

EVALUACIÓN DE LOS EFECTOS GENERADOS POR EL
CAMBIO DE POLITICAS INSTITUCIONALES EN EL
RENDIMIENTO ACADEMICO DE ESTUDIANTES DEL
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE LA
UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA A TRAVÉS DE
CADENAS DE MARKOV

TRABAJO DE GRADO

BARROS, EDUARDO – MEZA, MALORYN

TUTOR:

EDWIN CAUSADO RODRIGUEZ, PhD.

UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA
FACULTAD DE INGENIERIAS
PROGRAMA DE INGENIERIA INDUSTRIAL
SANTA MARTA - 2021

CONTENIDO

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
PREGUNTA PROBLEMA	2
JUSTIFICACIÓN	3
MARCO TEORICO	3
Cadenas de Markov de primer orden	3
Clasificación de estados de una Cadena de Markov	5
Análisis de Cadenas de Markov absorbentes	5
Prueba de homogeneidad: Chi-cuadrada	6
Políticas académicas	7
Rendimiento académico	7
Permanencia y deserción estudiantil	7
ESTADO DEL ARTE	8
OBJETIVOS	13
OBJETIVO GENERAL	13
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
METODOLOGIA	14
Población a estudiar	14
Diseño del modelo	15
Procedimiento	17
RESULTADOS	19
Recolección y limpieza de datos	19
Descripción de las variables independientes	20
Creación de los perfiles de estudiantes	21
Estimación de las matrices de transición	22
Avance por semestre de los estudiantes	23
Probabilidad de absorción de los estudiantes	28
Variación del tiempo de permanencia	30
Prueba de homogeneidad Chi-cuadrado	33

CONCLUSIONES	34
RECOMENDACIONES	36
BIBLIOGRAFIA	38
ANEXOS	41

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Comparación de requisitos adicionales de los acuerdos 013 de 2009 y 011 de 2017. Fuente: Autores.

Tabla 2. Factores asociados con la deserción estudiantil universitaria. Fuente:(Otero Caicedo et al., 2016)

Tabla 3. Proporción de AC aprobados correspondientes a cada estado transitorio. Fuente: Autores.

Tabla 4. Matriz de transición del modelo. Fuente: Autores.

Tabla 5. Categorización de las variables independientes. Fuente: Autores.

Tabla 6. Tamaño de la muestra según perfiles de los estudiantes. Fuente: Autores.

Tabla 7. Número de periodos necesarios para alcanzar la absorción. Fuente: Autores.

Tabla 8. Numero de periodos necesarios para graduarse. Fuente: Autores.

Tabla 9. Prueba homogeneidad. Fuente: Autores.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Modelo general de la matriz de transición. Fuente: Autores.

Figura 2. Distribución de la población por género. Fuente: Autores.

Figura 3. Categorización temporal. Fuente: Autores.

Figura 4. Matriz de transición del perfil fem_a_pu. Fuente: Autores.

Figura 5. Tiempo de permanencia en cada estado para fem_a_pu. Fuente: Autores.

Figura 6. *Gráficos de líneas – influencia del puntaje obtenido en la prueba de admisión.* Fuente: Autores

Figura 7. *Probabilidades de graduarse para los estudiantes que parten del estado S1.* Fuente: Autores.

Figura 8. *Probabilidades de grado de los estudiantes que parten del estado S1 según periodo de absorción.* Fuente: Autores.

Figura 9. Población de estudiantes graduados según su modalidad de grado. Fuente: Autores.

ANEXOS

ANEXO 1. Código en R.

ANEXO 2. Segmentación de la población.

ANEXO 3. Perfiles de estudiantes.

ANEXO 4. Tiempo de absorción partiendo desde cada periodo transitorio.

ANEXO 5. Probabilidades de absorción partiendo desde cada estado transitorio.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Con el cambio de administración dado en el año 2016 (elección del nuevo rector de la universidad del Magdalena, Dr. Pablo Vera Salazar) se han venido implementando cambios en los acuerdos y reglamentos, con el fin de aumentar la calidad educativa y mejorar las condiciones académicas del estudiantado. En la Universidad del Magdalena hasta el mes de abril del año 2017 estuvo en vigencia el Acuerdo Superior No. 013 de 2009 “Por el cual se modifica el artículo 184 del acuerdo Superior 008 de 2003” que establecía: los estudiantes deberán haber realizado y aprobado el trabajo de grado, la práctica profesional y una prueba de suficiencia de inglés, como requisitos adicionales para optar al título, de acuerdo a lo que establezca el Consejo Académico para cada caso.

Con el ánimo de mejorar el flujo de estudiantes graduados se generaron nuevas políticas para la disminución del riesgo de permanecer cesantes luego de terminar sus créditos académicos (CA) debido a la falta de oferta para practicantes en el mercado. A través del Acuerdo Superior No.11 de 2017 “Por el cual se faculta al consejo académico para reglamentar los requisitos de grado y se dictan otras disposiciones” se reglamentan nuevas modalidades de grado, las cuales son: Trabajo de Investigación, Trabajo de Creación, Artística, práctica profesional, artículo científico, créditos académicos en programas de posgrado y diplomado de profundización (*ver Tabla 1*).

La implementación de estas nuevas modalidades de grado, buscan agilizar el proceso de grado para aquellos estudiantes que cumplen con los requisitos académicos, cambiando las obligaciones que estos deben cumplir además de sus créditos académicos (CA), dado que, con el antiguo acuerdo el proceso de titulación requería un poco más de tiempo del estipulado, extendiendo el tiempo de permanencia de los estudiantes en la universidad del Magdalena.

AcSup. 013 de 2009	AcSup. 011 de 2017
<ol style="list-style-type: none"> 1. Práctica profesional 2. Proyecto de investigación: <ul style="list-style-type: none"> • Trabajo de investigación. • Ejecución de al menos 6 meses de práctica profesional. • Publicación de un artículo científico. • Crear una empresa rentable. • Pasantía de investigación. • Diplomado evaluable de mínimo 100 horas. • Premio nacional o internacional relacionado con la carrera. • Publicación de un capítulo de libro. 3. Prueba de suficiencia en inglés 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Trabajo de grado: <ul style="list-style-type: none"> • Trabajo de investigación. • Ejecución de al menos 6 meses de práctica profesional. • Publicación de un artículo científico. • Práctica de innovación y emprendimiento. • Pasantía de investigación. • Diplomado de profundización. • Créditos académicos aprobados en programa de posgrado. • Práctica social. 2. Acreditación de competencias en un segundo idioma.

Tabla 1. Comparación de requisitos de grado de los acuerdos 013 de 2009 y 011 de 2017. Fuente: Autores.

Si bien este acuerdo superior fue creado para facilitar los egresos de estudiantes de las distintas carreras de la universidad del Magdalena, aún no hay estudios precisos sobre si este ha influido o no en la reducción del tiempo de titulación de los estudiantes de pregrado, especialmente los vinculados al programa de ingeniería industrial de la facultad de ingeniería de la universidad del Magdalena, debido al poco tiempo transcurrido desde la emisión de este en el año 2017.

PREGUNTA PROBLEMA

En este sentido, se plantea la siguiente pregunta problema:

¿De qué manera la aplicación de cadenas de Markov en el estudio del cambio en las políticas institucionales a partir del periodo 2017-1, facilitan el entendimiento de los efectos en el rendimiento académico y la dinámica del tiempo de permanencia de estudiantes del programa de ingeniería industrial de la universidad del Magdalena?

JUSTIFICACIÓN

A través de este proyecto de investigación, se busca evaluar el impacto generado por la implementación de nuevas políticas institucionales que redefinen modalidades de grado en el programa de Ingeniería Industrial de la universidad del Magdalena por medio de una matriz markoviana, en la cual se evaluarán no solo el tiempo promedio que tarda un estudiante de ingeniería industrial de la universidad del Magdalena, desde el momento que inicia su carrera, hasta cursar el total de sus CA y de este punto hasta que se titula, el tiempo que permanece cesante el estudiante desde que termina sus CA hasta que toma el grado, basándose en factores como la cantidad de CA cursados, cancelación de semestres, cantidad de CA perdidos, entre otros; sino también, la determinación de cuál de las diferentes modalidades es más demandada por los estudiantes y toma menos tiempo en el proceso de graduación, la probabilidad de deserción académica en el avance por semestres; entre muchos más aspectos que se deben tener en cuenta para reducir falencias que afectan el proceso de permanencia en el programa de Ingeniería Industrial de esta casa de estudios.

MARCO TEORICO

Cadenas de Markov de primer orden

Las cadenas de Markov son un tipo especial de proceso estocástico, caracterizado por la falta de memoria. Estas permiten estimar probabilidades futuras de ocurrencia de un “evento”, dependiendo únicamente de la probabilidad del estado en el que se ubique en la actualidad; a esta se le llama propiedad de Markov, la cual expone que la probabilidad de que después de dar un paso, el sistema pase de estar en el estado X_n al estado X_{n+1} dentro del espacio de estados $T=\{1,2,3,\dots,n\}$ únicamente dependiendo del estado pasado y no de ningún otro que le anteceda (Hiller& Lieberman, 2010, pp. 675–676).

La expresión matemática que describe dicha propiedad, se representa como:

$$P(X_{n+1} = x_{n+1} | X_0 = x_0, X_1 = x_1, \dots, X_n = x_n) = P(X_{n+1} = x_{n+1} | X_n = x_n).$$

Las probabilidades de pasar de un estado i a uno j en un determinado instante de tiempo, se le denominan probabilidades de transición y se representan como P_{ij} , en donde P_{ij} es el cociente de la frecuencia absoluta de cada estado j , entre la suma del total de estados observados en el estado de origen.

$$P_{ij} = \frac{n_{ij}}{\sum_{j=1}^k n_{ij}} \quad (1)$$

Cuando las probabilidades de transición son independientes de n , se puede decir que la cadena de Markov es homogénea, lo que indica que las probabilidades van a ser las mismas indistintamente del tiempo en el que se consideren (Palafox, 2009). Esto se denota como:

$$P(X_j = j | P_{j-1} = i), \text{ la cual satisface la condición } \sum_{j \in T} P_{ij} = 1. \quad (2)$$

Si T es finito, entonces las probabilidades de transición se pueden expresar a través de una matriz cuadrada $n \times m$ llamada matriz de transición. Esto es:

$$P = \begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} & p_{13} & \cdot & \cdot & \cdot & p_{1m} \\ p_{21} & p_{22} & p_{23} & \cdot & \cdot & \cdot & p_{2m} \\ p_{31} & p_{32} & p_{33} & \cdot & \cdot & \cdot & p_{3m} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ p_{n1} & p_{n2} & p_{n3} & \cdot & \cdot & \cdot & p_{nm} \end{bmatrix}$$

Figura 1. Modelo general de la matriz de transición. Fuente: Autores.

Las cadenas de Markov son utilizadas mayormente en el campo de la economía, sin embargo, gracias a su versatilidad son aplicadas en estudios sobre fenómenos naturales, ciencias de la salud, políticas públicas e industria entre

otras (Hiller& Lieberman, 2010).

Para que un modelo Markoviano sea considerado confiable y veraz, este debe cumplir dos (2) requerimientos. El primero es que el fenómeno estudiado posea la propiedad de Markov y el segundo es la homogeneidad de la población, esto quiere decir que P_{ij} permanece constante en el tiempo; a esta propiedad se le conoce como probabilidad estacionaria.

Clasificación de estados de una Cadena de Markov

Los estados de una cadena de Markov se clasifican según sea su probabilidad de transición.

Se dice que el estado j es **recurrente** si la probabilidad de que este vuelva a ser visitado sea igual a uno. En cambio, si la probabilidad de que se vuelva de j a un estado i tiende a cero, es decir que sea posible pasar de este estado a otro, pero no volver de este estado j a i , en este caso se dice que el estado es **transitorio** (Taha, 2012, pp. 576).

Los estados **absorbentes** son aquellos en los que una vez se entra en ellos, no se puede salir. Es decir, la probabilidad de pasar de estos a otros es igual a cero.

Se dice que un estado j es **periódico** si es posible volver a este en t pasos en los que solo en el tiempo t y sus múltiplos es posible visitar el estado j y la probabilidad de que este estado sea visitado en un tiempo n tal que t/n no es un número entero, es igual a cero (Taha, 2012, pp. 576–577).

Análisis de Cadenas de Markov absorbentes

Las cadenas de markov absorbentes son aquellas en las que por lo menos uno de sus estados es absorbente. De forma general se puede expresar este tipo de cadena como:

$$P = \left[\begin{array}{c|c} Q & R \\ \hline 0 & I \end{array} \right]$$

Siendo Q una matriz $t \times t$ que refleja las probabilidades de transición entre los estados transitorios de la cadena, R una matriz $t \times r$ que muestra las probabilidades de transición de un estado transitorio a uno absorbente, una matriz $r \times t$ cero y I una matriz identidad $r \times r$ (Brezavšček *et al*, 2017).

Teniendo clara la definición de Q, R e I, es posible demostrar que:

- El número de pasos esperados para alcanzar la absorción partiendo del estado i se puede calcular con:

$$(I - Q)^{-1} \quad (3)$$

- El tiempo esperado para alcanzar la absorción es:

$$(I - Q)^{-1} \cdot 1 \quad (4)$$

- La probabilidad de alcanzar la absorción se calcula como:

$$(I - Q)^{-1} \cdot R \quad (5)$$

(Taha, 2012, pp. 587–588).

Prueba de homogeneidad: Chi-cuadrada.

Parte de la hipótesis de que todas las muestras o poblaciones son homogéneas, es decir, siguen la misma distribución de probabilidad contrastándola con la hipótesis alternativa, postula de que al menos un par de muestras difieren entre sí en la población de origen; para ello utiliza el estadístico chi-cuadrado; el cual compara de forma porcentual la variación entre la frecuencia observada y la frecuencia esperada (Taha, 2012, pp. 509-510). Dicho estadístico de prueba tiene $n-1$ grados de libertad donde n es el número de subgrupos. Este se expresa como:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^c \sum_{j=1}^r \frac{(O_{ij} - E_{ij})^2}{E_{ij}} \quad (6)$$

Políticas académicas.

Estas son el conjunto de acciones propuestas e implantadas por las autoridades académicas de instituciones de educación, las cuales afectan las condiciones de la población estudiantil y, además buscan modificar conductas que mejoren las condiciones de dicha población. En el caso de las instituciones de educación superior, mediante la ley 30 del 28 de diciembre de 1992 el gobierno nacional organiza el servicio público de educación superior, exponiendo en su capítulo VI la autonomía de las universidades y sus derechos a la modificación de sus estatutos, organizar sus labores formativas, académicas, docentes, científicas y culturales. Por lo que cada institución es libre de modificar reglamentos impuestos siempre y cuando estos contribuyan con el cumplimiento de su misión y no sean contrarios a las distintas normas superiores.

Rendimiento académico

El rendimiento académico es considerado como el resultado de una evaluación cualitativa o cuantitativa de los conocimientos específicos que debieron ser adquiridos por el estudiante. En otras palabras, el rendimiento académico refleja la aptitud del estudiante frente a una temática dada (EcuRedcontributors, 2011). La valoración de este, ha sido ampliamente cuestionada, debido a que son muchos los factores que inciden sobre él, los cuales no competen únicamente a las condiciones del estudiante como la motivación, cultura o logros académicos que le preceden, sino también de agentes externos como la situación económica, la didáctica del docente, el equipamiento institucional o el ambiente prestado por la institución.

Permanencia y deserción estudiantil

Considérese la deserción académica como un fenómeno afectado por variables internas y externas que aquejan a los estudiantes positiva o negativamente, de tal forma que llevan a este a tomar la decisión de abandonar sus estudios (Ver Tabla 2). La deserción estudiantil ha sido ampliamente estudiada ya que la

influencia de sus factores, puede llevar al estudiante a frustrarse, limitar la mejora de su condición económica y de vida, así como la de sus hijos (Yáñez-Contreras *et al*, 2013) y a las instituciones educativas a incurrir en costos económicos, sociales y culturales que limiten el desarrollo económico en un territorio (Kuna *et al*, 2009).

Variable	Categoría
Edad	Personal y familiar
Género	
Procedencia	
Residencia	
Recursos financieros	
Desempeño escolar	
Programa Académico	Universitario
Promedio académico	
Expectativas de éxito	
Percepción de dificultad	
Calidad de los recursos de la institución	

Tabla 2. Factores asociados con la deserción estudiantil universitaria.
Fuente: Otero Caicedo, *et al.*, 2016

ESTADO DEL ARTE

Diferentes autores se han esforzado por analizar el rendimiento académico de los estudiantes, en aras de contribuir al correcto aprendizaje dentro de los tiempos esperados, de manera que refleje los esfuerzos de la institución por prestar un servicio de calidad. García de Fanelli (2015), reitera la importancia de mantener y actualizar indicadores claros y efectivos que reflejen la situación académica de los estudiantes. La autora en su estudio comparo diferentes estrategias utilizadas en las universidades argentinas para disminuir la tasa de deserción e incentivar la retención de estudiantes en las instituciones según el transito regular que estos deben seguir. Se encontró semejanzas en los mecanismos implantados para la consecución de sus objetivos.

El tiempo de permanencia de los estudiantes en una institución de educación superior, se encuentra sujeto a múltiples variables internas y externas que condicionan el rendimiento del estudiante y por consecuencia el número de periodos que este cursa para alcanzar la graduación o que lo lleven a desertar, tal como lo plantea Vera, *et al* (2012), quienes identificaron componentes principales de entrada, el ambiente y salidas tales como lo son nivel socioeconómico, genero, edad, motivación y demás que le competen al estudiante. El ambiente se refiere a las condiciones a las que el estudiante se enfrenta para desarrollar sus estudios y la salida corresponde a factores como el tiempo de estudio, el currículo o la vocación. Los investigadores encontraron que factores como el género y el promedio, situación económica, situación laboral, transición entre bachillerato-universidad, habilidades previas y falta de conocimiento de preparatoria influye en el rezago de estudiantes en el caso particular de la Universidad Tecnología de Sonora, en México.

Por tal motivo, una herramienta como la cadena de Markov a tiempo discreto se puede considerar para la evaluación de la situación de los estudiantes; tal como lo plantean estudios como el de Ibarra (2009), quien estudió la dinámica de avance académico de los estudiantes, estimando los semestres en que estos permanecían durante más de un periodo y las probabilidades de deserción dependiendo del semestre cursado.

Kuna, *et al* (2009), mediante el uso de algoritmos TDIDT¹, mapas auto organizados y redes bayesianas determinaron que la no regularización de algunas materias en el primer año de estudio influye fuertemente en la permanencia de los estudiantes en la institución; estudiando variables como la edad, situación económica, el costo de los estudios, si reside en la ciudad de estudio, entre otras. Hallando que estas variables, afectaban el rendimiento del estudiante en las materias de primer año.

Otero Caicedo, *et al* (2016), estudiaron las transiciones de estudiantes entre semestres teniendo en cuenta las materias cursadas y las probabilidades de repetir estas. Mediante su investigación, lograron identificar cuáles son los

¹TDIDT: Iniciales de "Top Down Induction Tree", término que hace referencia la familia de métodos inductivos de árboles de decisión lógica (Blockeel & De Raedt, 1998, pp 285-297).

cursos que más les cuesta aprobar a grupos de estudiantes de ingeniería, encontrando que el bajo rendimiento en estas genera un retraso en el plan ideal de estudio de los estudiantes, prolongando su estancia dentro de la institución.

Geetha, Nandakumar & Vivek (2018), aplicaron las cadenas de Markov para determinar el nivel académico de los estudiantes, aplicando preguntas con diferentes niveles de dificultad, lo cual les permitió establecer el grado de comprensión de los estudiantes.

Iji & Abah (2017), enfocaron su estudio en medir las diferencias del rendimiento académico entre géneros, encontrando que, a pesar de tener las mismas aptitudes, determinadas por el promedio ponderado obtenido en cada periodo, existen diferencias en las oportunidades laborales después de obtener el título.

Por su parte Seifu Walde G, (2019), estudió la dinámica de avance y la probabilidad de graduarse en programas académicos de 3 años en la facultad de ciencias naturales y computacionales de la universidad Mettu en China. Encontraron variaciones entre la expulsión y abandono de estudiantes varones y mujeres, teniendo una alta tasa de disparidad entre hombres y mujeres. Observaron también que a partir del segundo año disminuían las tasas de deserciones en una proporción mayor para los hombres que para las mujeres, sin embargo, al llegar al tercer año del programa se nivelaban alcanzando las mismas probabilidades de graduarse. Además, se encontró que los estudiantes presentaban un rezago en el segundo año de estudio debido a la repitencia de algunas materias, lo que provocaba la retención de estos en el sistema. El modelo diseñado permitió estimar que a futuro disminuiría la tasa de deserción y expulsiones, mientras que las tasas de graduación aumentarían para ambos géneros.

Adeleke, Oguntuase & Ogunsakin (2014), estudiaron el rendimiento de estudiantes universitarios cursantes del programa de matemáticas en una universidad de Nigeria, en el que pudieron concluir utilizando cadenas de Markov, que los niveles de deserción van disminuyendo a medida que los estudiantes avanzan en su carrera.

Moody & DuCloux (2014), encontraron brechas importantes entre el aprendizaje de las matemáticas de estudiantes afroamericanos y blancos, agrupándolos

según su edad en tres grupos diferentes, se logró analizar los resultados de las pruebas de estado. Implementando cadenas de Markov, se logró determinar las probabilidades de que en un futuro esas brechas se cierren y se alcancen los mismos estándares de rendimiento académico en los diferentes rangos de edades.

Hlavatý & Dömeová (2014), aplicaron una cadena de Markov cuyo objetivo fue analizar los efectos de la evaluación, con la que se puede inferir la efectividad de políticas de calidad educativas para el control de los factores que influyen en el desempeño académico de los estudiantes; lo cual les permitiera además de evaluar a este, evaluar también al docente y a la institución.

Brezavšček, Bach & Baggia (2017) y Addy Bolivar, *et al* (2016), en sus estudios hacen comparaciones de la situación académica de estudiantes en diferentes periodos académicos, para alcanzar la absorción (retirarse, graduarse). Además, estimaron el número de pasos que requieren los estudiantes para alcanzar la absorción y las probabilidades de deserción dependiendo del estado o periodo académico en el que se encuentren.

En el estudio realizado por Bairagi & Ch. Kakaty (2017), los autores estudiaron las diferencias entre los tiempos de permanencia en seis (6) distintas universidades del distrito de Naghao, India, hallando que los estudiantes en sus primeros años de estudio presentan más dificultad para pasar a su siguiente semestre, de la misma forma se refleja el índice de deserción, el cual disminuye proporcionalmente a medida que disminuyen los periodos pendientes por cursar.

Mavruk & Kiral (2016) y (2016b) proponen en su estudio "*academic progress of students in quantitative courses at nigde university vocational school of social sciences: a prediction using markov model*" un modelo Markoviano, en el que se evalúa la dependencia de la nota estimada en un curso dado que el estudiante aprueba la materia que le precede con cierto nivel de éxito, gracias a sus análisis se pudo determinar el nivel de influencia o aporte que prestaba una materia considerada base para la otra.

Por su parte Carlsson, F (2019), incorporo en su modelo estados para reflejar el intercambio de estudiantes, los periodos que estos toman de descanso y el tiempo que permanecen inactivos, mostrando de qué manera estos también

afectan el tiempo de permanencia de los estudiantes dentro de su programa de formación.

En cuanto a los estudios desarrollados dentro del territorio nacional, se pueden encontrar aportes significativos, tal como el estudio realizado por Torres, Acevedo & Gallo (2015), quienes encontraron que tanto los factores internos, como las condiciones familiares y el nivel académico de los padres; además de los factores externos ligados al ambiente de estudio y la sociedad, afectan el rendimiento del estudiante.

La investigación de Orrego, R. (2012), propone un modelo de cadena de Markov como herramienta para proyectar el comportamiento de indicadores en el tiempo, afirmando que con esta se pueden determinar los estados futuros del indicador y los pasos necesarios para alcanzar el estado deseado.

Por su parte, Álvarez & Orrego (2000) muestra mediante un modelo de cadena de Markov la evolución de estudiantes y cuales materias son las que más provocan rezagos, es decir, las materias en las que son más propensos a ser repitentes, además estiman el flujo de estudiantes a través de cada semestre teniendo en cuenta a quienes se reintegran a la carrera.

Giraldo, Zapata & Toro (2008) plantean un modelo para la medición de transferencia entre programas académicos en la Universidad tecnológica de Pereira, la cual incluye un estado absorbente y realiza una valoración de la deserción de estudiantes en los diferentes programas en la institución que están siendo estudiados.

Rodríguez Ríos, C. (2012), encontró diferencias entre grupos de estudiantes según su edad, estrato socioeconómico, sexo y demás variables que determinaban el tiempo de estancia dentro de una institución académica. Utilizando cadenas de Markov a tiempo discreto, elaboró un algoritmo que reflejaría la matriz de transición correspondiente para cada subgrupo de características similares.

Yáñez-Contreras & García-Correa (2013), en su estudio “Métodos para la medición de la movilidad intergeneracional educativa en América Latina y Colombia. Análisis y perspectivas”, aplicando cadenas de markov corroboran que el vínculo entre el nivel educativo de los padres tiene una relación estrecha con el alcanzado por sus hijos.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Determinar de qué manera la aplicación de cadenas de Markov en el estudio del cambio en las políticas institucionales a partir del periodo 2017-1, facilita el entendimiento de los efectos en el rendimiento académico y la dinámica del tiempo de permanencia de estudiantes del programa de ingeniería industrial de la Universidad del Magdalena.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar las variables que afectan el rendimiento académico y la dinámica de tiempo de permanencia del estudiante de ingeniería industrial de la universidad del Magdalena
- Elaborar un modelo de cadena de Markov que refleje la ruta de avance de los estudiantes en el tiempo y de acuerdo a la cantidad de CA cursados por semestre.
- Evaluar si existe una diferencia significativa entre la cantidad de periodos cursados por los estudiantes dentro de la institución antes y después de la modificación del acuerdo superior 013 de 2017.
- Determinar las preferencias de opción de grado de los estudiantes del programa de ingeniería industrial, que aumente la eficiencia en la terminación de los estudios de ingeniería industrial de la universidad del Magdalena.

METODOLOGIA

Población a estudiar

La información de la población a considerar, corresponde a cada uno de los estudiantes que ingresaron al programa de Ingeniería Industrial de la universidad del Magdalena a partir del periodo académicos 2009-1 hasta el 2015-2 y el número de créditos académicos aprobados por estos desde su primer periodo cursado en la institución, hasta el periodo 2019-2; suministrada por el departamento de admisiones, registro y control académico de la institución.

Se consideró como objeto de estudio a los estudiantes inscritos entre los periodos 2009-1 y 2015-2 ya que al ser una carrera en la que se propone que el tiempo de ejecución es de 5 años, los estudiantes de estas cohortes deben componer la población de ingenieros industriales graduados antes y después del periodo 2017-1, el cual es periodo de interés. Por otra parte, no se tuvieron en cuenta cohortes subsecuentes, debido a que es poco probable que los estudiantes en estas sean estudiantes graduados, en cambio sí es probable que algunos de estos hayan desertado, lo que puede generar un sesgo al momento de calcular las probabilidades de absorción y el tiempo requerido para la absorción.

La base de datos compuesta por las 14 cohortes de estudiantes recoge información de 1.636 estudiantes de Ingeniería Industrial; teniendo en cuenta las variables de género, puntaje obtenido en el examen de admisión a la universidad, tipo de colegio (público o privado) del que egresa o procede, puntaje obtenido en la prueba de estado ICFES. El periodo en el que se graduó de profesional y la modalidad de grado por la que optó este, junto con el número de CA aprobados en cada periodo académico hasta que culminó el total de estos (para el caso de estudiantes graduados y aquellos que ya culminaron la parte académica en su formación); total de CA aprobados durante cada periodo hasta su retiro, en el caso de estudiantes que ya no se encuentran vinculados al programa, o total CA aprobados hasta el periodo académico 2019-2 para estudiantes que todavía se encuentran activos.

Analizando los datos recolectados, se encontró que, en gran parte de la

población, los estudiantes no reportaban información sobre el puntaje obtenido en las pruebas ICFES, por lo que se decidió descartar la variable. En este sentido se recomienda a la institución, fortalecer el sistema de información, con el fin de garantizar la conformidad de los datos, los cuales proporcionan información que puede llegar a ser de vital importancia para el estudio de los perfiles de los estudiantes y la influencia de variables asociadas a su comportamiento.

Diseño del modelo

El presente caso es una investigación con enfoque cuantitativo y diseño no experimental, el cual define un alcance descriptivo y correlacional con el que se espera generar una descripción detallada de la población y relacionar la influencia de sus variables en los resultados.

La metodología se fundamenta en lo expuesto por Bañuelos Saucedo, Leonardo (2013), en su estudio *"Análisis del avance escolar a nivel licenciatura aplicando cadenas de Markov"*. En este, el autor plantea un modelo para describir el avance académico de los estudiantes a lo largo de la carrera, en donde los estados transitorios de la cadena representan la proporción de CA acumulados de los estudiantes a lo largo de la carrera. En este sentido el estudio contara con una matriz de transición con 10 estados los cuales se distribuyen de la siguiente manera (Ver Tabla 3):

Estados	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10
% CA aprobados	[1-11)	[11-21)	[21-31)	[31-41)	[41-51)	[51-61)	[61-71)	[71-81)	[81-91)	[91-100]

Tabla 3. Proporción de AC aprobados correspondientes a cada estado transitorio. Fuente: Autores.

Seguido de estos estados transitorios se presentan dos estados absorbentes, correspondientes a deserción y graduación. Junto con este modelo se adicionará un onceavo estado transitorio (SC), tal como propone Carlsson, F. (2019), en su estudio *"Can students' progress data be modeled using Markovchains? (Dissertation)"*. Este modela a la población que, a pesar de haber culminado

todos sus CA, todavía permanecen en el sistema, ya sea por falta de cumplimiento de otros compromisos académicos para graduarse u otros motivos que no le permitan titularse.

En cuanto al comportamiento de las transiciones, se tiene que dado que un estudiante se encuentre en un tiempo t en estado S_i con una proporción de CA aprobados; es imposible que este mismo, en el siguiente periodo de tiempo se encuentre en un estado S_i con una proporción de CA aprobados menor que aquella de la que partió. Esto para todo $S_i = \{1, 2, \dots, 10\}$. Junto con esta viene dada una segunda condición, la cual limita la transición de los estudiantes de un estado S_i a un S_{i+n} donde n , no puede ser mayor a dos, dado que el número máximo de CA que puede cursar un estudiante en un periodo están dentro de un rango limitado.

Luego de haber aprobado todos sus CA, el estudiante podría graduarse y pasar al estado absorbente si es que no tiene otras responsabilidades que se lo impidan, de lo contrario este ingresa a otro estado transitorio denominado **SC**, al cual ingresan únicamente si ha cursado y aprobado todas las materias previstas en el plan de estudio, es decir, solo si este está en el estado S_{10} y no se ha graduado ni ha desertado de sus estudios.

Ya expuestos los estados transitorios, se exponen dos estados absorbentes, correspondientes a deserción (**D**) el cual puede ser alcanzado en cualquier momento de la carrera y el estado graduación (**G**), el cual solo puede ser alcanzado una vez que el estudiante haya cumplido todas sus responsabilidades, dicha esta condición, se asume que un estudiante solo puede alcanzar el estado **G** desde el estado S_{10} o el estado **SC**.

Una vez descritos los estados de la matriz de transición y las condiciones que la rigen, se adiciona el enfoque al estudio de grupos específicos tal como lo plantea Rodríguez-Ríos, (2012), planeando perfiles específicos de los estudiantes bajo dos criterios específicos. El primer criterio busca comparar el comportamiento y resultados obtenidos de perfiles de estudiantes según variables internas del estudiante como el género, desempeño en el examen de admisión y tipo de colegio del que egreso; mientras que el segundo evalúa los efectos generados por los cambios de políticas de gestión de la universidad sobre los estudiantes

que toman como opción de grado una que genere un producto de desarrollo e investigación y los que optan por otras que no, comparando las poblaciones que tomaron grado antes de que se implementaran dichas políticas y después de implementadas estas (Ver Tabla 4).

	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	SC	D	G
S1	P ₁₁	P ₁₂	P ₁₃	0	0	0	0	0	0	0	0	P _{1D}	0
S2	0	P ₂₂	P ₂₃	P ₂₄	0	0	0	0	0	0	0	P _{2D}	0
S3	0	0	P ₃₃	P ₃₄	P ₃₅	0	0	0	0	0	0	P _{3D}	0
S4	0	0	0	P ₄₄	P ₄₅	P ₄₆	0	0	0	0	0	P _{4D}	0
S5	0	0	0	0	P ₅₅	P ₅₆	P ₅₇	0	0	0	0	P _{5D}	0
S6	0	0	0	0	0	P ₆₆	P ₆₇	P ₆₈	0	0	0	P _{6D}	0
S7	0	0	0	0	0	0	P ₇₇	P ₇₈	P ₇₉	0	0	P _{7D}	0
S8	0	0	0	0	0	0	0	P ₈₈	P ₈₉	P ₈₁₀	0	P _{8D}	0
S9	0	0	0	0	0	0	0	0	P ₉₉	P ₉₁₀	0	P _{9D}	0
S10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	P _{10C}	P _{10D}	P _{10G}
SC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	P _{CC}	P _{CD}	P _{CG}
D	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
G	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

Tabla 4. Matriz de transición del modelo. Fuente: Autores.

Procedimiento

Inicialmente se realizó una revisión de los datos y se realizaron las operaciones necesarias para determinar y clasificar variables importantes tales como el número de periodos cesantes, calculado como la resta del periodo de graduación menos el periodo en que este terminó todos sus CA; el puntaje de admisión, clasificado en tres categorías con respecto a la media exigida ALTO, MEDIO Y BAJO, las cuales corresponden a puntajes más altos que una media más una desviación estándar, puntajes con una media más/menos una desviación estándar y puntajes bajo una media menos una desviación estándar respectivamente. Para evaluar los efecto de las políticas institucionales, se

dividió la población en quienes habían desertado o egresado antes y después del periodo académico 2017-2, determinando además, si los graduados de esta población optaron por una modalidad de grado que genere un producto de investigación, tal como los son un artículo científico, pasantía de investigación o un capítulo de libro, entre otros; y aquellas modalidades, que buscan fortalecer o profundizar ciertas habilidades y conocimientos de los estudiantes, tales como lo son las prácticas profesionales y de emprendimiento o los diplomados de profundización.

Se generaron doce (12) perfiles de estudiantes según su género, puntaje de admisión y tipo de colegio del que egresa, cuatro (4) perfiles más referentes a la modalidad de grado y el tiempo en que estos se gradúan en simultaneo, junto a ocho (8) que adicionan a los perfiles anteriores, la variable tipo de colegio del que egresa; cuatro (4) perfiles que resumen la información generada por estudiantes de colegios públicos y privados antes y después del periodo académico 2017-1 y por ultimo dos (2) perfiles para evaluar de manera general el tiempo de permanencia de los estudiantes antes y después de la puesta en marcha del acuerdo (Ver Tabla 5).

Variables independientes	
Variable	Descripción
Genero	Masculino (M)
	Femenino (F)
Puntuación en el examen de admisión	ALTA
	MEDIA
	BAJA
Tipo de colegio del que egresa	PUBLICO
	PRIVADO
Modalidad de grado	Incentiva la creación de productos de investigación y desarrollo (I+D)
	Estimulan el desarrollo de habilidades específicas o la profundización de conocimientos (HC)
Periodo de graduación	Antes de la implementación del acuerdo (ANTES)
	Después de la implementación del acuerdo (DESPUES)

Tabla 5. Categorización de las variables independientes. Fuente: Autores.

Una vez definidos los perfiles se construyó un programa en el software R-studio para realizar los cálculos de las matrices de transición, siendo cada transición el

cociente de la frecuencia absoluta de P_{ij} entre P_i tal como está dispuesto en la ecuación (1) (*ver matriz de transición*), de manera que se cumpliera la condición establecida en la ecuación (2). Seguido de esto se calcularon los tiempos de transición y absorción junto con sus probabilidades con la ayuda de las ecuaciones (3), (4) y (5).

Para realizar predicciones a largo plazo basados en los resultados obtenidos de una cadena de Markov, esta debe cumplir el supuesto de homogeneidad de la propiedad de probabilidades estacionarias, Por tanto se implementó la prueba de bondad de ajuste chi-cuadrado, tal como proponen Iji, C & Abah, J (2017), en su estudio “*Exploring Gender Differences in Graduation Proficiency in Mathematics Education Using a Markov Chain Model: Implications for Economic Growth*” in Nigeria; en donde utilizaron dicha prueba para verificar el comportamiento a lo largo del tiempo de los 12 ciclos de graduación estudiados en su investigación.

Posterior al primer programa en R, se generó un segundo para realizar los cálculos concernientes a la prueba de homogeneidad Chi- cuadrado, utilizando el estadístico de Pearson.

RESULTADOS

Recolección y limpieza de datos

Una vez receptada la base de datos, se organizó esta, asignando una fila a cada ID de estudiante, en el que se almacenaron el total de las variables del estudio. De esto se obtuvo un set de datos con 1.636 estudiantes; de los cuales 89 no registran créditos aprobados, por tal motivo, aunque estén presentes no aportan peso al cálculo de la matriz de transición y por ende tampoco a los tiempos de transición, absorción y probabilidades de absorción (Deserción y/o graduación).

Un total de 36 estudiantes no registraban puntaje en el examen de admisión, por lo que fueron simulados siguiendo una distribución normal de parámetros $N\sim(617.13, 112.21)$ y se asignó la categoría correspondiente como se explica en la metodología.

Descripción de las variables independientes

Del grupo compuesto por 1.636 estudiantes se encontró que el 34.1% de estos es de género femenino, mientras que el 65.9% corresponde al masculino (Ver Figura 2). En cuanto a las calificaciones obtenidas por estos en el examen de admisión, se reporta que un 14%, 74.2% y 11.8% para las puntuaciones “ALTA”, “MEDIA” y “BAJA” respectivamente; según el tipo de colegio del cual egresaron, se tiene que el 69.8% proviene de una institución pública mientras que el 29,8% de una privada. Se halló también que 4 de los estudiantes egresaron de instituciones de educación media extranjeras, siendo estos el 0.24% de la población.

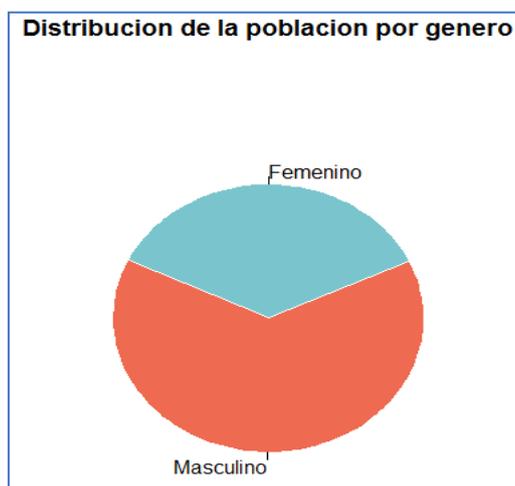


Figura 2. Distribución de la población por género. Fuente: Autores.

En cuanto a la categorización temporal, se cuenta con una población de 1.152 estudiantes egresados y/o desertores, de los cuales el 54% alcanzaron un estado absorbente antes de las reformas de las políticas institucionales y el 46% lo hicieron después. Con respecto a los estudiantes graduados, a partir del periodo académico 2017-1 se presentan el 71.2% de los casos y solo el 28,8% antes de este periodo (Ver Figura 3).

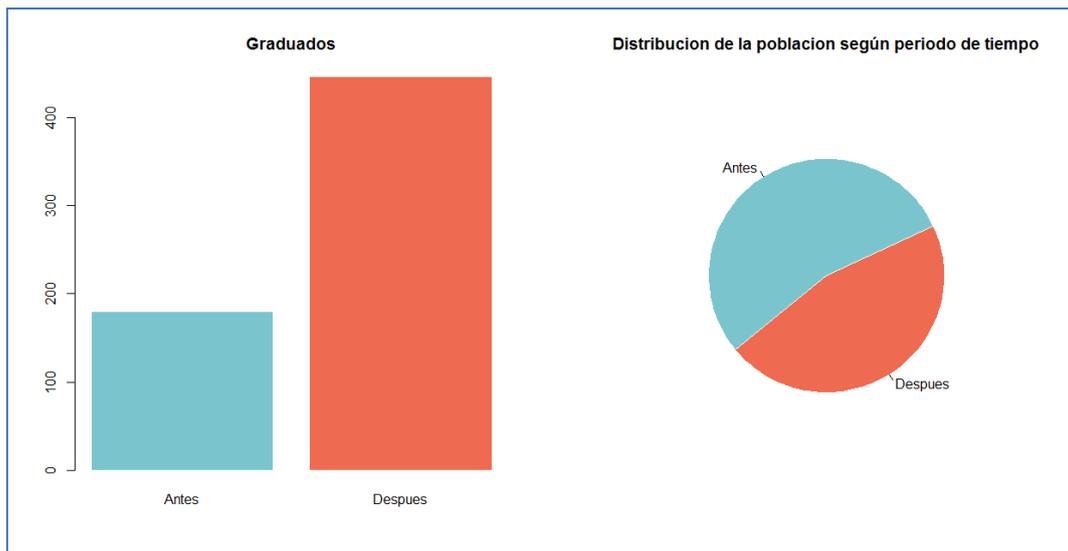


Figura 3. Categorización temporal. Fuente: Autores.

Creación de los perfiles de estudiantes

Los 30 perfiles de estudiantes generados se encuentran descritos en el anexo 3. Según las categorías asignadas a estos, el tamaño de la población para cada uno de los perfiles vario, en la tabla 6 se muestran los números de observaciones que cumplieron con las características para ser asignados a los perfiles con los que se realizaron los cálculos.

POBLACIÓN		GENERO			
		F 587		M 1045	
PUNTAJE EN LA PRUEBA DE ADMISION		PUBLICO	PRIVADO	PUBLICO	PRIVADO
	ALTA 227	43	38	82	64
	MEDIA 1.214	320	120	556	218
	BAJA 191	53	13	89	36
		ANTES 180		DESPUES 446	
PERIODO DE EGRESO O DESERCIÓN		PUBLICO	PRIVADO	PUBLICO	PRIVADO
	HC 530	86	47	272	125
	ID 96	26	21	34	15

Tabla 6. *Tamaño de la muestra según perfiles de los estudiantes. Fuente: Autores.*

Al observar la tabla, verticalmente indica que, en cuanto al género, los cálculos se realizaron con una población compuesta por 588 estudiantes de género femenino y 1048 de género masculino; de los cuales 416 y 727 egresaron de colegios públicos y 416 y 318 de colegios privados (para femenino y masculino respectivamente). Dichas frecuencias son la suma de las columnas “*PUBLICO*” Y “*PRIVADO*” presentes en la tabla, las cuales se segmentan según el puntaje obtenido en la prueba de admisión y el periodo de egreso/deserción de manera independiente.

Estimación de las matrices de transición

Una vez se definieron los perfiles de estudiantes y se filtraron las observaciones correspondientes a cada uno, se calcularon las matrices de transición correspondiente a cada perfil. Por ejemplo, la figura 4 muestra la matriz de transición de un estudiante de género femenino, la cual ingreso a la universidad

con un puntaje alto en su examen de admisión y viene egresada de una institución pública.

	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	SC	D	G
S1	0.107	0.75	0.071	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.071	0.000
S2	0.000	0.28	0.660	0.060	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
S3	0.000	0.00	0.125	0.850	0.025	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
S4	0.000	0.00	0.000	0.136	0.841	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.023	0.000
S5	0.000	0.00	0.000	0.000	0.196	0.739	0.065	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
S6	0.000	0.00	0.000	0.000	0.000	0.105	0.868	0.000	0.000	0.000	0.000	0.026	0.000
S7	0.000	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.030	0.879	0.091	0.000	0.000	0.000	0.000
S8	0.000	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.125	0.656	0.219	0.000	0.000	0.000
S9	0.000	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.080	0.920	0.000	0.000	0.000
S10	0.000	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.559	0.373	0.000	0.068
SC	0.000	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.488	0.000	0.512
D	0.000	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	0.000
G	0.000	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.00

Figura 4. Matriz de transición del perfil fem_a_pu. Fuente: Autores.

Para este perfil, se puede decir que un sujeto con estas características, en el momento en que se encuentra en el estado S1, es decir cuando cuenta con menos del 11% de CA aprobados; se puede afirmar que este tiene un 10,7% de probabilidad de permanecer en este estado, mientras que para pasar al estado S2 en el que acumula un porcentaje mayor al anterior pero menor al 21% tiene una probabilidad de 75%, mientras que para pasar a S3 solo una probabilidad del 7,1% al igual que la probabilidad de desertar. Se observa además que si el estudiante que termino sus créditos académicos (en el estado S10), la probabilidad que este se gradúe en el periodo académico siguiente solo es de un 6,8%, un 55,9% de continuar en el mismo estado y un 37,3% de entrar al estado cesante; mientras que, si este se encuentra en el estado cesante, luego de haber transcurrido un periodo hay una probabilidad del 48,8% de que este continúe en el mismo estado y un 51,2% de probabilidad de que se gradúe.

Avance por semestre de los estudiantes

Estando lista la matriz de transición se calculó el tiempo que el estudiante permanece en cada periodo con ayuda de la ecuación 3 (Ver Figura 5).

	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	SC
S1	1.12	1.166	0.971	1.036	1.114	0.920	0.898	0.902	0.732	1.974	1.438
S2	0.00	1.389	1.048	1.127	1.212	1.000	0.976	0.981	0.796	2.148	1.565
S3	0.00	0.000	1.143	1.124	1.212	1.000	0.976	0.981	0.796	2.148	1.565
S4	0.00	0.000	0.000	1.157	1.211	1.000	0.976	0.980	0.795	2.146	1.563
S5	0.00	0.000	0.000	0.000	1.244	1.027	1.002	1.007	0.817	2.205	1.606
S6	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	1.117	1.000	1.004	0.815	2.199	1.602
S7	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.031	1.036	0.840	2.268	1.652
S8	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.143	0.815	2.268	1.652
S9	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.087	2.268	1.652
S10	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2.268	1.652
SC	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.953

Figura 5. Tiempo de permanencia en cada estado para fem_a_pu. Fuente: Autores

La figura 5 muestra el número de periodos que requeridos para salir de cada estado por un estudiante de género femenino con un puntaje alto en la prueba de admisión y es egresada de colegio público. Para las transiciones cuyo valor resulta ser menor a uno (1), se puede asegurar que los estudiantes no van a necesitar cursar más de un periodo académico para pasar al siguiente estado, como es el caso de la transición S8-S9, la cual nos dice que solo se requieren 0,815 periodos (aproximadamente 1) para salir del estado S8 e ingresar al S9. Contrario a esto, se puede observar en la columna del estado S10, que independientemente de cuál haya sido el estado de partida, se requieren de dos a tres periodos académicos para superar este estado y por ende culminar el total de CA dado que ya se tiene acumulado más del 91% de estos.

Luego de generar las matrices de transición para cada perfil se realizaron comparaciones para los diferentes perfiles, encontrando similitudes en el comportamiento de estos y diferencias en los tiempos en cada periodo. Continuando con el perfil del ejemplo, se encontró que en comparación con el perfil del género opuesto esta tarda aproximadamente dos (2) periodos más en pasar por todos los estados transitorios; así mismo sobrepasa casi por dos (2) periodos el tiempo de permanencia en los estados transitorios obtenidos por los perfiles con puntuación en el examen de admisión media y baja (ver figura 6).

En la figura 6, se hace una comparación del número de periodos requeridos por los estudiantes, según el puntaje obtenido en la prueba de admisión,

segmentando la gráfica por género de los perfiles de estudiantes, siendo los dos cuadrantes superiores los perfiles de estudiantes egresados de colegios privados, de género femenino (izquierda) y masculino (derecha), junto a su respectivo puntaje de admisión. Mientras que en la parte inferior se presentan los perfiles de estudiantes egresados de colegios públicos y las mismas variables que acompañan la parte superior.

Al observar la figura 6, se puede inferir sobre los estudiantes egresados de colegios privados, con género masculino (cuadrante superior derecho), el puntaje de la prueba de admisión no tiene una influencia significativa, ya que las curvas que representan a estos perfiles siguen un comportamiento similar y ceñido el uno al otro, independientemente si la calificación obtenida en la prueba fue alta, media o baja (curvas azul, roja y verde respectivamente); de la misma manera se comporta la curva de los estudiantes egresados de colegios públicos y género masculino (cuadrante inferior derecho); lo que nos permite concluir que independientemente de cuál haya sido el puntaje obtenido en la prueba de admisión, este no tendrá influencia para predecir el número de periodos requeridos por los estudiantes para cursar la carrera. A diferencia de los perfiles de estudiantes con género masculino, los de género femenino (lado izquierdo) muestran una variación en el tiempo de estancia en cada periodo según sea el puntaje obtenido en el examen de admisión, por lo que se puede asegurar que el puntaje obtenido en la prueba de admisión puede ser usado como un indicador para predecir el tiempo de permanencia en un estado transitorio para los estudiantes de género femenino del programa de ingeniería industrial.

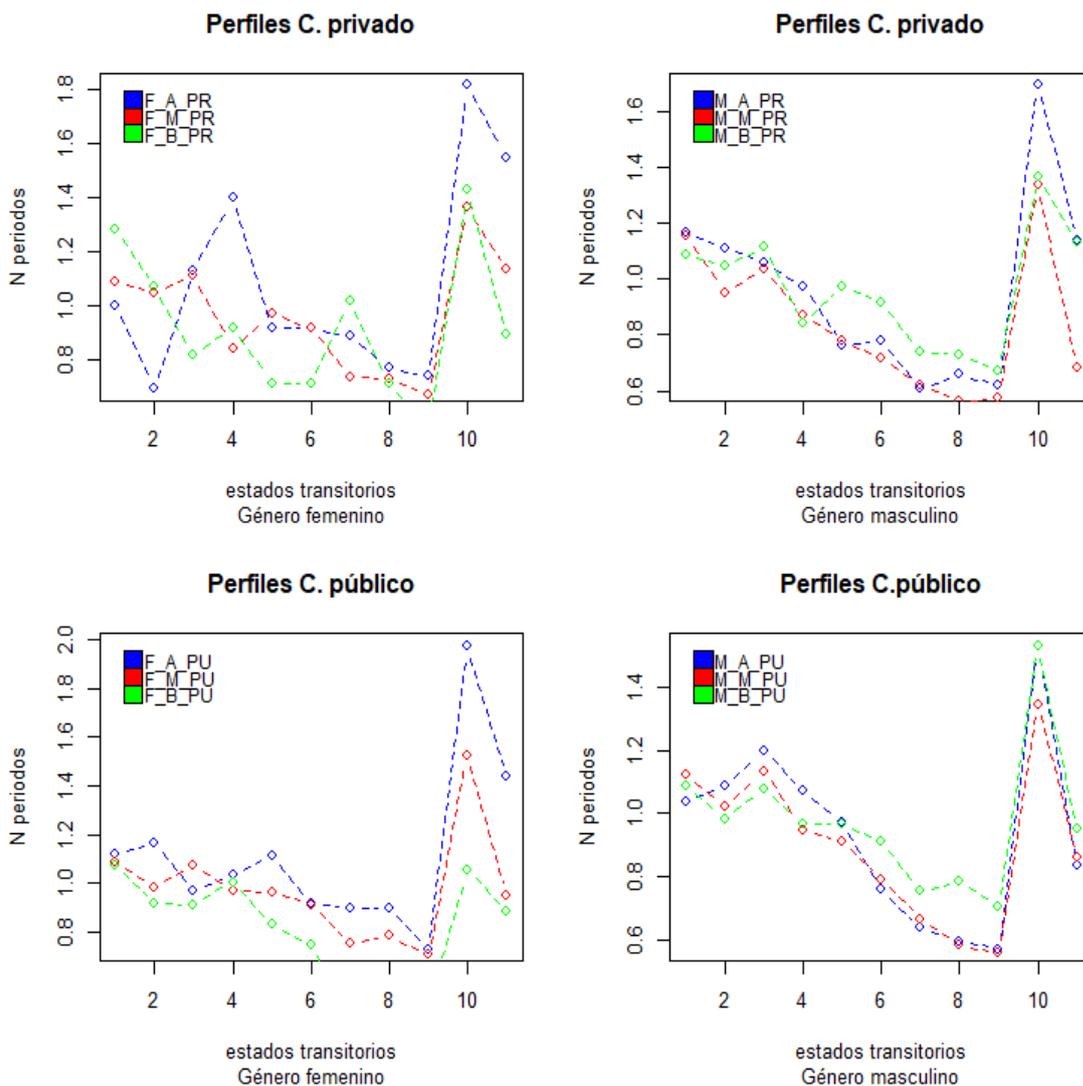


Figura 6. Gráficos de líneas – influencia del puntaje obtenido en la prueba de admisión. Fuente: Autores

En cuanto al avance por semestre de los perfiles para evaluar los cambios generados por el cambio de políticas. Al realizar la comparación, una leve disminución en el tiempo requerido para alcanzar la absorción a partir del periodo 2017-1, obteniendo una disminución del 0,34% para estudiantes que tomaron como modalidad de grado una que estimulan el desarrollo de habilidades específicas o la profundización de conocimientos y otra de 1,82% para los estudiantes que optaron por una modalidad de grado que incentiva la creación de productos de investigación y desarrollo; teniendo siempre un menor tiempo de estancia en la institución aquellos perfiles de estudiantes que egresaron de colegios privados, a excepción de los estudiantes graduados antes

del periodo 2017-1, tomando como modalidad de grado una que incentiva la creación de productos de investigación y desarrollo procedentes de colegio público quienes presentan un tiempo de absorción menor a su homologado procedente de colegio privado.

En la tabla 7, se encuentran resumidos las cantidades de periodos necesarios para alcanzar la absorción para estudiantes que parten del estado S1, calculados con la fórmula 4.

TIEMPO DE ABSORCIÓN		GENERO			
		F		M	
PUNTAJE EN LA PRUEBA DE ADMISION		PUBLICO	PRIVADO	PUBLICO	PRIVADO
	ALTA	12,271	11,818	10,307	10,556
	MEDIA	10,720	10,612	9,953	9,279
	BAJA	8,789	10,124	8,538	7,749
PERIODO DE ABSORCIÓN				PUBLICO	PRIVADO
	ANTES	4,491		4,326	5,010
	DESPUES	12,967		13,005	12,963
	ANTES_HC	13,738		14,039	13,256
	ANTES_ID	13,198		13,190	13,229
	DESPUES_HC	13,691		13,792	13,537
	DESPUES_ID	12,957		13,404	11,846

Tabla 7. Número de periodos necesarios para alcanzar la absorción. Fuente: Autores.

La parte superior de la tabla 7 resume el número de periodos que requiere un estudiante para alcanzar la absorción según su género, puntaje de admisión y tipo de colegio del que procede. Por ejemplo, con la información obtenida se puede asegurar que un estudiante de género masculino egresado de un colegio privado y que ingreso al programa de ingeniería industrial con un puntaje de admisión con un valor superior a la media, tardara en promedio 10,55 (aproximadamente 11) periodos en cursar su carrera y graduarse.

Por su parte la zona inferior de la matriz muestra el número de periodos requeridos por estudiantes según el periodo en el que egresaron o desertaron (para perfiles de estudiantes no graduados), el tipo de colegio del que proceden y la opción de grado tomada.

Los valores obtenidos para los perfiles de estudiantes que desertaron o aprobaron antes del periodo 2017-1, presentan un tiempo de absorción mucho menor a los demás perfiles ya que los estudiantes que partían del estado S1 en los periodos anteriores a la implementación de la política, alcanzaban hasta un 50% de probabilidad de desertar; por lo que al ser una cadena de Markov con dos estados absorbentes, el estado correspondiente a deserción (D) toma un peso importante en el cálculo del número de periodos requeridos para la absorción.

Al filtrar los datos por su modalidad de grado, se desprecian los perfiles de estudiantes desertores, haciendo que las probabilidades de deserción sean cero y eliminando así cualquier influencia de este estado. En el anexo 4 se encuentran el número de periodos requeridos por cada perfil de estudiante para ser absorbido.

Probabilidad de absorción de los estudiantes

Al estimar las probabilidades de absorción se encontró que a medida que los estudiantes suman CA aprobados, las probabilidades de graduarse van aumentando, mientras que las probabilidades de abandonar los estudios toman el sentido contrario. Las probabilidades de desertar serán iguales a uno menos la probabilidad de graduarse (Ver Figura 7).

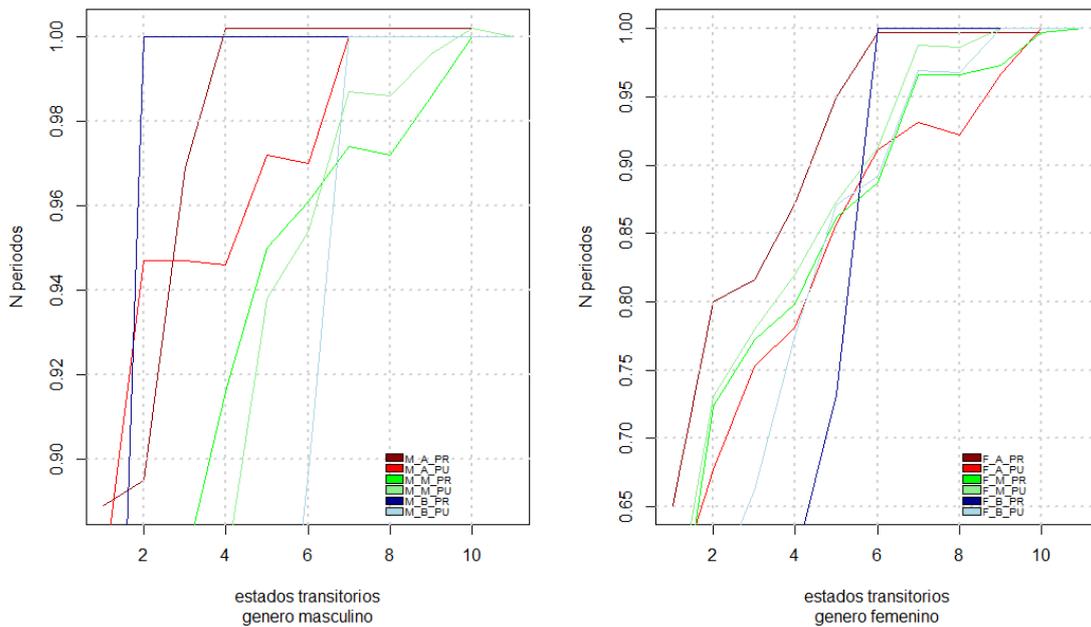


Figura 7. Probabilidades de graduarse para los estudiantes que parten del estado S1. Fuente: Autores.

La figura 7 muestra las probabilidades de absorción hacia el estado graduado que tienen los perfiles de estudiantes categorizados por género, dado que el estudiante parte del estado transitorio S1. Por ejemplo, en la parte derecha de la gráfica se encuentran todos los perfiles con género femenino, al interpretar el comportamiento del perfil de los egresados de colegio privado que obtuvieron un puntaje bajo la media en las pruebas de admisión (curva de color azul), se puede afirmar que solo a partir del estado S5 (quinto estado transitorio) dichos estudiantes tienen una probabilidad de graduarse superior al 65% y luego que este llega al estado S6, la probabilidades de graduarse tienden al 100%. En contraste el perfil homólogo con género masculino, ubicado del lado izquierdo de la gráfica, muestra que una vez los estudiantes que logran alcanzar el estado S3, es casi seguro que estos se gradúen. Las probabilidades de graduación y deserción de cada uno de los perfiles se pueden corroborar en el anexo 5.

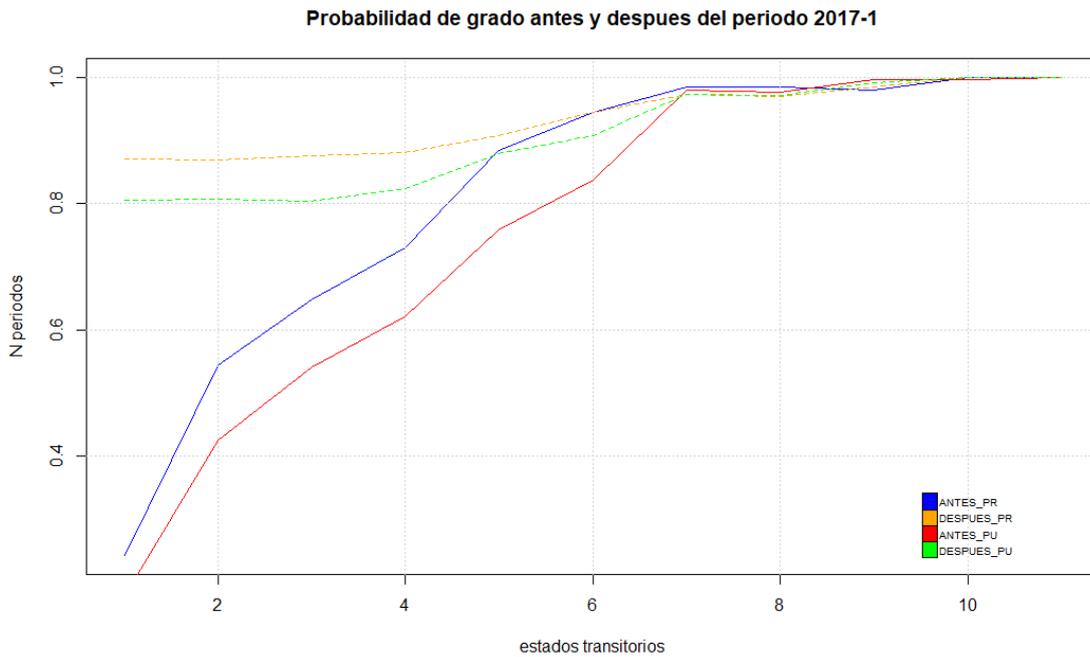


Figura 8. Probabilidades de grado de los estudiantes que parten del estado S1 según periodo de absorción. Fuente: Autores.

De la misma forma que la figura 7, se puede interpretar la figura 8. Esta muestra una diferencia significativa en las probabilidades de graduarse, principalmente porque desde los primeros periodos, hay una alta probabilidad de graduarse para los estudiantes que acogen las políticas institucionales establecidas a partir del periodo académico 2017-1. Mientras los que no están cobijados por estas, en sus primeros periodos académicos de estudio, es decir cuando tenían acumulados pocos créditos académicos; la probabilidad de que estos llegaran a graduarse era sumamente baja, llegando a alcanzar a quienes están cobijados por la política luego de aprobar al menos el 61% de sus CA (cuando se encuentran en el estado S7).

Variación del tiempo de permanencia

En el cálculo del número de periodos requeridos por los estudiantes para alcanzar la absorción, se deben tener en cuenta dos limitaciones que presenta el modelo: la primera se debe al alto índice de deserción que se registra en los

estados S1 y S2 antes del periodo 2017-2, los cuales afectan la proporción de peso de las transiciones y al aplicar las fórmulas 2 y 3, estas se inclinan más a calcular el número de periodos de tiempo transcurridos antes de desertar; la segunda limitante se presenta debido a la población estudiada, ya que al ser el subgrupo más reciente la cohorte 2015-2, esta tiene 4 periodos de rezago con respecto a la disyunción temporal (antes o después), por lo que se encontraran muy pocos o nulos perfiles de estudiantes que hayan desertado en los estados con menor proporción de créditos aprobados.

Por tal motivo se procedió a evaluar el número de periodos que el estudiante permanece en el sistema una vez termina todos sus créditos académicos o están por terminarlos, es decir, desde el estado S10; y como ha sido influenciado por reformas institucionales que promueven la graduación de estudiantes. Se calcularon también los tiempos de permanencia para estudiantes graduados por modalidades que promueven la investigación y aquellas de profundización y crecimiento de las competencias profesionales y el carácter del colegio de procedencia.

Como resultado se encontró que a partir del periodo 2017-2 los estudiantes han presentado un leve decrecimiento en el número de periodos académicos necesarios para alcanzar la absorción a partir de S10, pasando de 3,85 a 3,60 periodos (anexo 4), mostrando una reducción en el tiempo de permanencia en S10 y un aumento del estado cesante. De igual forma, los graduados según la modalidad escogida, registraron un decremento del tiempo requerido para graduarse, teniendo que los estudiantes de la categoría I+D, disminuyeron un 8,24% el tiempo requerido, mientras que los estudiantes graduados en la categoría HC disminuyeron el tiempo necesario para graduarse, dado que están en S10 en un 7,43%.

De manera general se observó una reducción mínima en el tiempo de permanencia en el tiempo requerido para cursar la carrera, tal como se observa en la tabla 8. Siendo mejor la alcanzada por estudiantes que optaron por una modalidad de grado que incentiva creación de productos de investigación y desarrollo.

	Antes	Después
I+D	13.198	12,957
HC	13,738	13,691

Tabla 8. Numero de periodos necesarios para graduarse. Fuente: Autores.

En conjunto con esto, los resultados arrojan un incremento del número de estudiantes que optan por una opción de grado contenida en la categoría HC, la cual paso de aportar un 73.88% a un 89.01%, mientras que las opciones contenidas en la categoría I+D se están viendo rezagadas pasando de un 26.11% a representar un 10.98% (figura 9).

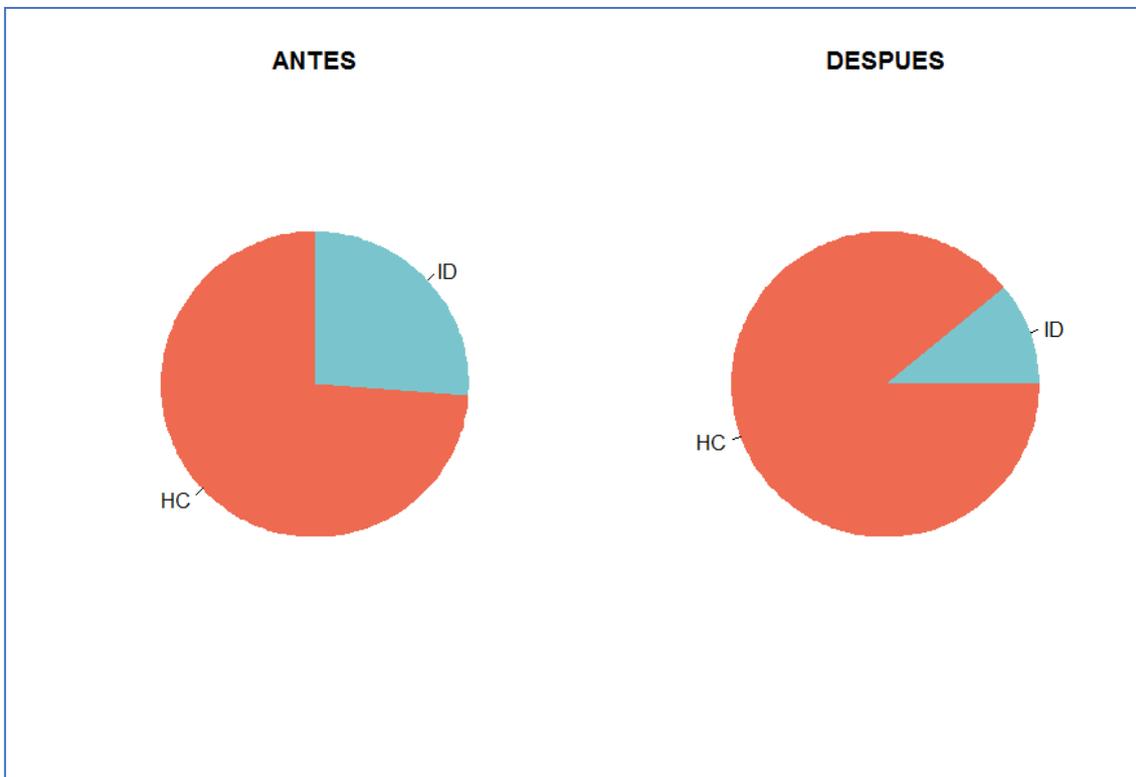


Figura 9. Población de estudiantes graduados según su modalidad de grado. Fuente: Autores.

Prueba de homogeneidad Chi-cuadrado

PRUEBA DE HOMOGENEIDAD PARA LOS 13 ESTADOS								
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
Qobs	131.837	29.200	72.613	49.016	47.136	22.628	36.308	30.075
Prob	0.000	0.006	0.000	0.000	0.000	0.046	0.001	0.005
	S9	S10	SC	D	G			
Qobs	54.293	324.027	379.603	39.309	134.527			
Prob	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000			

Tabla 9. Prueba homogeneidad. Fuente: Autores.

La prueba de homogeneidad se realiza en el software R el cual, por defecto, realiza el cálculo de la prueba Chi cuadrado con una confianza del 95%, por lo tanto, el P-valor calculado debe ser mayor o igual a 0.05 para aceptar la hipótesis nula. En la tabla 9 se relacionan los resultados obtenidos al aplicar la prueba de homogeneidad, la cual arroja un P-valor inferior a 0,05 y en la mayoría de los estados el P- valor calculado es nulo, rechazando así la hipótesis nula que planteaba la homogeneidad de todas las cohortes. Dado lo anterior, la cadena no cumple el supuesto de homogeneidad requerido para hacer predicciones futuras sobre el comportamiento académico de los estudiantes del Programa de Ingeniería Industrial de la Universidad del Magdalena. Por tal motivo, el modelo propuesto puede ser aplicado como una herramienta veraz para la consolidación de indicadores asociados a la influencia de factores intrínsecos y extrínsecos que han afectado el comportamiento de la población, mas no se puede considerar adecuado para arrojar inferencias sobre futuros comportamiento de las probabilidades de transición o absorción, ni número de pasos requeridos para alcanzar la absorción por algún perfil de estudiante en particular debido a la naturaleza cambiante en las probabilidades de transición de la población.

CONCLUSIONES

En función de los objetivos, se planteó, formuló y analizó la modelación del comportamiento y evolución académica de los estudiantes del programa de Ingeniería Industrial de la Universidad del Magdalena a través de un modelo Markoviano facilitando así el estudio y comprensión del comportamiento de las cohortes comprendidas desde el 2009-1 hasta el 2015-2, antes y después de la modificación del acuerdo académico que reglamenta las opciones de grado a partir del periodo 2017-1.

Debemos resaltar que los resultados obtenidos a través del modelo ejecutado no buscan y tampoco estudian las causas de los mismos, pero si permiten analizar, comparar e interpretar con soportes en valores de probabilidades y porcentajes, el tiempo que los estudiantes necesitan para alcanzar la absorción, el tiempo de permanencia requerido para avanzar al siguiente estado, como también el tiempo que permanecen cesantes antes de titularse, la cantidad de periodos requeridos para graduarse, la modalidad de grado de preferencia y el impacto de esta en el tiempo de permanencia de la población estudiada. Así como también las probabilidades de deserción académica y graduación según el estado en que se encuentran los estudiantes.

Es muy importante resaltar que, por el enfoque metodológico adoptado, hace posible que la investigación desarrollada tenga la facilidad de ser trasladable para la utilización de estudios iguales o similares en otros programas académicos y universidades.

Para alcanzar el objetivo anterior se declararon variables independientes tales como el género, tipo de colegio del que procede y puntaje de admisión, esto debido a que son las características básicas fundamentales para el estudio del comportamiento de los estudiantes. Lo anterior facilitó y permitió la caracterización parcial de variables que afectan el rendimiento académico y con ello el tiempo de permanencia de los estudiantes. Se concluyó que las variables independientes declaradas para el estudio tienen gran influencia y significancia en el rendimiento y tiempo de permanencia; concordando con lo encontrado por Rodríguez Ríos (2012), quién concluye en su estudio que el género del

estudiante tiene influencia significativa en el tiempo de permanencia dentro de la universidad.

Por otra parte, los estudiantes con un puntaje bajo en la prueba de admisión requieren menos periodos para alcanzar la absorción (grado), en sentido contrario la probabilidad de graduación es baja en comparación con los estudiantes que obtuvieron puntuaciones media y alta en dicho examen; por lo anterior se infiere que el puntaje de admisión es directamente proporcional a la probabilidad de graduación (*ver anexo 5*). Concluyendo así que la variable establecida incide en el tiempo de permanencia de los estudiantes y probabilidad de graduación.

Así mismo la variable que describe el tipo de colegio del que egresaron los estudiantes del programa de ingeniería industrial, influye en las probabilidades de graduación y tiempo de permanencia en el programa hasta alcanzar la absorción (graduación). Dado a que los egresados de instituciones privadas desde que inician su carrera profesional tienen mayor probabilidad de culminarla, sin embargo, en el número de periodos cursados esta variable no tiene ninguna influencia.

Haciendo un análisis comparativo, no existe una diferencia significativa entre la cantidad de periodos cursados por los estudiantes dentro de la institución antes y después de la modificación del acuerdo superior 011 de 2017 dado a que el tiempo de permanencia de los estudiantes no se reduce sustancialmente, pero, en su lugar, disminuye significativamente las probabilidades de deserción de los estudiantes.

Ahora bien, es preciso concluir en cuanto a la preferencia de opción de grado de los estudiantes del programa de ingeniería industrial, dado a que, de las múltiples modalidades de grado en términos de eficiencia relacionado con la culminación de formación de profesionales; la modalidad que incentiva la creación de productos de investigación y desarrollo permite alcanzar la absorción en menos tiempo que las otras. Sin embargo, la diferencia de tiempo entre esta y las demás modalidades no es excesiva.

Los estudiantes por su parte prefieren las modalidades de grado que estimulan el desarrollo de habilidades específicas o de profundización, lo que podríamos

atribuir a la alta demanda en el mercado laboral y el alto grado de exigencia de la oferta por algún tipo de experiencia laboral o conocimiento específico.

Como nota final y no menos importante se enfatiza en que la investigación presentó diversas limitaciones tales como la no homogeneidad de la cadena, lo cual no hizo posible vaticinar el comportamiento de la población estudiantil; otra limitante fue la cantidad de estudiantes pertenecientes a las cohortes 2015, ya que la población graduada correspondiente a estas es menor a las cohortes que la anteceden lo que podría ocasionar un sesgo en la población estudiada. Dichas limitaciones se deben tener en cuenta en futuras investigaciones ya que pueden influir en el desarrollo de las mismas.

RECOMENDACIONES

En base a los resultados obtenidos principalmente en las opciones de grados de preferencia de los estudiantes de Ingeniería Industrial de la Universidad del Magdalena, los cuales se enfocan en una modalidad que estimula el desarrollo de habilidades específicas o profundización en conocimientos; se recomienda incitar y encaminar a los estudiantes a considerar las modalidades que incentivan productos de investigación y desarrollo dado a que con la modificación del acuerdo 013 de 2009 el porcentaje de estas disminuyó en un 15,13%. Los estudiantes deben tener presente la importancia de la I+D y los múltiples beneficios y ventajas que esta genera.

También se recomienda, para efectos de mejor entendimiento, investigar las causas de deserción de los estudiantes del programa, dado a que si bien la implementación del acuerdo 011 de 2017 redujo significativamente dichas probabilidades se desconoce el por qué, el conocer esta información permitiría a Dirección de Programa tomar decisiones que garanticen a los estudiantes culminar su formación profesional de manera satisfactoria.

Por otra parte, no se debe desconocer la existente brecha en cuanto a la cantidad de estudiantes vinculados al Programa de Ingeniería Industrial respecto a su

género, ya que en la población estudiada el género femenino tiene poca participación y mayor tiempo requerido para culminar la carrera; por lo que se sugiere para investigaciones futuras determinar el tiempo que debe transcurrir para que esta brecha se cierre y haya un equilibrio participativo y de rendimiento entre ambos géneros.

BIBLIOGRAFIA

- Addy Bolivar, C., Notario, C., & Pérez, A. (2016). Modelos de Markov para la trayectoria académica de estudiantes de la UJAT. *Miscelánea matemática*, 62, 29–43.
- Adeleke, R. A., Oguntuase, K. A., & Ogunsakin, R. E. (2014). Application Of Markov Chain To The Assessment Of Students' Admission And Academic Performance In Ekiti State University. *INTERNATIONAL JOURNAL OF SCIENTIFIC & TECHNOLOGY RESEARCH*, 3(7), 349–357.
- Alvarez, M., & Orrego, R. (2000). Modelo Markoviano para el estudio de evolución de cohortes de estudiantes de un programa académico. *Revista Universidad EAFIT*, 36(120), 44–56.
- Bairagi, A., & Ch. Kakaty, S. (2017). A Stochastic Process Approach to Analyse Students' Performance in Higher Education Institutions. *International Journal of Statistics and Systems*, 122, 323–342.
- Bañuelos Saucedo, Leonardo. (2013). "Análisis del avance escolar a nivel licenciatura aplicando cadenas de markov". (Tesis de Maestría). Universidad Nacional Autónoma de México, México. Recuperado de <https://repositorio.unam.mx/contenidos/98487>
- Blockeel, H., & De Raedt, L. (1998). Top-down induction of first-order logical decision trees. *Artificial intelligence*, 101(1-2), 285-297.
- Brezavšček, A., Bach, M., & Baggia, A. (2017). Markov Analysis of Students' Performance and Academic Progress in Higher Education. *Organizacija*, 50(2).
- Brezavšček, A., Bach, M., & Baggia, A. (2017). Markov Analysis of Students' Performance and Academic Progress in Higher Education. *Organizacija*, 50(2).
- Carlsson, F. (2019). Can students' progress data be modeled using Markov chains? (Dissertation). Retrieved from <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:kth:diva-254285>
- EcuRed contributors. (2011, 6 junio). Rendimiento académico. Recuperado 25 octubre, 2019, de https://www.ecured.cu/Rendimiento_acad%C3%A9mico

- García de Fanelli, A. (2015). Políticas institucionales para mejorar la retención y la graduación en las universidades nacionales argentinas. *Debate Universitario*, 4(7), 7–24.
- Geetha, V., Nandakumar, G. S., & Vivek, R. (2018). Performance of Students in Adaptive E-Assessment. *International Journal of Pure and Applied Mathematics*, 18(18), 2797–2803.
- Giraldo, A., Zapata, C. J., & Toro, E. M. (2008). Modelo probabilístico para los fenómenos de transferencia entre programas de pregrado y de deserción estudiantil. *Scientia et Technica*, 2(39).
- Hlavatý, R., & Dömeová, L. (2014). Students' Progress throughout Examination Process as a Markov Chain. *International Education Studies*, 7(12), 20–29.
- Hiller, F. S., & Lieberman, G. J. (2010). *Introducción a la investigación de operaciones (9ª ed.)*. México, D.F., México: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V..
- Ibarra, L. (2009). predicciones de Markov aplicadas en el programa de ingeniería de la universidad nacional experimental de tachira (UNET). *ingeniería industrial. Actualidad y Nuevas Tendencias.*, 1(2), 39–51.
- Iji, C., & Abah, J. (2017). Exploring Gender Differences in Graduation Proficiency in Mathematics Education Using a Markov Chain Model: Implications for Economic Growth in Nigeria. *International Journal of Educational Excellence International Journal of Educational Excellence*, 3(2), 75–86.
- Kuna, H. D., García Martínez, R., & Villatoro, F. (2009). Identificación de causales de abandono de estudios universitarios. In IV Congreso de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología.
- LEY 30 DE 1992.(Diciembre 28 de 1992). Congreso de Colombia. Recuperado del sitio de internet del Consejo Nacional de Acreditación.
http://www.cna.gov.co/1741/articles-186370_ley_3092.pdf
- MAVRUK, C., & KIRAL, E. (2016). ACADEMIC PROGRESS OF STUDENTS IN QUANTITATIVE COURSES AT NIGDE UNIVERSITY VOCATIONAL SCHOOL OF SOCIAL SCIENCES: A PREDICTION USING MARKOV MODEL. *Niğde Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 9(3), 267–276.
- MAVRUK, C., & KIRAL, E. (2016b). ACADEMIC PROGRESS OF STUDENTS IN QUANTITATIVE COURSES AT NIGDE UNIVERSITY VOCATIONAL SCHOOL OF SOCIAL SCIENCES: A PREDICTION USING MARKOV MODEL. *Niğde Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 9(3), 267–276.

- Moody, V., & DuCloux, K. (2014). Application of Markov Chains to Analyze and Predict the Mathematical Achievement Gap between African American and White American Students. *Applied & Computational Mathematics*, 3(3). <https://doi.org/10.4172/2168-9679.1000161>
- Orrego, R. (2012). LAS CADENAS DE MARKOV COMO MEDIO ALTERNO DE PROYECTAR INDICADORES DE CALIDAD EN EL TIEMPO. *Revista Universidad EAFIT*, 32(103), 7–13.
- Otero Caicedo, R., Bolívar Atuesta, S., & Palacio Caicedo, J. (2016). análisis de retención de estudiantes de ingeniería basados en la pérdida consecutiva de la misma asignatura. Un enfoque de cadenas de Markov. *Ingeniería industrial. Actualidad y Nuevas Tendencias*, V(16), 7–18.
- Palafox Duarte, M. C. Inferencia estadística para cadenas de Markov (Master's thesis, Facultad de Ciencias Exactas y naturales). Universidad de Sonora, Hermosillo, México.
- Rodríguez Ríos, C. Y. Diseño de un modelo estocástico usando cadenas de Markov para pronosticar la deserción académica de estudiantes de Ingeniería caso: Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito (Master's thesis, Facultad de Ingeniería).
- Seifu Walde, G. (2019). Triple absorbing Markov chain model to study the flow of higher education students. *Journal of Physics: Conference Series*, 1176. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1176/4/042066>
- Taha, H. (2012). *investigacion de operaciones* (9ª ed.). México, México: Pearson.
- Torres, J., Acevedo, D. y Gallo, L. (2015). Causas y consecuencias de la deserción y repitencia escolar: una visión general en el contexto Latinoamericano. *Cultura Educación y Sociedad* 6(2), 157-187.
- Vera, J., Ramos, D., Mirsha-Alicia Sotelo-Castillo, M., Echeverría, S., Serrano, D., & Vales, J. (2012). Factores asociados al rezago en estudiantes de una institución de educación superior en México. *Revista iberoamericana de educación superior*, 3(7), 41–56.
- Yáñez-Contreras, M., & García-Correa, C. (2013). Métodos para la medición de movilidad internacionalizar educativa en América Latina y Colombia. Análisis y perspectivas. *Entramado*, 9(2), 12–27

ANEXOS

ANEXO 1

Código en R

```
#-----funciones-----
filtro=function(B_DATOS,EVALUADOR,CRITERIO){XP=B_DATOS[1,];c=1;for (i in
1:length(EVALUADOR)){if (EVALUADOR[i]==CRITERIO){XP[c,]=B_DATOS[i,];c=c+1}};XP

limpiar=function(B_DATOS_FILTRADA,N_FILAS){for (i in
1:N_FILAS){B_DATOS_FILTRADA=B_DATOS_FILTRADA[-1]};B_DATOS_FILTRADA}

recolector=function(B_DATOS,col_long,Estados){XP=B_DATOS;E11=0;E12=0;E13=0;E1F=0 ;
E22=0;E23=0;E24=0;E2F=0 ; E33=0;E34=0 ; E35=0;E3F=0 ; E44=0;E45=0;E46=0;E4F=0 ;
E55=0;E56=0;E57=0;E5F=0 ; E66=0;E67=0;E68=0;E6F=0;
E77=0;E78=0;E79=0;E7F=0 ; E88=0;E89=0;E810=0;E8F=0 ; E99=0;E910=0;E9F=0;E9G=0 ;
E1010=0;E10C=0;E10G=0 ; ECC=0;ECF=0;ECG=0;
for(i in 1:length(col_long)){for(j in 1:length(XP[1,])){if(XP[i,j]=="11"){E11=E11+1}else
if(XP[i,j]=="12"){E12=E12+1}else if(XP[i,j]=="13"){E13=E13+1}else if(XP[i,j]=="1F"){E1F=E1F+1}
else if(XP[i,j]=="22"){E22=E22+1}else if(XP[i,j]=="23"){E23=E23+1}else
if(XP[i,j]=="24"){E24=E24+1}else if(XP[i,j]=="2F"){E2F=E2F+1}
else if(XP[i,j]=="33"){E33=E33+1}else if(XP[i,j]=="34"){E34=E34+1}else
if(XP[i,j]=="35"){E35=E35+1}else if(XP[i,j]=="3F"){E3F=E3F+1}
else if(XP[i,j]=="44"){E44=E44+1}else if(XP[i,j]=="45"){E45=E45+1}else
if(XP[i,j]=="46"){E46=E46+1}else if(XP[i,j]=="4F"){E4F=E4F+1}
else if(XP[i,j]=="55"){E55=E55+1}else if(XP[i,j]=="56"){E56=E56+1}else
if(XP[i,j]=="57"){E57=E57+1}else if(XP[i,j]=="5F"){E5F=E5F+1}
else if(XP[i,j]=="66"){E66=E66+1}else if(XP[i,j]=="67"){E67=E67+1}else
if(XP[i,j]=="68"){E68=E68+1}else if(XP[i,j]=="6F"){E6F=E6F+1}
else if(XP[i,j]=="77"){E77=E77+1}else if(XP[i,j]=="78"){E78=E78+1}else
if(XP[i,j]=="79"){E79=E79+1}else if(XP[i,j]=="7F"){E7F=E7F+1}
else if(XP[i,j]=="88"){E88=E88+1}else if(XP[i,j]=="89"){E89=E89+1}else
if(XP[i,j]=="810"){E810=E810+1}else if(XP[i,j]=="8F"){E8F=E8F+1}
else if(XP[i,j]=="99"){E99=E99+1}else if(XP[i,j]=="910"){E910=E910+1}else
if(XP[i,j]=="9G"){E9G=E9G+1}else if(XP[i,j]=="9F"){E9F=E9F+1}
else if(XP[i,j]=="1010"){E1010=E1010+1}else if(XP[i,j]=="10C"){E10C=E10C+1}else
if(XP[i,j]=="10G"){E10G=E10G+1}
else if(XP[i,j]=="CC"){ECC=ECC+1}else if(XP[i,j]=="CG"){ECG=ECG+1}
}
};EFF=E1F+E2F+E3F+E4F+E5F+E6F+E7F+E8F+E9F+ECF
;EGG=E9G+E10G+ECG
;F1=c(E11,E12,E13,0,0,0,0,0,0,0,0,E1F,0)
;F2=c(0,E22,E23,E24,0,0,0,0,0,0,0,E2F,0)
;F3=c(0,0,E33,E34,E35,0,0,0,0,0,0,E3F,0)
;F4=c(0,0,0,E44,E45,E46,0,0,0,0,0,E4F,0)
;F5=c(0,0,0,0,E55,E56,E57,0,0,0,0,E5F,0)
;F6=c(0,0,0,0,0,E66,E67,E68,0,0,0,E6F,0)
;F7=c(0,0,0,0,0,0,E77,E78,E79,0,0,E7F,0)
;F8=c(0,0,0,0,0,0,0,E88,E89,E810,0,E8F,0)
```

```

;F9=c(0,0,0,0,0,0,0,0,E99,E910,0,E9F,E9G)
;F10=c(0,0,0,0,0,0,0,0,E1010,E10C,0,E10G)
;F11=c(0,0,0,0,0,0,0,0,ECC,ECF,ECG)
;F12=c(0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0)
;F13=c(0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0)

;F1=F1/sum(F1);F2=F2/sum(F2);F3=F3/sum(F3);F4=F4/sum(F4);F5=F5/sum(F5);F6=F6/sum(F6);
F7=F7/sum(F7)

;F8=F8/sum(F8);F9=F9/sum(F9);F10=F10/sum(F10);F11=F11/sum(F11);F12=F12/sum(F12);F13
=F13/sum(F13)
;resumen=c(F1,F2,F3,F4,F5,F6,F7,F8,F9,F10,F11,F12,F13)
;resumen=matrix(resumen,nrow = 13,byrow = T)

;resumen=round(resumen,3);colnames(resumen)=Estados;rownames(resumen)=Estados;resu
men
}

calculadora=function(M_TRANSICION,E_ABSORVENTES,E_TRANSITORIOS,CRITERIO){N=M_TRA
NSICION;for(i in 1:E_ABSORVENTES){N=N[-(E_TRANSITORIOS+1),]}
;R=N;for(j in 1:E_TRANSITORIOS){R=R[-,j]};for(k in 1:E_ABSORVENTES){N=N[-,
(E_TRANSITORIOS+1)]}
;I=N; I2=R;Resultado=0
;for(i in 1:E_TRANSITORIOS){for(j in 1:E_TRANSITORIOS){if(i==j){I[i,j]=1}else{I[i,j]=0}}
;for(i in 1:E_TRANSITORIOS){for(j in 1:E_ABSORVENTES){if(i==j){I2[i,j]=1}else{I2[i,j]=1}}
;if(CRITERIO=="T_ij"){Resultado=solve(I-N)}else if(CRITERIO=="T_abs"){Resultado=solve(I-
N)%*%I2[,1]}else if(CRITERIO=="Prob_Abs"){Resultado=solve(I-
N)%*%R}else{Resultado=print("criterio errado")}
;Resultado=round(Resultado,3);Resultado}

vector_cohorte=function(B_DATOS,col_long){XP=B_DATOS;E11=0;E12=0;E13=0;E1F=0 ;
E22=0;E23=0;E24=0;E2F=0 ; E33=0;E34=0 ; E35=0;E3F=0 ; E44=0;E45=0;E46=0;E4F=0 ;
E55=0;E56=0;E57=0;E5F=0 ; E66=0;E67=0;E68=0;E6F=0;
E77=0;E78=0;E79=0;E7F=0 ; E88=0;E89=0;E810=0;E8F=0 ; E99=0;E910=0;E9F=0;E9G=0 ;
E1010=0;E10C=0;E10G=0 ; ECC=0;ECF=0;ECG=0;
for(i in 1:length(col_long)){for(j in 1:length(XP[1,])){if(XP[i,j]=="11"){E11=E11+1}else
if(XP[i,j]=="12"){E12=E12+1}else if(XP[i,j]=="13"){E13=E13+1}else if(XP[i,j]=="1F"){E1F=E1F+1}
else if(XP[i,j]=="22"){E22=E22+1}else if(XP[i,j]=="23"){E23=E23+1}else
if(XP[i,j]=="24"){E24=E24+1}else if(XP[i,j]=="2F"){E2F=E2F+1}
else if(XP[i,j]=="33"){E33=E33+1}else if(XP[i,j]=="34"){E34=E34+1}else
if(XP[i,j]=="35"){E35=E35+1}else if(XP[i,j]=="3F"){E3F=E3F+1}
else if(XP[i,j]=="44"){E44=E44+1}else if(XP[i,j]=="45"){E45=E45+1}else
if(XP[i,j]=="46"){E46=E46+1}else if(XP[i,j]=="4F"){E4F=E4F+1}
else if(XP[i,j]=="55"){E55=E55+1}else if(XP[i,j]=="56"){E56=E56+1}else
if(XP[i,j]=="57"){E57=E57+1}else if(XP[i,j]=="5F"){E5F=E5F+1}
else if(XP[i,j]=="66"){E66=E66+1}else if(XP[i,j]=="67"){E67=E67+1}else
if(XP[i,j]=="68"){E68=E68+1}else if(XP[i,j]=="6F"){E6F=E4F+1}
else if(XP[i,j]=="77"){E77=E77+1}else if(XP[i,j]=="78"){E78=E78+1}else
if(XP[i,j]=="79"){E79=E79+1}else if(XP[i,j]=="7F"){E4F=E4F+1}
else if(XP[i,j]=="88"){E88=E88+1}else if(XP[i,j]=="89"){E89=E89+1}else
if(XP[i,j]=="810"){E810=E810+1}else if(XP[i,j]=="8F"){E8F=E8F+1}

```

```

else if(XP[i,j]=="99"){E99=E99+1}else if(XP[i,j]=="910"){E910=E910+1}else
if(XP[i,j]=="9G"){E9G=E9G+1}else if(XP[i,j]=="9F"){E9F=E9F+1}
else if(XP[i,j]=="1010"){E1010=E1010+1}else if(XP[i,j]=="10C"){E10C=E10C+1}else
if(XP[i,j]=="10G"){E10G=E10G+1}
else if(XP[i,j]=="CC"){ECC=ECC+1}else if(XP[i,j]=="CG"){ECG=ECG+1}
}}
;EFF=E1F+E2F+E3F+E4F+E5F+E6F+E7F+E8F+E9F+ECF
;EGG=E9G+E10G+ECG;
F1=sum(c(E11,E12,E13,E1F));F2=sum(c(E22,E23,E24,E2F));F3=sum(c(E33,E34,E35,E3F));
F4=sum(c(E44,E45,E46,E4F));F5=sum(c(E55,E56,E57,E5F));F6=sum(c(E66,E67,E68,E6F));
F7=sum(c(E77,E78,E79,E7F));F8=sum(c(E88,E89,E810,E8F));F9=sum(c(E99,E910,E9F));
F10=sum(c(E1010,E10C,E10G));FC=sum(c(ECC,ECG));
Ft=c(F1,F2,F3,F4,F5,F6,F7,F8,F9,F10,FC,EFF,EGG);Ft}

```

```

#-----
library(readxl)
library(ggplot2)
set_datos_PR <- read_excel("D:/ANTES DE FORMATEAR/ingenieria
industrial/Investigacion_cadenas de markov/set_datos_PR.xlsx")
estados=c("S1","S2","S3","S4","S5","S6","S7","S8","S9","S10","SC","D","G")

```

```

#-----
#CARACTERIZACIÓN DE LOS PERDIFES DE ESTUDIANTES

```

```

FEM=set_datos_PR
FEM=filtro(FEM,FEM$sex,"F")
FEM_A=filtro(FEM,FEM$puntaje_adm,"ALTA")
FEM_A_PU=filtro(FEM_A,FEM_A$Tipo_colegio,"PUBLICO")
FEM_A_PR=filtro(FEM_A,FEM_A$Tipo_colegio,"PRIVADO")
FEM_M=filtro(FEM,FEM$puntaje_adm,"MEDIA")
FEM_M_PU=filtro(FEM_M,FEM_M$Tipo_colegio,"PUBLICO")
FEM_M_PR=filtro(FEM_M,FEM_M$Tipo_colegio,"PRIVADO")
FEM_B=filtro(FEM,FEM$puntaje_adm,"BAJA")
FEM_B_PU=filtro(FEM_B,FEM_B$Tipo_colegio,"PUBLICO")
FEM_B_PR=filtro(FEM_B,FEM_B$Tipo_colegio,"PRIVADO")

```

```

FEM_A_PU=limpiar(FEM_A_PU,6)
FEM_A_PR=limpiar(FEM_A_PR,6)
FEM_M_PU=limpiar(FEM_M_PU,6)
FEM_M_PR=limpiar(FEM_M_PR,6)
FEM_B_PU=limpiar(FEM_B_PU,6)
FEM_B_PR=limpiar(FEM_B_PR,6)
#-----RESULTADOS GENERO FEM-----

```

```

#MATRICES DE TRANSICION
TRANSICION_F_A_PU=recolector(FEM_A_PU,FEM_A_PU$TR1,estados)
TRANSICION_F_A_PR=recolector(FEM_A_PR,FEM_A_PR$TR1,estados)
TRANSICION_F_M_PU=recolector(FEM_M_PU,FEM_M_PU$TR1,estados)
TRANSICION_F_M_PR=recolector(FEM_M_PR,FEM_M_PR$TR1,estados)
TRANSICION_F_B_PU=recolector(FEM_B_PU,FEM_B_PU$TR1,estados)
TRANSICION_F_B_PR=recolector(FEM_B_PR,FEM_B_PR$TR1,estados)

```

```

#tiempos esperado en el estado j partiendo de i
Tij_F_A_PU=calculadora(TRANSICION_F_A_PU,2,11,"T_ij")
Tij_F_A_PR=calculadora(TRANSICION_F_A_PR,2,11,"T_ij")
Tij_F_M_PU=calculadora(TRANSICION_F_M_PU,2,11,"T_ij")
Tij_F_M_PR=calculadora(TRANSICION_F_M_PR,2,11,"T_ij")
Tij_F_B_PU=calculadora(TRANSICION_F_B_PU,2,11,"T_ij")
Tij_F_B_PR=calculadora(TRANSICION_F_B_PR,2,11,"T_ij")
#tiempo esperado para ser absorbido
Tabs_F_A_PU=calculadora(TRANSICION_F_A_PU,2,11,"T_abs")
Tabs_F_A_PR=calculadora(TRANSICION_F_A_PR,2,11,"T_abs")
Tabs_F_M_PU=calculadora(TRANSICION_F_M_PU,2,11,"T_abs")
Tabs_F_M_PR=calculadora(TRANSICION_F_M_PR,2,11,"T_abs")
Tabs_F_B_PU=calculadora(TRANSICION_F_B_PU,2,11,"T_abs")
Tabs_F_B_PR=calculadora(TRANSICION_F_B_PR,2,11,"T_abs")
#Probabilidad de alcanzar un estado absorbente
Pabs_F_A_PU=calculadora(TRANSICION_F_A_PU,2,11,"Prob_Abs")
Pabs_F_A_PR=calculadora(TRANSICION_F_A_PR,2,11,"Prob_Abs")
Pabs_F_M_PU=calculadora(TRANSICION_F_M_PU,2,11,"Prob_Abs")
Pabs_F_M_PR=calculadora(TRANSICION_F_M_PR,2,11,"Prob_Abs")
Pabs_F_B_PU=calculadora(TRANSICION_F_B_PU,2,11,"Prob_Abs")
Pabs_F_B_PR=calculadora(TRANSICION_F_B_PR,2,11,"Prob_Abs")
#-----
M=set_datos_PR
M=filtro(M,M$sex,"M")
M_A=filtro(M,M$puntaje_adm,"ALTA")
M_A_PU=filtro(M_A,M_A$Tipo_colegio,"PUBLICO")
M_A_PR=filtro(M_A,M_A$Tipo_colegio,"PRIVADO")
M_M=filtro(M,M$puntaje_adm,"MEDIA")
M_M_PU=filtro(M_M,M_M$Tipo_colegio,"PUBLICO")
M_M_PR=filtro(M_M,M_M$Tipo_colegio,"PRIVADO")
M_B=filtro(M,M$puntaje_adm,"BAJA")
M_B_PU=filtro(M_B,M_B$Tipo_colegio,"PUBLICO")
M_B_PR=filtro(M_B,M_B$Tipo_colegio,"PRIVADO")

M_A_PU=limpiar(M_A_PU,6)
M_A_PR=limpiar(M_A_PR,6)
M_M_PU=limpiar(M_M_PU,6)
M_M_PR=limpiar(M_M_PR,6)
M_B_PU=limpiar(M_B_PU,6)
M_B_PR=limpiar(M_B_PR,6)
#-----RESULTADOS GENERO M-----
#MATRICES DE TRANSICION
TRANSICION_M_A_PU=recolector(M_A_PU,M_A_PU$TR1,estados)
TRANSICION_M_A_PR=recolector(M_A_PR,M_A_PR$TR1,estados)
TRANSICION_M_M_PU=recolector(M_M_PU,M_M_PU$TR1,estados)
TRANSICION_M_M_PR=recolector(M_M_PR,M_M_PR$TR1,estados)
TRANSICION_M_B_PU=recolector(M_B_PU,M_B_PU$TR1,estados)
TRANSICION_M_B_PR=recolector(M_B_PR,M_B_PR$TR1,estados)
#tiempos esperado en el estado j partiendo de i
Tij_M_A_PU=calculadora(TRANSICION_M_A_PU,2,11,"T_ij")
Tij_M_A_PR=calculadora(TRANSICION_M_A_PR,2,11,"T_ij")
Tij_M_M_PU=calculadora(TRANSICION_M_M_PU,2,11,"T_ij")

```

```

Tij_M_M_PR=calculadora(TRANSICION_M_M_PR,2,11,"T_ij")
Tij_M_B_PU=calculadora(TRANSICION_M_B_PU,2,11,"T_ij")
Tij_M_B_PR=calculadora(TRANSICION_M_B_PR,2,11,"T_ij")
#tiempo esperado para ser absorbido
Tabs_M_A_PU=calculadora(TRANSICION_M_A_PU,2,11,"T_abs")
Tabs_M_A_PR=calculadora(TRANSICION_M_A_PR,2,11,"T_abs")
Tabs_M_M_PU=calculadora(TRANSICION_M_M_PU,2,11,"T_abs")
Tabs_M_M_PR=calculadora(TRANSICION_M_M_PR,2,11,"T_abs")
Tabs_M_B_PU=calculadora(TRANSICION_M_B_PU,2,11,"T_abs")
Tabs_M_B_PR=calculadora(TRANSICION_M_B_PR,2,11,"T_abs")
#Probabilidad de alcanzar un estado absorbente
Pabs_M_A_PU=calculadora(TRANSICION_M_A_PU,2,11,"Prob_Abs")
Pabs_M_A_PR=calculadora(TRANSICION_M_A_PR,2,11,"Prob_Abs")
Pabs_M_M_PU=calculadora(TRANSICION_M_M_PU,2,11,"Prob_Abs")
Pabs_M_M_PR=calculadora(TRANSICION_M_M_PR,2,11,"Prob_Abs")
Pabs_M_B_PU=calculadora(TRANSICION_M_B_PU,2,11,"Prob_Abs")
Pabs_M_B_PR=calculadora(TRANSICION_M_B_PR,2,11,"Prob_Abs")
#-----
#-----GRADUADOS/DECERTORES - ANTES/DESPUES-----
COMPARACION=set_datos_PR
ANTES=filtro(COMPARACION,COMPARACION$`G/F_A/D del acuerdo`,`ANTES")
DESPUES=filtro(COMPARACION,COMPARACION$`G/F_A/D del acuerdo`,`DESPUES")
ANTES_ID=filtro(ANTES,ANTES$mod_grado,"I+D")
ANTES_CH=filtro(ANTES,ANTES$mod_grado,"OTRO")
DESPUES_ID=filtro(DESPUES,DESPUES$mod_grado,"I+D")
DESPUES_CH=filtro(DESPUES,DESPUES$mod_grado,"OTRO")

ANTES_PR=filtro(ANTES,ANTES$Tipo_colegio,"PRIVADO")
ANTES_PU=filtro(ANTES,ANTES$Tipo_colegio,"PUBLICO")
DESPUES_PR=filtro(DESPUES,DESPUES$Tipo_colegio,"PRIVADO")
DESPUES_PU=filtro(DESPUES,DESPUES$Tipo_colegio,"PUBLICO")
ANTES_ID_PR=filtro(ANTES_ID,ANTES_ID$Tipo_colegio,"PRIVADO")
ANTES_ID_PU=filtro(ANTES_ID,ANTES_ID$Tipo_colegio,"PUBLICO")
ANTES_CH_PR=filtro(ANTES_CH,ANTES_CH$Tipo_colegio,"PRIVADO")
ANTES_CH_PU=filtro(ANTES_CH,ANTES_CH$Tipo_colegio,"PUBLICO")
DESPUES_ID_PR=filtro(DESPUES_ID,DESPUES_ID$Tipo_colegio,"PRIVADO")
DESPUES_ID_PU=filtro(DESPUES_ID,DESPUES_ID$Tipo_colegio,"PUBLICO")
DESPUES_CH_PR=filtro(DESPUES_CH,DESPUES_CH$Tipo_colegio,"PRIVADO")
DESPUES_CH_PU=filtro(DESPUES_CH,DESPUES_CH$Tipo_colegio,"PUBLICO")

#-----

ANTES=limpiar(ANTES,6)
DESPUES=limpiar(DESPUES,6)
ANTES_ID=limpiar(ANTES_ID,6)
ANTES_CH=limpiar(ANTES_CH,6)
DESPUES_ID=limpiar(DESPUES_ID,6)
DESPUES_CH=limpiar(DESPUES_CH,6)

ANTES_PR=limpiar(ANTES_PR,6)
ANTES_PU=limpiar(ANTES_PU,6)
DESPUES_PR=limpiar(DESPUES_PR,6)

```

DESPUES_PU=limpiar(DESPUES_PU,6)
ANTES_ID_PR=limpiar(ANTES_ID_PR,6)
ANTES_ID_PU=limpiar(ANTES_ID_PU,6)
ANTES_CH_PR=limpiar(ANTES_CH_PR,6)
ANTES_CH_PU=limpiar(ANTES_CH_PU,6)
DESPUES_ID_PR=limpiar(DESPUES_ID_PR,6)
DESPUES_ID_PU=limpiar(DESPUES_ID_PU,6)
DESPUES_CH_PR=limpiar(DESPUES_CH_PR,6)
DESPUES_CH_PU=limpiar(DESPUES_CH_PU,6)

TRANSICION_ANTES=recolector(ANTES,ANTES\$TR1,estados)
TRANSICION_DESPUES=recolector(DESPUES,DESPUES\$TR1,estados)

TRANSICION_ANTES_ID=recolector(ANTES_ID,ANTES_ID\$TR1,estados)
TRANSICION_ANTES_CH=recolector(ANTES_CH,ANTES_CH\$TR1,estados)
TRANSICION_DESPUES_ID=recolector(DESPUES_ID,DESPUES_ID\$TR1,estados)
TRANSICION_DESPUES_CH=recolector(DESPUES_CH,DESPUES_CH\$TR1,estados)

TRANSICION_ANTES_PR=recolector(ANTES_PR,ANTES_PR\$TR1,estados)
TRANSICION_ANTES_PU=recolector(ANTES_PU,ANTES_PU\$TR1,estados)
TRANSICION_DESPUES_PR=recolector(DESPUES_PR,DESPUES_PR\$TR1,estados)
TRANSICION_DESPUES_PU=recolector(DESPUES_PU,DESPUES_PU\$TR1,estados)
TRANSICION_ANTES_ID_PR=recolector(ANTES_ID_PR,ANTES_ID_PR\$TR1,estados)
TRANSICION_ANTES_ID_PU=recolector(ANTES_ID_PU,ANTES_ID_PU\$TR1,estados)
TRANSICION_ANTES_CH_PR=recolector(ANTES_CH_PR,ANTES_CH_PR\$TR1,estados)
TRANSICION_ANTES_CH_PU=recolector(ANTES_CH_PU,ANTES_CH_PU\$TR1,estados)
TRANSICION_DESPUES_ID_PR=recolector(DESPUES_ID_PR,DESPUES_ID_PR\$TR1,estados)
TRANSICION_DESPUES_ID_PU=recolector(DESPUES_ID_PU,DESPUES_ID_PU\$TR1,estados)
TRANSICION_DESPUES_CH_PR=recolector(DESPUES_CH_PR,DESPUES_CH_PR\$TR1,estados)
TRANSICION_DESPUES_CH_PU=recolector(DESPUES_CH_PU,DESPUES_CH_PU\$TR1,estados)

#tiempos esperado en el estado j partiendo de i

Tij_ANTES=calculadora(TRANSICION_ANTES,2,11,"T_ij")
Tij_DESPUES=calculadora(TRANSICION_DESPUES,2,11,"T_ij")
Tij_ANTES_ID=calculadora(TRANSICION_ANTES_ID,2,11,"T_ij")
Tij_ANTES_CH=calculadora(TRANSICION_ANTES_CH,2,11,"T_ij")
Tij_DESPUES_ID=calculadora(TRANSICION_DESPUES_ID,2,11,"T_ij")
Tij_DESPUES_CH=calculadora(TRANSICION_DESPUES_CH,2,11,"T_ij")

T_ij_ANTES_PR=calculadora(TRANSICION_ANTES_PR,2,11,"T_ij")
T_ij_ANTES_PU=calculadora(TRANSICION_ANTES_PU,2,11,"T_ij")
T_ij_DESPUES_PR=calculadora(TRANSICION_DESPUES_PR,2,11,"T_ij")
T_ij_DESPUES_PU=calculadora(TRANSICION_DESPUES_PU,2,11,"T_ij")
T_ij_ANTES_ID_PR=calculadora(TRANSICION_ANTES_ID_PR,2,11,"T_ij")
T_ij_ANTES_ID_PU=calculadora(TRANSICION_ANTES_ID_PU,2,11,"T_ij")
T_ij_ANTES_CH_PR=calculadora(TRANSICION_ANTES_CH_PR,2,11,"T_ij")
T_ij_ANTES_CH_PU=calculadora(TRANSICION_ANTES_CH_PU,2,11,"T_ij")
T_ij_DESPUES_ID_PR=calculadora(TRANSICION_DESPUES_ID_PR,2,11,"T_ij")
T_ij_DESPUES_ID_PU=calculadora(TRANSICION_DESPUES_ID_PU,2,11,"T_ij")
T_ij_DESPUES_CH_PR=calculadora(TRANSICION_DESPUES_CH_PR,2,11,"T_ij")
T_ij_DESPUES_CH_PU=calculadora(TRANSICION_DESPUES_CH_PU,2,11,"T_ij")

#tiempo esperjado para ser absorbido

```
Tabs_ANTES=calculadora(TRANSICION_ANTES,2,11,"T_abs")
Tabs_DESPUES=calculadora(TRANSICION_DESPUES,2,11,"T_abs")
Tabs_ANTES_ID=calculadora(TRANSICION_ANTES_ID,2,11,"T_abs");colnames(Tabs_ANTES_ID)
="ANTES_ID";row.names(Tabs_ANTES_ID)=estados[1:11]
Tabs_ANTES_CH=calculadora(TRANSICION_ANTES_CH,2,11,"T_abs");colnames(Tabs_ANTES_C
H)="ANTES_HC";row.names(Tabs_ANTES_CH)=estados[1:11]
Tabs_DESPUES_ID=calculadora(TRANSICION_DESPUES_ID,2,11,"T_abs");colnames(Tabs_DESP
UES_ID)="DESPUES_ID";row.names(Tabs_DESPUES_ID)=estados[1:11]
Tabs_DESPUES_CH=calculadora(TRANSICION_DESPUES_CH,2,11,"T_abs");colnames(Tabs_DES
PUES_CH)="DESPUES_HC";row.names(Tabs_DESPUES_CH)=estados[1:11]
```

```
Tabs_ANTES_PR=calculadora(TRANSICION_ANTES_PR,2,11,"T_abs");colnames(Tabs_ANTES_PR
)="ANTES_PR";row.names(Tabs_ANTES_PR)=estados[1:11]
Tabs_ANTES_PU=calculadora(TRANSICION_ANTES_PU,2,11,"T_abs");colnames(Tabs_ANTES_P
U)="ANTES_PU";row.names(Tabs_ANTES_PU)=estados[1:11]
Tabs_DESPUES_PR=calculadora(TRANSICION_DESPUES_PR,2,11,"T_abs");colnames(Tabs_DESP
UES_PR)="DESPUES_PR";row.names(Tabs_DESPUES_PR)=estados[1:11]
Tabs_DESPUES_PU=calculadora(TRANSICION_DESPUES_PU,2,11,"T_abs");colnames(Tabs_DES
PUES_PU)="DESPUES_PU";row.names(Tabs_DESPUES_PU)=estados[1:11]
Tabs_ANTES_ID_PR=calculadora(TRANSICION_ANTES_ID_PR,2,11,"T_abs");colnames(Tabs_AN
TES_ID_PR)="ANTES_ID_PR";row.names(Tabs_ANTES_ID_PR)=estados[1:11]
Tabs_ANTES_ID_PU=calculadora(TRANSICION_ANTES_ID_PU,2,11,"T_abs");colnames(Tabs_AN
TES_ID_PU)="ANTES_ID_PU";row.names(Tabs_ANTES_ID_PU)=estados[1:11]
Tabs_ANTES_CH_PR=calculadora(TRANSICION_ANTES_CH_PR,2,11,"T_abs");colnames(Tabs_A
NTES_CH_PR)="ANTES_CH_PR";row.names(Tabs_ANTES_CH_PR)=estados[1:11]
Tabs_ANTES_CH_PU=calculadora(TRANSICION_ANTES_CH_PU,2,11,"T_abs");colnames(Tabs_A
NTES_CH_PU)="ANTES_CH_PU";row.names(Tabs_ANTES_CH_PU)=estados[1:11]
Tabs_DESPUES_ID_PR=calculadora(TRANSICION_DESPUES_ID_PR,2,11,"T_abs");colnames(Tab
s_DESPUES_ID_PR)="DESPUES_ID_PR";row.names(Tabs_DESPUES_ID_PR)=estados[1:11]
Tabs_DESPUES_ID_PU=calculadora(TRANSICION_DESPUES_ID_PU,2,11,"T_abs");colnames(Tab
s_DESPUES_ID_PU)="DESPUES_ID_PU";row.names(Tabs_DESPUES_ID_PU)=estados[1:11]
Tabs_DESPUES_CH_PR=calculadora(TRANSICION_DESPUES_CH_PR,2,11,"T_abs");colnames(Ta
bs_DESPUES_CH_PR)="DESPUES_CH_PR";row.names(Tabs_DESPUES_CH_PR)=estados[1:11]
Tabs_DESPUES_CH_PU=calculadora(TRANSICION_DESPUES_CH_PU,2,11,"T_abs");colnames(Ta
bs_DESPUES_CH_PU)="DESPUES_CH_PU";row.names(Tabs_DESPUES_CH_PU)=estados[1:11]
```

#Probabilidad de alcanzar un estado absorbente

```
Pabs_ANTES=calculadora(TRANSICION_ANTES,2,11,"Prob_Abs")#VALIDO
Pabs_DESPUES=calculadora(TRANSICION_DESPUES,2,11,"Prob_Abs")#VALIDO
Pabs_ANTES_ID=calculadora(TRANSICION_ANTES_ID,2,11,"Prob_Abs")
Pabs_ANTES_CH=calculadora(TRANSICION_ANTES_CH,2,11,"Prob_Abs")
Pabs_DESPUES_ID=calculadora(TRANSICION_DESPUES_ID,2,11,"Prob_Abs")
Pabs_DESPUES_CH=calculadora(TRANSICION_DESPUES_CH,2,11,"Prob_Abs")
```

```
Pabs_ANTES_PR=calculadora(TRANSICION_ANTES_PR,2,11,"Prob_Abs")#VALIDO
Pabs_ANTES_PU=calculadora(TRANSICION_ANTES_PU,2,11,"Prob_Abs")#VALIDO
Pabs_DESPUES_PR=calculadora(TRANSICION_DESPUES_PR,2,11,"Prob_Abs")#VALIDO
Pabs_DESPUES_PU=calculadora(TRANSICION_DESPUES_PU,2,11,"Prob_Abs")#VALIDO
Pabs_ANTES_ID_PR=calculadora(TRANSICION_ANTES_ID_PR,2,11,"Prob_Abs")
```

```

Pabs_ANTES_ID_PU=calculadora(TRANSICION_ANTES_ID_PU,2,11,"Prob_Abs")
Pabs_ANTES_CH_PR=calculadora(TRANSICION_ANTES_CH_PR,2,11,"Prob_Abs")
Pabs_ANTES_CH_PU=calculadora(TRANSICION_ANTES_CH_PU,2,11,"Prob_Abs")
Pabs_DESPUES_ID_PR=calculadora(TRANSICION_DESPUES_ID_PR,2,11,"Prob_Abs")
Pabs_DESPUES_ID_PU=calculadora(TRANSICION_DESPUES_ID_PU,2,11,"Prob_Abs")
Pabs_DESPUES_ID_PR=calculadora(TRANSICION_DESPUES_CH_PR,2,11,"Prob_Abs")
Pabs_DESPUES_CH_PU=calculadora(TRANSICION_DESPUES_CH_PU,2,11,"Prob_Abs")
#-----RESUMENES-----

RESUMEN_Pabs=matrix(c(Pabs_F_A_PU,Pabs_F_A_PR,Pabs_F_M_PU,Pabs_F_M_PR,Pabs_F_B
_PU,Pabs_F_B_PR,Pabs_M_A_PU,Pabs_M_A_PR,Pabs_M_M_PU,Pabs_M_M_PR,Pabs_M_B_P
U,Pabs_M_B_PR,Pabs_ANTES,Pabs_DESPUES,Pabs_ANTES_ID,Pabs_ANTES_CH,Pabs_DESPUES
_ID,Pabs_DESPUES_CH,

Pabs_ANTES_PR,Pabs_ANTES_PU,Pabs_DESPUES_PR,Pabs_DESPUES_PU,Pabs_ANTES_ID_PR,P
abs_ANTES_ID_PU,

Pabs_ANTES_CH_PR,Pabs_ANTES_CH_PU,Pabs_DESPUES_ID_PR,Pabs_DESPUES_ID_PU,Pabs_
DESPUES_ID_PR,Pabs_DESPUES_ID_PU),ncol = 30*2,byrow = F )
rownames(RESUMEN_Pabs)=estados[1:11]
colnames(RESUMEN_Pabs)=rep(c("F_A_PU","F_A_PR","F_M_PU","F_M_PR","F_B_PU","F_B_P
R","M_A_PU","M_A_PR","M_M_PU","M_M_PR","M_B_PU","M_B_PR","ANTES","DESPUES","A
NTES_ID","ANTES_CH","DESPUES_ID","DESPUES_CH",

"ANTES_PR","ANTES_PU","DESPUES_PR","DESPUES_PU","ANTES_ID_PR","ANTES_ID_PU",

"ANTES_CH_PR","ANTES_CH_PU","DESPUES_ID_PR","DESPUES_ID_PU","DESPUES_ID_PR","DE
SPUES_ID_PU"),each=2)

RESUMEN_Tabs=matrix(c(Tabs_F_A_PU,Tabs_F_A_PR,Tabs_F_M_PU,Tabs_F_M_PR,Tabs_F_B
_PU,Tabs_F_B_PR,

Tabs_M_A_PU,Tabs_M_A_PR,Tabs_M_M_PU,Tabs_M_M_PR,Tabs_M_B_PU,Tabs_M_B_PR,

Tabs_ANTES,Tabs_DESPUES,Tabs_ANTES_ID,Tabs_ANTES_CH,Tabs_DESPUES_ID,Tabs_DESPUE
S_CH,

Tabs_ANTES_PR,Tabs_ANTES_PU,Tabs_DESPUES_PR,Tabs_DESPUES_PU,Tabs_ANTES_ID_PR,T
abs_ANTES_ID_PU,

Tabs_ANTES_CH_PR,Tabs_ANTES_CH_PU,Tabs_DESPUES_ID_PR,Tabs_DESPUES_ID_PU,Tabs_D
ESPUES_CH_PR,Tabs_DESPUES_CH_PU),ncol = 30,byrow = F )
rownames(RESUMEN_Tabs)=estados[1:11]
colnames(RESUMEN_Tabs)=c("F_A_PU","F_A_PR","F_M_PU","F_M_PR","F_B_PU","F_B_PR",
"M_A_PU","M_A_PR","M_M_PU","M_M_PR","M_B_PU","M_B_PR",
"ANTES","DESPUES","ANTES_ID","ANTES_CH","DESPUES_ID","DESPUES_CH",

"ANTES_PR","ANTES_PU","DESPUES_PR","DESPUES_PU","ANTES_ID_PR","ANTES_ID_PU",

"ANTES_CH_PR","ANTES_CH_PU","DESPUES_ID_PR","DESPUES_ID_PU","DESPUES_CH_PR","D
ESPUES_CH_PU")

```

```

RESUMEN_Pabs=data.frame(RESUMEN_Pabs)
RESUMEN_Tabs=data.frame(RESUMEN_Tabs)
library(openxlsx)
write.xlsx(RESUMEN_Pabs,"RESUMEN_Pabs.xlsx",asTable = T)
write.xlsx(RESUMEN_Tabs,"RESUMEN_Tabs.xlsx",asTable = T)

#-----GRAFICAS-----

#graficas descriptivas
pie(x =c(length(FEM$sex),length(M$sex)),labels= c("Femenino","Masculino"),init.angle =
25,border = 0,col = c("cadetblue3","coral2"),main = "Distribucion de la poblacion por
genero",lty = 1)
pie(x =c(length(ANTES$TR4),length(DESPUES$TR4)),labels = c("Antes","Despues"),init.angle =
25,border = 0,col = c("cadetblue3","coral2"),main = "Distribucion de la poblacion según
periodo de tiempo",lty = 1)
par(mfrow=c(1,2))
barplot(c(length(M_A$sex),length(M_M$sex),length(M_B$sex)),col = c("cadetblue3"),horiz =
T,names.arg = c("Alta","Media","Baja"),axes = T,xlim=c(0,900),border = 0,main = "Puntaje en
examen de admisión",sub = "Género masculino")
barplot(c(length(FEM_A$sex),length(FEM_M$sex),length(FEM_B$sex)),col = c("coral2"),horiz =
T,names.arg = c("Alta","Media","Baja"),axes = T,xlim=c(0,900),border = 0,main = "Puntaje en
examen de admisión",sub = "Género femenino")
barplot(c(length(ANTES_ID$TR1)+length(ANTES_CH$TR1),length(DESPUES_ID$TR1)+length(DE
SPUES_CH$TR1)),col = c("cadetblue3","coral2"),names.arg=c("Antes","Despues"),border =
0,main="Graduados")

Puntaje=c("ALTO","ALTO","ALTO","ALTO","MEDIO","MEDIO","MEDIO","MEDIO","BAJO","BAJO
","BAJO","BAJO")
Genero=c("M","M","FEM","FEM","M","M","FEM","FEM","M","M","FEM","FEM")
Colegio=c("Público","privado","Público","privado","Público","privado","Público","privado","Pú
blico","privado","Público","privado")
t=c(length(M_A_PU[1]$TR1),length(M_A_PR[1]$TR1),length(FEM_A_PU[1]$TR1),length(FEM_
A_PR[1]$TR1),

length(M_M_PU[1]$TR1),length(M_M_PR[1]$TR1),length(FEM_M_PU[1]$TR1),length(FEM_M
_PR[1]$TR1),

length(M_B_PU[1]$TR1),length(M_B_PR[1]$TR1),length(FEM_B_PU[1]$TR1),length(FEM_B_PR
[1]$TR1))
#BARPLOTS
DF=data.frame(Puntaje,Genero,Colegio,t)
par(mfrow=c(1,2))
ggplot(DF,aes(x=Colegio,y=t,fill=Puntaje))+geom_bar(stat='identity', position='dodge')

t=c(length(ANTES_ID[1]$TR1)/(length(ANTES_ID[1]$TR1)+length(ANTES_CH[1]$TR1)),length(A
NTES_CH[1]$TR1)/(length(ANTES_ID[1]$TR1)+length(ANTES_CH[1]$TR1)),length(DESPUES_ID[
1]$TR1)/(length(DESPUES_ID[1]$TR1)+length(DESPUES_CH[1]$TR1)),length(DESPUES_CH[1]$T
R1)/(length(DESPUES_ID[1]$TR1)+length(DESPUES_CH[1]$TR1)))
t=c(length(ANTES_ID[1]$TR1),length(ANTES_CH[1]$TR1),length(DESPUES_ID[1]$TR1),length(D
ESPUES_CH[1]$TR1))
par(mfrow=c(1,2))

```

```
pie(x =c( t[1],t[2]),labels =c("ID","HC"),col = c("cadetblue3","coral2"),lty = 0,main = "ANTES")
pie(x =c( t[3],t[4]),labels =c("ID","HC"),col = c("cadetblue3","coral2"),lty = 0,main = "DESPUES")
#GRAFICAS DE AVANCE POR LOS PERIODOS TRANSITORIOS
```

```
plot(Tij_F_A_PR[1,],type = "b",lty=2,pch=1,col="blue",main = "Perfil colegio
privado",xlab="estados transitorios",ylab="N periodos",sub="Género femenino")
points(Tij_F_M_PR[1,], type="b", lty=2, pch=1, col="red")
lines(Tij_F_B_PR[1,], type="b", lty=2, pch=1, col="green")
legend(x = "topleft",legend = c("F_A_PR","F_M_PR","F_B_PR"),fill =c("blue","red","green"),bty
= "n",x.intersp = .1,y.intersp = .5,cex = .6)
```

```
plot(Tij_M_A_PR[1,],type = "b",lty=2,pch=1,col="blue",main = "Perfil colegio
privado",xlab="estados transitorios",ylab="N periodos",sub = "Género masculino" )
points(Tij_M_M_PR[1,], type="b", lty=2, pch=1, col="red")
lines(Tij_F_M_PR[1,], type="b", lty=2, pch=1, col="green")
legend(x = "topleft",legend = c("M_A_PR","M_M_PR","M_B_PR"),fill
=c("blue","red","green"),bty = "n",x.intersp = .1,y.intersp = .5,cex = .6)
```

```
plot(Tij_F_A_PU[1,],type = "b",lty=2,pch=1,col="blue",main = "Perfil colegio
público",xlab="estados transitorios",ylab="N periodos" )
points(Tij_F_M_PU[1,], type="b", lty=2, pch=1, col="red")
lines(Tij_F_B_PU[1,], type="b", lty=2, pch=1, col="green")
legend(x = "topleft",legend = c("F_A_PU","F_M_PU","F_B_PU"),fill =c("blue","red","green"),bty
= "n",x.intersp = .1,y.intersp = .5,cex = .6)
```

```
plot(Tij_M_A_PU[1,],type = "b",lty=2,pch=1,col="blue",main = "Perfil colegio
público",xlab="estados transitorios",ylab="N periodos" )
points(Tij_M_M_PU[1,], type="b", lty=2, pch=1, col="red")
lines(Tij_F_M_PU[1,], type="b", lty=2, pch=1, col="green")
legend(x = "topleft",legend = c("M_A_PU","M_M_PU","M_B_PU"),fill
=c("blue","red","green"),bty = "n",x.intersp = .1,y.intersp = .5,cex = .6)
```

```
par(mfrow=c(1,2))
```

```
plot(Pabs_F_A_PR[2],type = "l",lty=1,pch=1,col="darkred",xlab="estados transitorios",ylab="N
periodos" )
points(Pabs_F_A_PU[2], type="l", lty=1, pch=1, col="red")
points(Pabs_F_M_PR[2], type="l", lty=1, pch=1, col="green")
points(Pabs_F_M_PU[2], type="l", lty=1, pch=1, col="lightgreen")
points(Pabs_F_B_PR[2], type="l", lty=1, pch=1, col="darkblue")
points(Pabs_F_B_PU[2], type="l", lty=1, pch=1, col="lightblue")
legend(x = "bottomright",legend =
c("M_A_PR","M_A_PU","M_M_PR","M_M_PU","M_B_PR","M_B_PU"),
fill =c("darkred","red","green","lightgreen","darkblue","lightblue"),bty = "n",x.intersp =
.1,y.intersp = .5,cex = .6)
```

```
plot(Pabs_M_A_PR[2],type = "l",lty=1,pch=1,col="darkred",xlab="estados
transitorios",ylab="N periodos" )
points(Pabs_M_A_PU[2], type="l", lty=1, pch=1, col="red")
points(Pabs_M_M_PR[2], type="l", lty=1, pch=1, col="green")
points(Pabs_M_M_PU[2], type="l", lty=1, pch=1, col="lightgreen")
points(Pabs_M_B_PR[2], type="l", lty=1, pch=1, col="darkblue")
points(Pabs_M_B_PU[2], type="l", lty=1, pch=1, col="lightblue")
```

```

legend(x = "bottomright",legend =
c("F_A_PR","F_A_PU","F_M_PR","F_M_PU","F_B_PR","F_B_PU"),
      fill =c("darkred","red","green","lightgreen","darkblue","lightblue"),bty = "n",x.intersp =
.1,y.intersp = .5,cex = .6)

```

```

par(mfrow=c(1,2))
plot(Pabs_ANTES_PR[,2],type = "l",lty=1,pch=1,col="blue",xlab="estados transitorios",ylab="N
periodos" )
points(Pabs_DESPUES_PR[,2], type="l", lty=1, pch=1, col="red")
points(Pabs_ANTES_PU[,2], type="l", lty=1, pch=1, col="orange")
points(Pabs_DESPUES_PU[,2], type="l", lty=1, pch=1, col="green")
legend(x = "bottomright",legend =
c("ANTES_PR","DESPUES_PR","ANTES_PU","DESPUES_PU"),fill
=c("blue","red","orange","green"),bty = "n",x.intersp = .1,y.intersp = .5,cex = .6)

```

```

#-----

```

```

#prueba de homogeneidad
C2009I=set_datos_PR
C2009I=filtro(C2009I,C2009I$COHORTE,"2009I")
C2009I=limpiar(C2009I,6)
C2009I=vector_cohorte(C2009I,C2009I$TR1)

```

```

C2009II=set_datos_PR
C2009II=filtro(C2009II,C2009II$COHORTE,"2009II")
C2009II=limpiar(C2009II,6)
C2009II=vector_cohorte(C2009II,C2009II$TR1)

```

```

C2010I=set_datos_PR
C2010I=filtro(C2010I,C2010I$COHORTE,"2010I")
C2010I=limpiar(C2010I,6)
C2010I=vector_cohorte(C2010I,C2010I$TR1)

```

```

C2010II=set_datos_PR
C2010II=filtro(C2010II,C2010II$COHORTE,"2010II")
C2010II=limpiar(C2010II,6)
C2010II=vector_cohorte(C2010II,C2010II$TR1)

```

```

C2011I=set_datos_PR
C2011I=filtro(C2011I,C2011I$COHORTE,"2011I")
C2011I=limpiar(C2011I,6)
C2011I=vector_cohorte(C2011I,C2011I$TR1)

```

```

C2011II=set_datos_PR
C2011II=filtro(C2011II,C2011II$COHORTE,"2011II")
C2011II=limpiar(C2011II,6)
C2011II=vector_cohorte(C2011II,C2011II$TR1)

```

```

C2012I=set_datos_PR
C2012I=filtro(C2012I,C2012I$COHORTE,"2012I")
C2012I=limpiar(C2012I,6)
C2012I=vector_cohorte(C2012I,C2012I$TR1)

```

```

C2012II=set_datos_PR
C2012II=filtro(C2012II,C2012II$COHORTE,"2012II")
C2012II=limpiar(C2012II,6)
C2012II=vector_cohorte(C2012II,C2012II$TR1)

```

```

C2013I=set_datos_PR
C2013I=filtro(C2013I,C2013I$COHORTE,"2013I")
C2013I=limpiar(C2013I,6)
C2013I=vector_cohorte(C2013I,C2013I$TR1)

```

```

C2013II=set_datos_PR
C2013II=filtro(C2013II,C2013II$COHORTE,"2013II")
C2013II=limpiar(C2013II,6)
C2013II=vector_cohorte(C2013II,C2013II$TR1)

```

```

C2014I=set_datos_PR
C2014I=filtro(C2014I,C2014I$COHORTE,"2014I")
C2014I=limpiar(C2014I,6)
C2014I=vector_cohorte(C2014I,C2014I$TR1)

```

```

C2014II=set_datos_PR
C2014II=filtro(C2014II,C2014II$COHORTE,"2014II")
C2014II=limpiar(C2014II,6)
C2014II=vector_cohorte(C2014II,C2014II$TR1)

```

```

C2015I=set_datos_PR
C2015I=filtro(C2015I,C2015I$COHORTE,"2015I")
C2015I=limpiar(C2015I,6)
C2015I=vector_cohorte(C2015I,C2015I$TR1)

```

```

C2015II=set_datos_PR
C2015II=filtro(C2015II,C2015II$COHORTE,"2015II")
C2015II=limpiar(C2015II,6)
C2015II=vector_cohorte(C2015II,C2015II$TR1)

```

```

resultados=matrix(c(1:26),byrow = T,nrow = 2)
row.names(resultados)=c("Qobs","Prob")
colnames(resultados)=estados
n=c()
for(i in
1:13){PRUEBA_CHI2=matrix(c(C2009I[i],C2009II[i],C2010I[i],C2010II[i],C2011I[i],C2011II[i],C2012I[i],C2012II[i],C2013I[i],C2013II[i],C2014I[i],C2014II[i],C2015I[i],C2015II[i]),nrow = 14,byrow = T);n=chisq.test(PRUEBA_CHI2);resultados[1,i]=n[[1]];
resultados[2,i]=n[[3]];print(n)}

```

```

resultados=round(resultados,3)#resultados de la prueba de homogeneidad

```

ANEXO 2

Segmentación de la población

Variables independientes			N
Genero	Masculino	M	558
	Femenino	F	1048
Puntuación en el examen de admisión	ALTA	A	229
	MEDIA	M	1215
	BAJA	B	192
Tipo de colegio del que egresa	PUBLICO	PU	1143
	PRIVADO	PR	489
Modalidad de grado	Incentiva la creación de productos de investigación y desarrollo	I+D	96
	Estimulan el desarrollo de habilidades específicas o la profundización de conocimientos	HC	530
Periodo de graduación y/o deserción	Antes de la implementación del acuerdo	ANTES	622
	Después de la implementación del acuerdo	DESPUES	530

ANEXO 3

Perfiles de estudiantes

CLASIFICACION	<ul style="list-style-type: none"> • Por características: Género_puntaje examen de admisión_tipo de colegio. • Temporal: Periodo de absorción. periodo de absorción_modalidad de grado. periodo de absorción_tipo de colegio. periodo de absorción_modalidad de grado_tipo de colegio. 	
Por características		12 perfiles
FEM_A_PU	femenino, puntuación alta, egresado de colegio público	
FEM_A_PR	femenino, puntuación alta, egresado de colegio privado	
FEM_M_PU	femenino, puntuación media, egresado de colegio público	
FEM_M_PR	femenino, puntuación media, egresado de colegio privado	
FEM_B_PU	femenino, puntuación baja, egresado de colegio público	
FEM_B_PR	femenino, puntuación baja, egresado de colegio privado	
M_A_PU	masculino, puntuación alta, egresado de colegio público	
M_A_PR	masculino, puntuación alta, egresado de colegio privado	
M_M_PU	masculino, puntuación media, egresado de colegio público	
M_M_PR	masculino, puntuación media, egresado de colegio privado	
M_B_PU	masculino, puntuación baja, egresado de colegio público	
M_B_PR	masculino, puntuación baja, egresado de colegio privado	
Temporal		18 Perfiles
ANTES	Graduado/desertor antes del periodo 2017-1	
DESPUES	Graduado/desertor después del periodo 2017-1	
ANTES_ID	Graduado antes del periodo 2017-1, tomando como modalidad de grado una que Incentiva la creación de productos de investigación y desarrollo	
ANTES_CH	Graduado antes del periodo 2017-1, tomando como modalidad de grado una que estimulan el desarrollo de habilidades específicas o la profundización de conocimientos	
DESPUES_ID	Graduado después del periodo 2017-1, tomando como modalidad de grado una que Incentiva la creación de productos de investigación y desarrollo	
DESPUES_CH	Graduado después del periodo 2017-1, tomando como modalidad de grado una que estimulan el desarrollo de habilidades específicas o la profundización de conocimientos	
ANTES_PR	Graduado/desertor COLEGIO PRIVADO antes del periodo 2017-1	
ANTES_PU	Graduado/desertor COLEGIO PÚBLICO antes del periodo 2017-1	
DESPUES_PR	Graduado/desertor COLEGIO PRIVADO después del periodo 2017-1	
DESPUES_PU	Graduado/desertor COLEGIO PÚBLICO después del periodo 2017-1	
ANTES_ID_PR	Graduado antes del periodo 2017-1, tomando como modalidad de grado una que Incentiva la creación de productos de investigación y desarrollo, procedente colegio privado.	
ANTES_ID_PU	Graduado antes del periodo 2017-1, tomando como modalidad de grado una que Incentiva la creación de productos de investigación y desarrollo, procedente colegio público.	

ANTES_CH_PR	Graduado antes del periodo 2017-1, tomando como modalidad de grado una que estimulan el desarrollo de habilidades especificas o la profundización de conocimientos, procedente colegio privado.
ANTES_CH_PU	Graduado antes del periodo 2017-1, tomando como modalidad de grado una que estimulan el desarrollo de habilidades especificas o la profundización de conocimientos, procedente colegio público.
DESPUES_ID_PR	Graduado después del periodo 2017-1, tomando como modalidad de grado una que Incentiva la creación de productos de investigación y desarrollo, procedente colegio privado.
DESPUES_ID_PU	Graduado después del periodo 2017-1, tomando como modalidad de grado una que Incentiva la creación de productos de investigación y desarrollo, procedente colegio público.
DESPUES_CH_PR	Graduado después del periodo 2017-1, tomando como modalidad de grado una que estimulan el desarrollo de habilidades especificas o la profundización de conocimientos, procedente colegio privado.
DESPUES_CH_PU	Graduado después del periodo 2017-1, tomando como modalidad de grado una que estimulan el desarrollo de habilidades especificas o la profundización de conocimientos, procedente colegio público.

ANEXO 4

TIEMPO DE ABSORCION PARTIENDO DESDE CADA PERIODO TRANSITORIO

	F_A_PU	F_A_PR	F_M_PU	F_M_PR	F_B_PU	F_B_PR
S1	12,271	11,818	10,72	10,612	8,798	10,124
S2	12,241	11,385	11,688	11,229	10,469	12,367
S3	10,945	11,105	10,947	10,533	9,761	10,868
S4	9,828	10,134	9,727	9,605	8,958	9,725
S5	8,908	8,623	9,101	8,797	8,173	8,44
S6	7,738	7,552	7,929	7,591	7,492	7,607
S7	6,827	6,587	6,907	6,456	6,884	6,44
S8	5,877	5,581	5,828	5,485	6,029	5,011
S9	5,006	4,873	4,791	4,475	5,159	4,583
S10	3,92	3,786	3,629	3,524	4,002	3,25
SC	1,953	1,905	1,718	1,859	2,066	1,667
	M_A_PU	M_A_PR	M_M_PU	M_M_PR	M_B_PU	M_B_PR
S1	10,307	10,556	9,953	9,279	8,532	7,449
S2	10,965	11,744	11,645	11,343	10,251	9,455
S3	10,593	10,464	10,937	10,611	9,868	9,538
S4	9,402	9,708	9,856	9,454	9,751	8,094
S5	8,735	9,146	9,021	8,734	9,11	7,65
S6	7,761	8,436	7,916	7,663	7,714	8,113
S7	6,725	7,335	7,177	7,068	6,953	6,796
S8	5,744	6,363	6,01	5,941	5,738	5,95
S9	5,163	5,366	5,096	4,979	4,772	4,823
S10	4,065	4,336	3,944	3,847	3,665	3,712
SC	1,842	1,931	1,815	1,848	1,499	1,333
	ANTES	DESPUES	ANTES_ID	ANTES_CH	DESPUES_ID	DESPUES_CH
S1	4,491	12,967	13,198	13,738	12,957	13,691
S2	7,914	12,049	12,198	12,78	12,227	12,778
S3	8,056	10,737	10,961	11,394	11,049	11,612
S4	7,473	9,478	9,743	10,063	9,737	10,363
S5	7,549	8,557	8,68	8,95	8,589	9,087
S6	6,896	7,486	7,592	7,842	7,473	7,871
S7	6,67	6,667	6,556	6,747	6,327	6,748
S8	5,687	5,622	5,659	5,792	5,364	5,735
S9	4,894	4,727	4,786	4,977	4,532	4,776
S10	3,856	3,602	3,761	3,9	3,453	3,613
SC	1,669	1,859	1,805	1,618	1,733	1,873
	ANTES_PR	ANTES_PU	DESPUES_PR	DESPUES_PU	ANTES_ID_PR	ANTES_ID_PU
S1	5,01	4,326	12,963	13,005	13,229	13,19
S2	8,676	7,699	12,059	12,083	12,229	12,19
S3	8,566	7,989	10,792	10,724	11,122	10,854
S4	7,94	7,436	9,535	9,475	9,754	9,732
S5	8,093	7,52	8,451	8,62	8,658	8,707

S6	7,462	6,882	7,522	7,499	7,704	7,502
S7	6,669	6,673	6,572	6,709	6,746	6,411
S8	5,668	5,693	5,581	5,641	5,789	5,555
S9	4,799	4,947	4,625	4,777	4,917	4,691
S10	3,836	3,87	3,574	3,615	3,854	3,691
SC	1,706	1,647	1,916	1,832	1,883	1,736
	ANTES_CH_PR	ANTES_CH_PU	DESPUES_ID_PR	DESPUES_ID_PU	DESPUES_CH_PR	DESPUES_CH_PU
S1	13,256	14,039	11,846	13,404	13,537	13,792
S2	12,365	13,039	11,18	12,663	12,642	12,861
S3	11,052	11,598	9,957	11,499	11,496	11,701
S4	9,815	10,215	8,803	10,142	10,265	10,442
S5	8,749	9,078	7,872	8,888	8,986	9,161
S6	7,66	7,952	6,851	7,764	7,802	7,905
S7	6,636	6,809	6,03	6,442	6,715	6,764
S8	5,669	5,856	5,196	5,442	5,738	5,742
S9	4,859	5,035	4,201	4,685	4,723	4,81
S10	3,83	3,934	3,201	3,56	3,619	3,618
SC	1,618	1,618	1,77	1,718	1,934	1,848

ANEXO 5

PROBABILIDADES DE ABSORCION PARTIENDO DESDE CADA ESTADO TRANSITORIO.

	F_A_PU		F_A_PR		F_M_PU		F_M_PR		F_B_PU		F_B_PR	
	D	G	D	G	D	G	D	G	D	G	D	G
S1	0,127	0,871	0,115	0,889	0,317	0,684	0,289	0,708	0,513	0,485	0,285	0,715
S2	0,052	0,947	0,109	0,895	0,183	0,819	0,173	0,826	0,35	0,649	0	1
S3	0,052	0,947	0,034	0,969	0,143	0,86	0,124	0,875	0,31	0,69	0	1
S4	0,053	0,946	0	1,002	0,131	0,873	0,084	0,916	0,262	0,738	0	1
S5	0,027	0,972	0	1,002	0,065	0,938	0,05	0,95	0,193	0,807	0	1
S6	0,029	0,97	0	1,002	0,049	0,954	0,039	0,961	0,103	0,897	0	1
S7	0	1	0	1,002	0,016	0,987	0,026	0,974	0	1	0	1
S8	0	1	0	1,002	0,017	0,986	0,028	0,972	0	1	0	1
S9	0	1	0	1,002	0,007	0,996	0,014	0,986	0	1	0	1
S10	0	1	0	1,002	0	1,002	0	1	0	1	0	1
SC	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
	M_A_PU		M_A_PR		M_M_PU		M_M_PR		M_B_PU		M_B_PR	
	D	G	D	G	D	G	D	G	D	G	D	G
S1	0,419	0,582	0,345	0,651	0,441	0,559	0,474	0,523	0,571	0,43	0,663	0,335
S2	0,325	0,677	0,194	0,8	0,27	0,73	0,273	0,723	0,414	0,587	0,509	0,49
S3	0,248	0,753	0,18	0,816	0,22	0,78	0,224	0,772	0,341	0,662	0,417	0,581
S4	0,221	0,781	0,125	0,872	0,18	0,82	0,199	0,798	0,227	0,775	0,389	0,61
S5	0,146	0,857	0,047	0,95	0,127	0,873	0,135	0,862	0,129	0,871	0,266	0,732
S6	0,092	0,911	0	0,997	0,087	0,913	0,11	0,887	0,108	0,892	0	1
S7	0,071	0,931	0	0,997	0,012	0,988	0,029	0,966	0,031	0,969	0	1
S8	0,079	0,922	0	0,997	0,014	0,986	0,03	0,966	0,032	0,968	0	1
S9	0,033	0,967	0	0,997	0	1	0,023	0,973	0	1	0	1
S10	0	1	0	0,997	0	1	0	0,997	0	1	0	1
SC	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
	ANTES		DESPUES		ANTES_ID		ANTES_CH		DESPUES_ID		DESPUES_CH	
	D	G	D	G	D	G	D	G	D	G	D	G
S1	0,807	0,193	0,177	0,823	0	0,996	0	1,001	0	1,003	0,003	0,995
S2	0,549	0,45	0,177	0,823	0	0,996	0	1,001	0	1,003	0,003	0,995
S3	0,439	0,559	0,175	0,825	0	0,996	0	1,003	0	1,003	0,003	0,995
S4	0,36	0,64	0,159	0,841	0	0,998	0	1,003	0	1,003	0,003	0,994
S5	0,222	0,778	0,113	0,887	0	0,998	0	1,003	0	1,003	0,003	0,996
S6	0,151	0,848	0,083	0,917	0	0,998	0	1,003	0	1,002	0,003	0,997
S7	0,016	0,982	0,026	0,974	0	0,998	0	1,003	0	1,002	0,003	0,997
S8	0,018	0,981	0,028	0,972	0	0,998	0	1,003	0	1,002	0,003	0,996
S9	0,007	0,991	0,01	0,99	0	0,998	0	1,003	0	1,002	0	0,998
S10	0	0,997	0	1	0	0,998	0	1,003	0	1,002	0	0,998
SC	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1

	ANTES_PR		ANTES_PU		DESPUES_PR		DESPUES_PU		ANTES_ID_PR		ANTES_ID_PU	
	D	G	D	G	D	G	D	G	D	G	D	G
S1	0,757	0,243	0,821	0,179	0,13	0,871	0,193	0,806	0	0,999	0	1
S2	0,455	0,545	0,576	0,425	0,131	0,87	0,193	0,807	0	0,999	0	1
S3	0,353	0,648	0,459	0,54	0,125	0,876	0,194	0,804	0	0,999	0	1
S4	0,268	0,731	0,377	0,622	0,12	0,881	0,175	0,825	0	0,999	0	1
S5	0,116	0,884	0,239	0,759	0,092	0,909	0,12	0,88	0	0,999	0	1
S6	0,055	0,945	0,159	0,838	0,056	0,945	0,092	0,908	0	0,999	0	1
S7	0,015	0,986	0,018	0,981	0,028	0,973	0,026	0,974	0	0,999	0	1
S8	0,014	0,986	0,021	0,977	0,031	0,97	0,028	0,972	0	0,999	0	1
S9	0,02	0,98	0	0,997	0,015	0,985	0,008	0,992	0	1	0	1
S10	0	1	0	0,997	0	1	0	1	0	1	0	1
SC	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
	ANTES_CH_PR		ANTES_CH_PU		DESPUES_ID_PR		DESPUES_ID_PU		DESPUES_ID_PR		DESPUES_ID_PU	
	D	G	D	G	D	G	D	G	D	G	D	G
S1	0	0,999	0	1,003	0	1	0	0,998	0	1	0	0,998
S2	0	0,999	0	1,003	0	1	0	0,999	0	1	0	0,999
S3	0	1	0	1,003	0	1	0	0,999	0	1	0	0,999
S4	0	1	0	1,003	0	1	0	1	0	1	0	1
S5	0	1	0	1,003	0	1	0	1	0	1	0	1
S6	0	1	0	1,002	0	0,999	0	1	0	0,999	0	1
S7	0	1	0	1,001	0	0,999	0	1	0	0,999	0	1
S8	0	1	0	1	0	0,999	0	1	0	0,999	0	1
S9	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
S10	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
SC	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1