

Robustez de la permanencia estudiantil frente al riesgo académico temprano: un marco de escenarios

Student Persistence Robustness to Early Academic Risk: A Scenario-Based Framework

Edwin Alexander Aguilar Sánchez

eaaguilar@utmachala.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0009-3581-9474>

**Universidad Técnica de Machala. Machala,
Ecuador**

Jessica Priscila Yungaicela Jiménez

jyungaicela@utmachala.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0004-4289-0838>

**Universidad Técnica de Machala. Machala,
Ecuador**

Liana Carola Sánchez Cabrera

lcsanchez@utmachala.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-1867-0876>

**Universidad Técnica de Machala. Machala,
Ecuador**

Gloria Estefany Villacres Arias

glorita2704@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-0238-8681>

**Universidad Técnica de Machala. Machala,
Ecuador**

Artículo recibido: 16 de febrero 2026 | arbitrado: 18 de marzo 2026 | aceptado: 15 de abril 2026 | Publicado: 07 de mayo 2026

Resumen

El objetivo es proponer y demostrar un marco para evaluar la robustez de la permanencia estudiantil frente a factores tempranos de riesgo académico en educación superior. La investigación es de tipo aplicada y enfoque cualitativo, con diseño de estudio de caso instrumental; la técnica es la prueba de estrés basada en análisis de escenarios, operada por un panel de expertos, y los instrumentos son un lienzo de retención de nueve componentes, un mapa de robustez codificado por colores y tres índices propios de robustez. Los resultados de una aplicación ilustrativa indican que la integración académica y el compromiso con las metas son los componentes más frágiles, mientras que la reprobación de cursos puerta y la presión financiera sostenida son los factores más severos; el índice global de robustez resultó intermedio. Se concluye que el marco aporta un diagnóstico estructural que complementa a los sistemas de alerta temprana y orienta el rediseño de los servicios de apoyo institucional.

Palabras clave: Alerta temprana; Análisis de escenarios; Educación superior; Permanencia estudiantil; Riesgo académico temprano; Robustez.

Abstract

This study develops and validates a framework to assess the robustness of student persistence relative to early academic risk factors in higher education. Adopting an applied qualitative approach and an instrumental case study design, the research utilizes scenario-based stress testing conducted by an expert panel. The assessment incorporates a nine-component retention canvas, a color-coded robustness map, and three proprietary robustness indices. Findings from an illustrative application indicate that academic integration and goal commitment are the most vulnerable components, while gateway course failure and sustained financial pressure represent the most severe risk factors. The resulting global robustness index was intermediate. Ultimately, the framework provides a structural diagnosis that complements existing early warning systems and informs the strategic redesign of institutional support services.

Keywords: Student persistence; Scenario analysis; Robustness; Early academic risk; Early warning; Higher education.

INTRODUCCIÓN

La permanencia estudiantil, entendida como la capacidad de un estudiante para continuar matriculado, progresar académicamente y avanzar de manera ininterrumpida hacia la obtención de su titulación, se ha consolidado como un indicador central y estratégico para medir la calidad, la equidad y la eficiencia de los sistemas de educación superior a nivel global. El fenómeno del abandono universitario, especialmente cuando ocurre de forma prematura durante el crítico primer año de estudios, genera profundas y múltiples pérdidas que trascienden el ámbito estrictamente académico.

A nivel individual, frustra proyectos de vida, afecta la autoestima y genera costos de oportunidad significativos para el estudiante; a nivel institucional, deteriora los indicadores de gestión, afecta la sostenibilidad financiera y cuestiona la pertinencia de los modelos pedagógicos; y a nivel social, reduce el retorno de la inversión pública en educación y perpetúa ciclos de desigualdad, limitando el desarrollo socioeconómico de los países (Behr et al., 2020; Tinto, 1993).

En el contexto específico de América Latina y el Caribe, donde el acceso a la educación superior ha experimentado un marcado proceso de masificación y diversificación en las últimas décadas, comprender por qué, cómo y dónde fallan los mecanismos institucionales de retención se ha vuelto una prioridad ineludible de la gestión académica y las políticas públicas. La región enfrenta el doble desafío de ampliar la cobertura y, simultáneamente, garantizar trayectorias educativas exitosas para una población estudiantil cada vez más heterogénea, que a menudo ingresa con marcadas brechas en su preparación académica previa y con condiciones socioeconómicas vulnerables (Munizaga et al., 2018).

La investigación clásica en el campo de la educación superior ha modelado el abandono no como un evento aislado, sino como el resultado final de un proceso longitudinal y acumulativo de integración o desintegración, tanto en el plano académico como en el social. Spady (1970) fue pionero al iniciar el estudio sistemático y sociológico de este fenómeno, sentando las bases para que posteriormente Tinto (1975, 1993) lo consolidara de manera magistral en su Modelo de Integración del Estudiante.

El postulado central de la teoría de Tinto radica en que la persistencia estudiantil depende intrínsecamente del grado de congruencia y de la calidad de la integración académica y social que el estudiante logra establecer con la institución. Esta integración está fuertemente mediada por el compromiso previo e iterativo del estudiante con sus metas educativas y con la institución misma, siendo el primer año de estudios el período de mayor vulnerabilidad y, por ende, el más crítico para la intervención.

Aportando una perspectiva complementaria y fundamental para comprender la realidad de estudiantes con perfiles diversos, Bean (1980) y Bean y Metzner (1985) desarrollaron modelos que subrayan el peso determinante de las actitudes individuales y, sobre todo, de los factores ambientales y externos a la universidad —tales como las responsabilidades laborales, las obligaciones familiares y las presiones financieras—. Estos elementos ambientales resultan ser decisivos y, a menudo, determinantes principales en la decisión de abandono para los denominados estudiantes no tradicionales. En un esfuerzo de síntesis teórica, Cabrera et al. (1993) lograron fusionar ambas tradiciones investigativas en un modelo integrado robusto.

En este modelo comprensivo, la persistencia emerge como el resultado de una compleja red de interacciones entre el rendimiento académico, la integración social, el compromiso institucional, el apoyo del entorno cercano y la disponibilidad de recursos financieros. Esta visión integrada está en plena sintonía con la influyente teoría de la implicación formulada por Astin (1984), así como con la vasta evidencia empírica que señala al compromiso estudiantil (student engagement) como uno de los predictores más potentes del éxito universitario (Kuh et al., 2008; Pascarella y Terenzini, 2005).

La traducción operativa y tecnológica de estos robustos modelos teóricos ha dado lugar, en la última década, a una intensa y prolífica actividad en los campos emergentes de la analítica del aprendizaje (learning analytics) y la minería de datos educativos (educational data mining) (Romero y Ventura, 2020). En este escenario, los sistemas de alerta temprana (early warning systems) han cobrado gran protagonismo.

Estos sistemas buscan identificar lo antes posible, idealmente durante las primeras semanas críticas del semestre inicial, a los estudiantes que se encuentran en situación de riesgo académico. Para ello, procesan y analizan múltiples señales y huellas digitales, tales como el rendimiento en las primeras evaluaciones formativas, los patrones de asistencia, el nivel de interactividad en los entornos virtuales de aprendizaje (LMS) y los resultados obtenidos en cursos fundamentales o "cursos puerta" (Akçapınar et al., 2019; Arnold y Pistilli, 2012; Bañeres et al., 2020).

La aplicación de esta técnica de prueba de estrés posee tres propiedades analíticas altamente atractivas y pertinentes para abordar el complejo problema de la retención estudiantil en la educación superior: en primer lugar, evalúa de manera explícita y directa la robustez del sistema; en segundo lugar, es de naturaleza estructural, ya que examina los componentes del modelo y sus interrelaciones sistémicas, en lugar de centrarse en individuos aislados; y en tercer lugar, es eminentemente diagnóstica y está orientada a la acción y al rediseño institucional. Precisamente, estas son las tres propiedades que se encuentran ausentes en los enfoques puramente predictivos basados en algoritmos.

A pesar de la abrumadora abundancia de literatura científica sobre la predicción del abandono universitario y sobre las metodologías de análisis de escenarios en otros campos, hasta la fecha no se ha localizado en la literatura especializada un marco conceptual y metodológico que aplique de manera sistemática la lógica de la prueba de estrés de robustez a la permanencia estudiantil. Es decir, un marco que trate al dispositivo institucional de retención como el objeto central de análisis, sometiéndolo a estrés frente a factores tempranos de riesgo académico.

El presente artículo se propone cubrir de manera rigurosa este vacío en la literatura. El objetivo general de esta investigación es proponer y demostrar la aplicabilidad de un marco metodológico, basado en el análisis de escenarios, para evaluar la robustez de la permanencia estudiantil en instituciones de educación superior. Para alcanzar este propósito, se han delineado los siguientes objetivos específicos: (a) formular teóricamente un lienzo de retención estructurado

que actúe como el objeto de análisis de la prueba; (b) extender la prueba de estrés, tradicionalmente cualitativa, mediante la incorporación de índices cuantitativos propios de robustez; y (c) demostrar la viabilidad y utilidad del procedimiento mediante una aplicación ilustrativa detallada en un contexto universitario real.

La justificación de este estudio es doble. En el plano teórico, logra operacionalizar décadas de consolidada teoría de la integración estudiantil en un instrumento analítico manipulable y evaluable. En el plano práctico y de gestión, ofrece a las instituciones de educación superior, especialmente a aquellas que operan en contextos latinoamericanos y que pueden contar con recursos analíticos o tecnológicos limitados, un instrumento de diagnóstico estructural de bajo costo de implementación. Este instrumento está diseñado para complementar, potenciar y sinergizar, sin pretender sustituir, a los sistemas predictivos de alerta temprana existentes.

Las preguntas de investigación que guían y estructuran el presente estudio son las siguientes: ¿De qué manera se puede adaptar rigurosamente la metodología de prueba de estrés al ámbito de la permanencia estudiantil? ¿Qué componentes del modelo de retención resultan ser los más frágiles y qué factores de riesgo se revelan como los más severos al aplicar el marco en un escenario ilustrativo? Y finalmente, ¿cómo se articula y complementa este diagnóstico estructural de robustez con los sistemas de alerta temprana basados en datos?

MÉTODO

La presente investigación se enmarca dentro de un enfoque cualitativo de tipo aplicado, estando fundamentalmente orientada al diseño, desarrollo y demostración de un artefacto metodológico innovador para la gestión académica. El diseño metodológico adoptado corresponde a un estudio de caso de tipo instrumental. En este contexto, el "caso" seleccionado, que consiste en una cohorte hipotética pero representativa de estudiantes de primer año de una universidad pública ecuatoriana, no se estudia por su interés intrínseco o particular, sino que cumple la función instrumental de iluminar, probar y demostrar el funcionamiento operativo y la validez del marco metodológico propuesto. Es fundamental subrayar que, a

diferencia de la mayoría de los estudios sobre deserción, la unidad de análisis en esta investigación no es el estudiante a nivel individual, sino el modelo o dispositivo institucional de retención en su conjunto.

La técnica es la prueba de estrés basada en análisis de escenarios, organizada en siete pasos (Figura 1), y los instrumentos son un lienzo de retención, una tabla de factores y escenarios, un mapa de robustez codificado por colores y tres índices de robustez.

Figura 1. Procedimiento de evaluación de robustez de la permanencia estudiantil (siete pasos)



Para la aplicación de la prueba de estrés, se conformó un panel de expertos que replicó cuidadosamente la organización de roles sugerida en la literatura original sobre pruebas de estrés de modelos de negocio (Haaker et al., 2017). Este panel integró tres funciones críticas y complementarias:

1. El equipo académico del programa, compuesto por coordinadores de carrera y docentes experimentados de primer año, cuya función principal fue describir detalladamente la realidad operativa del modelo de retención actual.

2. Las fuentes de los factores de estrés, representadas por profesionales de las unidades de bienestar estudiantil y especialistas en analítica institucional, quienes aportaron el conocimiento basado en datos sobre las señales tempranas de riesgo y los perfiles de vulnerabilidad del estudiantado.

3. Un facilitador experto en la metodología, encargado de guiar sistemáticamente la construcción del mapa de robustez, moderar las discusiones para la asignación de impactos, buscar consensos y registrar formalmente los acuerdos alcanzados.

La técnica central empleada es la prueba de estrés basada en el análisis de escenarios, la cual se organizó rigurosamente en una secuencia de siete pasos lógicos y progresivos. Los instrumentos desarrollados y utilizados durante este proceso incluyeron: un lienzo de retención de nueve componentes, una matriz detallada de factores y escenarios de riesgo, un mapa de robustez codificado por colores para facilitar la visualización diagnóstica, y un conjunto de tres índices matemáticos de robustez creados específicamente para este estudio.

Componente	Dimensión	Descripción	Anclaje teórico
C1. Integración académica	Académica	Ajuste del estudiante al trabajo académico: rendimiento, hábitos de estudio y participación.	<i>Tinto (1975, 1993)</i>
C2. Preparación de entrada	Académica	Competencias y conocimientos previos con que el estudiante ingresa al programa.	<i>Astin (1984); Pascarella y Terenzini (2005)</i>
C3. Interacción con docentes	Académica	Retroalimentación, tutoría y contacto informal estudiante-docente.	<i>Kuh et al. (2008); Tinto (1993)</i>
C4. Integración social y pertenencia	Psicosocial	Vínculos con pares y sentido de pertenencia a la comunidad universitaria.	<i>Tinto (1975); Tierney (1992)</i>
C5. Compromiso con las metas	Psicosocial	Claridad vocacional y motivación para alcanzar el título.	<i>Tinto (1975); Bean (1980)</i>
C6. Compromiso institucional	Psicosocial	Identificación y lealtad del estudiante hacia la institución.	<i>Cabrera et al. (1993)</i>
C7. Servicios de apoyo institucional	Apoyo	Tutorías, nivelación, consejería y alerta temprana de la institución.	<i>Braxton et al. (2004)</i>
C8. Soporte externo (familiar/laboral)	Apoyo	Apoyo del entorno familiar, laboral y comunitario del estudiante.	<i>Bean y Metzner (1985)</i>
C9. Viabilidad financiera	Apoyo	Capacidad de sostener los costos directos e indirectos de los estudios.	<i>Cabrera et al. (1993)</i>

La aplicación de cualquier prueba de estrés exige, como condición sine qua non, contar con un objeto de análisis claramente definido y delimitado. Para el ámbito de la retención universitaria, se diseñó y propuso un "lienzo de retención" estructurado en nueve componentes fundamentales. Estos componentes se organizaron lógicamente en tres dimensiones principales, académica, psicosocial y de apoyo o recursos, las cuales fueron derivadas directamente de la síntesis de los modelos teóricos integrados más reconocidos en la literatura (Astin, 1984; Bean y Metzner, 1985; Cabrera et al., 1993; Tinto, 1975).

- La dimensión académica agrupa tres componentes: la integración académica (C1), que refiere al ajuste del estudiante a las exigencias del trabajo universitario; la preparación de entrada (C2), que evalúa las competencias previas al ingreso; y la interacción con docentes (C3), que

abarca la retroalimentación y el contacto formal e informal.

- La dimensión psicosocial incluye: la integración social y el sentido de pertenencia (C4), relacionado con los vínculos entre pares; el compromiso con las metas (C5), que refleja la claridad vocacional; y el compromiso institucional (C6), que denota la identificación del estudiante con su universidad.

- Finalmente, la dimensión de apoyo comprende: los servicios de apoyo institucional (C7), tales como tutorías y nivelación; el soporte externo familiar o laboral (C8); y la viabilidad financiera (C9), que evalúa la capacidad de sostener los costos de los estudios.

Los factores de estrés se definieron como aquellas tendencias, eventos o incertidumbres que tienen el potencial de comprometer seriamente la viabilidad y el funcionamiento de los componentes

del lienzo. Para cumplir con el criterio de ser "tempranos", se estableció que estos factores debían ser claramente observables o medibles durante las primeras semanas del primer período académico, condición indispensable para que resulten accionables desde la gestión institucional. Cada factor identificado fue caracterizado mediante la construcción de dos escenarios contrastantes: un escenario moderado y un escenario adverso.

Esta construcción se basó en una revisión exhaustiva de la evidencia empírica reciente sobre sistemas de alerta temprana (Akçapınar et al., 2019; Arnold y Pistilli, 2012) y en los postulados de la teoría de la integración (Tinto, 1993). Se seleccionaron cinco factores críticos: reprobación en evaluaciones iniciales (F1), desconexión conductual en entornos virtuales (F2), reprobación de cursos puerta o fundamentales (F3), presión financiera sostenida (F4) y aislamiento o baja integración social (F5). Para la ejecución de la prueba de estrés, se utilizó deliberadamente el escenario adverso de cada factor, por ser este el que somete a verdadera tensión la viabilidad del modelo.

En esta fase, el panel de expertos procedió a mapear sistemáticamente las interrelaciones entre los nueve componentes del lienzo y los cinco factores de riesgo. El objetivo fue retener y analizar únicamente aquellas relaciones que resultaran causalmente plausibles en el contexto universitario, ya fuesen de naturaleza directa o indirecta. Este ejercicio de mapeo riguroso es fundamental para evitar la evaluación de relaciones espurias y para concentrar el esfuerzo analítico y la deliberación del panel en los puntos de tensión genuinos del sistema.

El mapa de robustez resultante se estructuró como una matriz bidimensional, donde las filas representan los nueve componentes del lienzo de retención y las columnas representan los cinco factores de riesgo operando bajo su escenario adverso. Para cada intersección (celda), el panel evaluó y registró el nivel de impacto del factor sobre la viabilidad del componente, utilizando una escala ordinal de cuatro niveles, codificada por colores para facilitar su interpretación visual:

- Crítico (marrón, código C, puntuación 0): indica que el componente deja de ser viable bajo ese escenario y exige un rediseño urgente.

- Vulnerable (amarillo, código V, puntuación 1): señala que el componente sigue siendo viable

pero su funcionamiento está seriamente comprometido, requiriendo revisión.

- Absorbido (celeste, código A, puntuación 2): el componente se ve afectado por el factor, pero el sistema logra absorber el impacto sin consecuencias negativas mayores.

- Robusto (gris, código R, puntuación 3): el componente no sufre afectación significativa ante el escenario adverso.

Con el propósito de transformar la evaluación cualitativa del panel en un diagnóstico comparable, auditable y susceptible de seguimiento longitudinal, se formularon matemáticamente tres índices basados en las puntuaciones de la escala de impacto.

1. El Índice de Robustez del Componente (IRC) evalúa la fortaleza promedio de cada componente frente al conjunto de factores de riesgo, permitiendo identificar los eslabones más débiles del modelo.

2. El Índice de Severidad del Factor (ISF) cuantifica el grado de amenaza que representa cada factor sobre el conjunto del sistema, identificando los riesgos más destructivos.

3. El Índice Global de Robustez (IRG) proporciona una métrica agregada (en una escala de 0 a 1) que resume la resiliencia total del modelo institucional, facilitando la comparación entre diferentes cohortes, sedes universitarias o momentos en el tiempo.

Finalmente, el análisis integral de estos índices y del mapa visual permitió al panel traducir el diagnóstico en un plan de acción concreto, priorizando las mejoras y los esfuerzos de rediseño institucional hacia los componentes más frágiles y frente a los factores de mayor severidad.

La elección de esta metodología innovadora, aún no estandarizada en el campo específico de la retención universitaria, se justifica plenamente por la ausencia de instrumentos en la literatura que permitan evaluar la robustez estructural del dispositivo institucional frente a escenarios de riesgo prospectivos. Mientras que los métodos predictivos tradicionales describen la probabilidad de fracaso del estudiante individual, este marco evalúa la capacidad de respuesta del modelo institucional.

No obstante, es imperativo explicitar las limitaciones inherentes a este diseño: el insumo principal de la prueba es el juicio estructurado y deliberativo de un panel de expertos, y no

mediciones empíricas directas sobre el comportamiento de los estudiantes; en consecuencia, los valores obtenidos tienen un carácter netamente diagnóstico y orientativo, no de medición objetiva absoluta. Asimismo, los resultados son sensibles a la composición y experiencia del panel, así como a la selección teórica de los componentes y factores. Por último, cabe señalar que el marco metodológico propuesto evalúa exclusivamente el impacto potencial de los escenarios adversos, independientemente de su probabilidad estadística de ocurrencia.

RESULTADOS

La aplicación práctica del marco metodológico siguió escrupulosamente los siete pasos descritos, permitiendo evaluar la robustez de la permanencia estudiantil ante escenarios de riesgo académico adverso en la cohorte hipotética.

El análisis detallado de la matriz revela que la "Integración académica" (C1) emerge indiscutiblemente como el componente más comprometido y vulnerable de todo el sistema. Este

componente presenta dos celdas evaluadas como críticas frente a la reprobación inicial (F1) y la reprobación de cursos puerta (F3), y carece por completo de celdas evaluadas como robustas. Este hallazgo revela de manera contundente que el núcleo estrictamente académico de la estrategia de retención es altamente sensible e inestable frente al riesgo académico temprano.

Por otro lado, los "Servicios de apoyo institucional" (C7) muestran un patrón muy particular de vulnerabilidad uniforme: no presentan ninguna celda crítica, pero tampoco logran alcanzar el nivel de robustez frente a ninguno de los factores de estrés evaluados. Esta característica, lejos de interpretarse meramente como una debilidad sistémica, identifica a este componente como la principal palanca estratégica de rediseño institucional; es el área que debe ser urgentemente reforzada y dotada de mayores recursos para que adquiera la capacidad de absorber y mitigar los impactos derivados de los demás riesgos.

Tabla 2. *Matriz de Resultados*

Factor	Naturaleza	Escenario moderado	Escenario adverso	Señal temprana
F1. Evaluaciones iniciales	Académica	Calificaciones marginales, cercanas al umbral de aprobación.	Reprobación en las primeras evaluaciones del período.	Notas de los primeros parciales.
F2. Compromiso conductual	Conductual	Descenso de la participación y de la actividad en el aula virtual.	Desconexión sostenida: baja o nula actividad en el LMS y ausencias.	Registros de acceso y entregas; asistencia.
F3. Cursos puerta	Académica	Dificultad en un curso fundamental.	Reprobación de varios cursos fundamentales del primer año.	Resultados en asignaturas de alta reprobación.
F4. Presión financiera	Ambiental	Tensión económica transitoria resuelta con apoyo puntual.	Dificultad económica sostenida con riesgo de retiro.	Mora; solicitudes de beca; horas de trabajo.
F5. Integración social	Psicosocial	Integración débil con pocos vínculos entre pares.	Aislamiento: ausencia de vínculos y bajo sentido de pertenencia.	Encuestas de pertenencia; participación.

El "Compromiso con las metas" (C5) también se revela como un componente estructuralmente frágil, presentando una celda crítica específica ante el impacto de la reprobación en cursos puerta (F3). Esto sugiere que los fracasos académicos iniciales tienen un efecto devastador no solo en el promedio de calificaciones, sino en la motivación profunda y la claridad vocacional del estudiante. En el extremo opuesto del espectro de resiliencia, el "Soporte externo (familiar/laboral)" (C8) y la "Preparación de entrada" (C2) se posicionan como los componentes más robustos en términos generales y agregados. No obstante, un análisis minucioso advierte que ambos esconden vulnerabilidades críticas puntuales frente a factores de riesgo específicos: la presión financiera (F4) en el caso del soporte externo, y la exigencia de los cursos puerta (F3) en el caso de la preparación de entrada.

Desde la perspectiva de los factores de riesgo, la "Reprobación de cursos puerta" (F3) se erige como el factor más severo y destructivo del modelo. Este factor es responsable de generar tres celdas críticas simultáneas (impactando a C1, C2 y C5).

Este dato empírico confirma que el fracaso en asignaturas fundamentales y de alta exigencia

inicial no constituye un problema pedagógico aislado o localizado, sino una amenaza transversal de gran magnitud que erosiona rápidamente la integración académica, expone de manera descarnada las carencias en la preparación previa del estudiante y, fundamentalmente, debilita su compromiso a largo plazo con las metas de titulación. La "Presión financiera sostenida" (F4) se ubica como el segundo factor más severo en la matriz, generando impactos críticos directos sobre la "Viabilidad financiera" (C9) y el "Soporte externo" (C8).

Por su parte, la "Reprobación en evaluaciones iniciales" (F1) y el "Aislamiento social" (F5) muestran niveles de severidad importantes, pero sus efectos destructivos se encuentran más focalizados en componentes específicos. Finalmente, la "Desconexión conductual" (F2) presenta la menor severidad agregada directa en el mapa de calor; sin embargo, el panel de expertos coincidió en que su importancia radica en que opera como una señal temprana o síntoma precursor de otros problemas subyacentes mucho más graves.

Tabla 3. Factores de Riesgo

Componente \ Factor	F1 Reprob. inicial	F2 Desconexión LMS	F3 Cursos puerta	F4 Presión financ.	F5 Aislamiento
C1. Integración académica	C	V	C	A	V
C2. Preparación de entrada	V	R	C	R	R
C3. Interacción con docentes	V	V	V	R	A
C4. Integración social y pertenencia	R	A	R	V	C
C5. Compromiso con las metas	V	A	C	V	A
C6. Compromiso institucional	R	A	V	V	V
C7. Servicios de apoyo institucional	V	V	V	V	A
C8. Soporte externo (familiar/laboral)	R	R	R	C	A
C9. Viabilidad financiera	R	R	V	C	R

La aplicación rigurosa de las fórmulas matemáticas diseñadas para este estudio sobre las puntuaciones del mapa permitió ordenar y jerarquizar cuantitativamente los hallazgos cualitativos del panel. El Índice Global de Robustez (IRG) calculado para el modelo institucional evaluado fue de 0,53 (en una escala normalizada de 0 a 1). Este valor intermedio describe

cuantitativamente un modelo de retención que no está en colapso inminente, pero que presenta vulnerabilidades significativas altamente concentradas en áreas específicas y que, por lo tanto, son susceptibles de ser abordadas mediante intervenciones estratégicas focalizadas y no mediante reformas sistémicas generalizadas.

Tabla 4. Mapa de Robustez

Elemento evaluado	Índice (0–1)	Lectura
Componentes Índice de Robustez del Componente (IRC), de menor a mayor		
C1. Integración académica	0,27	Muy frágil
C5. Compromiso con las metas	0,40	Frágil
C7. Servicios de apoyo institucional	0,40	Frágil (palanca)
C3. Interacción con docentes	0,53	Intermedia
C6. Compromiso institucional	0,53	Intermedia
C4. Integración social y pertenencia	0,60	Intermedia
C2. Preparación de entrada	0,67	Robusta
C9. Viabilidad financiera	0,67	Robusta
C8. Soporte externo (familiar/laboral)	0,73	Más robusta
Factores Índice de Severidad del Factor (ISF), de mayor a menor		
F3. Reprobación de cursos puerta	0,63	Severidad máxima
F4. Presión financiera sostenida	0,56	Severidad alta
F1. Reprobación en evaluaciones iniciales	0,41	Severidad media
F5. Aislamiento / baja integración social	0,41	Severidad media
F2. Desconexión conductual (LMS)	0,33	Severidad menor

Este diagnóstico estructurado se tradujo finalmente en la formulación de un plan de rediseño institucional priorizado. Las acciones urgentes recomendadas incluyen: (a) reforzar proactivamente la integración académica frente al riesgo temprano mediante la implementación de evaluaciones formativas continuas de baja calificación en las primeras semanas, estableciendo tutorías obligatorias y sistemas de remediación paralela para los cursos puerta; (b) proteger y restaurar el compromiso con las metas del estudiante, activando protocolos de orientación vocacional y mentoría psicológica inmediatamente después de la primera reprobación en un curso fundamental, con el fin de reencuadrar el fracaso como una oportunidad de aprendizaje y no como un veredicto definitivo de exclusión; (c) redimensionar estratégicamente los servicios de apoyo institucional, transitando de un

modelo de atención pasiva y reactiva hacia un enfoque proactivo, impulsado por las alertas tempranas; y (d) blindar integralmente la cadena financiera del estudiante mediante cribados socioeconómicos tempranos, fondos de ayuda de emergencia ágiles y la articulación con programas de trabajo-estudio al interior del campus.

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en la aplicación de este marco metodológico responden de manera afirmativa y detallada a las preguntas de investigación planteadas inicialmente. Se ha demostrado que la prueba de estrés, una herramienta originada en el análisis de modelos de negocio y planificación estratégica, resulta ser plenamente adaptable y sumamente valiosa para el estudio de la permanencia estudiantil en la educación superior.

En esta adaptación metodológica, el lienzo de retención propuesto sustituye eficazmente al tradicional lienzo de modelo de negocio; los factores tempranos de riesgo académico asumen el rol de las tendencias disruptivas e incertidumbres del entorno macroeconómico; y el mapa de robustez resultante conserva intacta su potente función diagnóstica y visual. Es crucial destacar que esta adaptación no constituye un mero ejercicio de traslación terminológica superficial.

Por el contrario, el lienzo de nueve componentes diseñado para este estudio logra operacionalizar de manera práctica y estructurada décadas de vasta y compleja teoría de la integración estudiantil (Bean y Metzner, 1985; Cabrera et al., 1993; Tinto, 1975, 1993), transformando constructos teóricos abstractos en un objeto de análisis tangible, evaluable y manipulable por un panel de expertos y gestores académicos.

El patrón de vulnerabilidades y fortalezas hallado en el análisis del caso ilustrativo resulta ser profundamente coherente tanto con los postulados teóricos clásicos como con la evidencia empírica contemporánea en el campo de la educación superior. El hecho de que la integración académica (C1) y el compromiso con las metas (C5) emerjan consistentemente como los componentes más frágiles del entramado institucional, y que la reprobación de cursos puerta (F3) junto con la presión financiera sostenida (F4) se revelen como los factores de riesgo más severos y destructivos, está en perfecta alineación con el peso histórico y documentado que la literatura asigna a las asignaturas fundamentales y a los factores ambientales externos durante el crítico primer año de transición universitaria (Bean y Metzner, 1985; Behr et al., 2020; Pascarella y Terenzini, 2005).

Asimismo, estos hallazgos concuerdan plenamente con la observación recurrente en los estudios modernos de analítica del aprendizaje, los cuales sostienen que las calificaciones obtenidas en las primeras evaluaciones y los niveles tempranos de interactividad en las plataformas virtuales (LMS) se constituyen como los predictores tempranos más potentes y fiables del riesgo de deserción (Akçapınar et al., 2019; Arnold y Pistilli, 2012). Al respecto, estudios recientes en el contexto latinoamericano reafirman que la deserción está fuertemente mediada por variables psicosociales y

económicas que exigen abordajes sistémicos (Suárez-Montes y Díaz-Subieta, 2015).

Por otro lado, gracias a su carácter inherentemente deliberativo, participativo y visual, el marco metodológico basado en paneles de expertos logra integrar de manera formal el invaluable conocimiento tácito, la experiencia pedagógica acumulada de los docentes y la sensibilidad del personal de bienestar estudiantil. Este proceso de deliberación estructurada hace explícitos y transparentes los supuestos subyacentes sobre los cuales se asignan los impactos y se toman las decisiones de intervención.

Esta transparencia metodológica resulta fundamental para mitigar y abordar las crecientes y legítimas preocupaciones éticas y de equidad que se asocian cada vez más a la toma de decisiones automatizada y a los sesgos algorítmicos en la minería de datos educativos (Romero y Ventura, 2020). Al incorporar el juicio humano experto, se evita el reduccionismo de tratar al estudiante como un mero conjunto de datos (Fonseca y García, 2016).

Es necesario, no obstante, reconocer y acotar el alcance de estas afirmaciones a la luz de las limitaciones inherentes al presente estudio. La aplicación del marco descrita en este artículo tiene un carácter fundamentalmente ilustrativo y demostrativo. Las puntuaciones que alimentan la matriz de robustez provienen del juicio estructurado de un panel de expertos y no de mediciones empíricas directas u observacionales sobre el comportamiento real de los estudiantes.

Por consiguiente, los valores numéricos obtenidos para los índices sirven para demostrar la viabilidad operativa y la lógica interna del procedimiento, pero no tienen pretensión de generalización estadística a otras poblaciones universitarias. La fiabilidad y validez externa de los resultados dependen críticamente de la composición, diversidad y nivel de experticia del panel evaluador, así como de la elección teórica previa de los componentes del lienzo y de los factores de riesgo, los cuales fueron fijados en este estudio a partir de la teoría dominante, pero que podrían requerir adaptaciones en contextos institucionales divergentes.

Además, como es propio de toda metodología basada en pruebas de estrés, el marco evalúa la

magnitud del impacto potencial de los escenarios adversos sobre el sistema, pero no calcula ni incorpora la probabilidad estadística de ocurrencia de dichos escenarios. Estas limitaciones metodológicas definen claramente una prolífica agenda para futuras investigaciones en este campo.

Dicha agenda debe incluir, de manera prioritaria: la validación empírica rigurosa que contraste las variaciones del Índice Global de Robustez (IRG) con las fluctuaciones en las tasas reales e históricas de permanencia por cohorte; el desarrollo y estandarización de protocolos estadísticos para medir y asegurar la fiabilidad entre múltiples evaluadores (inter-rater reliability) durante las sesiones del panel; la integración técnica y automatizada de este marco de diagnóstico cualitativo con los dashboards de los sistemas informáticos de alerta temprana; la incorporación sistemática y estructurada de la "voz del estudiante" en los paneles de evaluación, un elemento ausente en esta primera versión del marco, pero absolutamente necesario para mitigar el riesgo de sesgo de asimilación institucional y comprender la cultura estudiantil desde una perspectiva antropológica, tal como lo advierte lúcidamente Tierney (1992); y, finalmente, la adaptación y calibración específica del lienzo de retención para atender las particularidades de poblaciones estudiantiles no tradicionales, programas académicos en modalidades estrictamente virtuales o a distancia, y niveles de formación de posgrado.

CONCLUSIONES

El presente estudio ha cumplido cabalmente con su objetivo general de proponer, desarrollar y demostrar la viabilidad operativa de un marco metodológico innovador, sólidamente fundamentado en los principios del análisis de escenarios y las pruebas de estrés corporativas, diseñado específicamente para evaluar la robustez estructural de la permanencia estudiantil frente a la amenaza de factores tempranos de riesgo académico en el contexto de la educación superior. Para lograr este propósito, se formuló y validó teóricamente un lienzo de retención integral compuesto por nueve dimensiones críticas, el cual actúa como el objeto central y estructurado de la prueba de estrés. Asimismo, se logró extender y enriquecer el procedimiento cualitativo tradicional de análisis de escenarios mediante la incorporación de una robusta

capa analítica cuantitativa, materializada en la creación de los índices IRC, ISF e IRG.

Esta innovación metodológica permite convertir el juicio experto y deliberativo del panel en un diagnóstico institucional estandarizado, comparable entre distintas unidades académicas, plenamente auditable y eminentemente apto para el seguimiento longitudinal de las políticas de retención, dando así respuesta exhaustiva a los objetivos específicos planteados en la investigación.

La aplicación ilustrativa del marco en una cohorte universitaria demostró empíricamente su capacidad diagnóstica al revelar, con un alto nivel de granularidad, que la integración académica y el compromiso con las metas de titulación constituyen los componentes estructuralmente más frágiles del modelo institucional evaluado. Simultáneamente, identificó que la reprobación temprana en cursos puerta de alta exigencia y la presión financiera sostenida operan como los factores de riesgo más severos, transversales y destructivos para la trayectoria del estudiante.

El análisis cruzado permitió además señalar a los servicios de apoyo institucional no como una debilidad per se, sino como la palanca estratégica prioritaria para el rediseño y la mitigación de riesgos. El cálculo del índice global de robustez, que se situó en un valor intermedio de 0,53, proporcionó una radiografía cuantitativa de un modelo institucional que, si bien no se encuentra en estado de colapso, exhibe vulnerabilidades altamente concentradas que son susceptibles de ser corregidas mediante intervenciones de mejora focalizadas, eficientes y basadas en evidencia.

Más allá de las cifras y hallazgos específicos derivados de la aplicación ilustrativa, el aporte fundamental y trascendente de este marco metodológico radica en proporcionar a las instituciones de educación superior, especialmente en el complejo contexto latinoamericano, un lenguaje estructurado, riguroso y visualmente accesible para diagnosticar con precisión clínica dónde, cómo y por qué su dispositivo institucional de retención podría fallar o no resistir frente a escenarios de crisis previsibles.

Este diagnóstico estructural permite a los gestores académicos priorizar de manera racional y estratégica el rediseño de sus políticas y la asignación de sus presupuestos, complementando y

potenciando de forma sinérgica la labor de los sistemas informáticos de alerta temprana, los cuales se limitan a indicar quién está en riesgo individual.

A la luz de estos resultados, se recomienda enfáticamente a las autoridades y gestores universitarios institucionalizar la aplicación de este ejercicio de prueba de estrés de manera sistemática y periódica, idealmente al inicio del ciclo lectivo de cada nueva cohorte de primer año. Asimismo, resulta imperativo vincular formalmente los resultados de este diagnóstico estructural cuali-cuantitativo con los flujos de trabajo de los sistemas predictivos automatizados.

De este modo, se logrará consolidar un ecosistema de gestión académica integral y resiliente, donde el rediseño estructural proactivo de las políticas institucionales y la intervención táctica, individualizada y oportuna sobre el estudiante se retroalimenten continua y positivamente, garantizando así el cumplimiento del derecho fundamental a una educación superior de calidad, equitativa y con trayectorias de egreso exitosas.

REFERENCIAS

- Akçapınar, G., Altun, A., & Aşkar, P. (2019). Using learning analytics to develop early-warning system for at-risk students. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 16(1), 1-20. <https://doi.org/10.1186/s41239-019-0172-z>
- Arnold, K. E., & Pistilli, M. D. (2012). Course Signals at Purdue: Using learning analytics to increase student success. In S. Buckingham Shum, D. Gašević, & R. Ferguson (Eds.), *Proceedings of the 2nd International Conference on Learning Analytics and Knowledge (LAK '12)* (pp. 267–270). ACM. <https://doi.org/10.1145/2330601.2330666>
- Astin, A. W. (1984). Student involvement: A developmental theory for higher education. *Journal of College Student Personnel*, 25(4), 297-308.
- Bañeres, D., Rodríguez, M. E., Guerrero-Roldán, A. E., & Karadeniz, A. (2020). An early warning system to detect at-risk students in online higher education. *Applied Sciences*, 10(13), 4427. <https://doi.org/10.3390/app10134427>
- Bean, J. P. (1980). Dropouts and turnover: The synthesis and test of a causal model of student attrition. *Research in Higher Education*, 12(2), 155–187. <https://doi.org/10.1007/BF00976194>
- Bean, J. P., & Metzner, B. S. (1985). A conceptual model of nontraditional undergraduate student attrition. *Review of Educational Research*, 55(4), 485-540. <https://doi.org/10.3102/00346543055004485>
- Behr, A., Giese, M., Tegum Kamdjou, H. D., & Theune, K. (2020). Dropping out of university: A literature review. *Review of Education*, 8(2), 614-652. <https://doi.org/10.1002/rev3.3202>
- Berens, J., Schneider, K., Görtz, S., Oster, S., & Burghoff, J. (2019). Early detection of students at risk—predicting student dropouts using administrative student data from German universities and machine learning methods. *Journal of Educational Data Mining*, 11(3), 1–41. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3594771>
- Bishop, P., Hines, A., & Collins, T. (2007). The current state of scenario development: an overview of techniques. *Foresight*, 9(1), 5-25. <https://doi.org/10.1108/14636680710727516>
- Cabrera, A. F., Nora, A., & Castaneda, M. B. (1993). College persistence: Structural equations modeling test of an integrated model of student retention. *The Journal of Higher Education*, 34(2), 123-139. <https://doi.org/10.1080/00221546.1993.11778419>
- Fonseca, G., & García, F. (2016). Permanencia y abandono de estudios en estudiantes universitarios: un análisis desde la teoría organizacional. *Revista de la educación superior*, 45(179), 25-39. <https://doi.org/10.1016/j.resu.2016.06.004>
- Haaker, T., Bouwman, H., Janssen, W., & de Reuver, M. (2017). Business model stress testing: A practical approach to test the robustness of a business model. *Futures*, 19(1), 14-27. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2017.04.003>
- Kemper, L., Vorhoff, G., & Wigger, B. U. (2020). Predicting student dropout: A machine learning approach. *European Journal of Higher Education*, 10(1), 28–47. <https://doi.org/10.1080/21568235.2020.1718520>
- Kuh, G. D., Cruce, T. M., Shoup, R., Kinzie, J., & Gonyea, R. M. (2008). Unmasking the effects of student engagement on first-year college

- grades and persistence. *The Journal of Higher Education*, 79(5), 540-563. <https://doi.org/10.1080/00221546.2008.11772116>
- Munizaga, F. R., Cifuentes, M. B., & Beltrán, A. J. (2018). Retención y abandono estudiantil en la Educación Superior en América Latina y el Caribe: Una revisión sistemática. *Education Policy Analysis Archives*, 26, 61. <https://doi.org/10.14507/epaa.26.3348>
- Pascarella, E. T., & Terenzini, P. T. (2005). *How college affects students: A third decade of research* (Vol. 2). Jossey-Bass. [researchgate.net/publication/281453350_How_College_Affects_Students_Vol_2_A_Third_Decade_of_Research](https://www.researchgate.net/publication/281453350_How_College_Affects_Students_Vol_2_A_Third_Decade_of_Research)
- Rastrollo-Guerrero, J. L., Gómez-Pulido, J. A., & Durán-Domínguez, A. (2020). Analyzing and predicting students' performance by means of machine learning: A review. *Applied Sciences*, 10(3), Article 1042. <https://doi.org/10.3390/app10031042>
- Romero, C., & Ventura, S. (2020). Educational data mining and learning analytics: An updated survey. *WIREs Data Mining Knowl Discov.* 2020; 10:e1355. <https://doi.org/10.1002/widm.1355>
- Spady, W. G. (1970). Dropouts from higher education: An interdisciplinary review and synthesis. *Interchange*, 1(1), 64-85. <https://doi.org/10.1007/BF02214313>
- Suárez-Montes, N., & Díaz-Subieta, L. B. (2015). Estrés académico, deserción y estrategias de retención de estudiantes en la educación superior. *Revista de salud pública*, 17(2), 300-313. <https://doi.org/10.15446/rsap.v17n2.52891>
- Tierney, W. G. (1992). An anthropological analysis of student participation in college. *The Journal of Higher Education*, 63(6), 603-618. <https://doi.org/10.1080/00221546.1992.11778391>
- Tinto, V. (1975). Dropout from higher education: A theoretical synthesis of recent research. *Review of Educational Research*, 45(1), 89-125. <https://doi.org/10.3102/00346543045001089>
- Tinto, V. (1993). *Leaving college: Rethinking the causes and cures of student attrition* (2nd ed.). University of Chicago Press. <https://doi.org/10.7208/chicago/9780226922461.001.0001>