E. (2013). El concepto de estrategia como fundamento de la planeación estratégica. *Redalyc*(35), 152-181. <https://www.redalyc.org/pdf/646/64629832007.pdf>

UNESCO. (2020). *Hacia el acceso universal a la educación superior*:

<https://www.iesalc.unesco.org/wp-content/uploads/2020/11/acceso-universal-a-la-ES-ESPANOL.pdf>

Universidad EAFIT. (2019). *Educación Superior en Colombia*. Obtenido de

<https://www.eafit.edu.co/international/esp/estudiar-eafit/Paginas/educacion-superior-en-colombia.aspx>

Vargas, Z. (2009). La investigación aplicada: una forma de conocer las realidades con evidencia científica. *Revista Educación*, 33(1), 155-165. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?>

Vega-González, L. (2011). Siete mitos de la investigación aplicada y el desarrollo tecnológico universitario. *Scielo: Ingeniería, investigación y tecnología*, 12(3), 243-256.

[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-77432011000300001&lng=es&tlng=.](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-77432011000300001&lng=es&tlng=)

Velázquez, Y., & González, M. (2017). Factores asociados a la permanencia de estudiantes universitarios: caso uamm-uat. *Revista de Educación Superior: RESU*, 46(184),

117-138. doi:<https://doi.org/10.1016/j.resu.2017.11.003>

Vlada, M. ((2009).). *Scientific Knowledge and Solving Problems Modelling, Representation and Processing*.

https://www.researchgate.net/publication/228929044_Scientific_Knowledge_and_Solving_Problems_Modelling_Representation_and_Processing/citation/download