

**EVALUACION DE LA EFICIENCIA EDUCATIVA EN LA CARRERA DE
ARQUITECTURA EN COLOMBIA A TRAVES DEL ANALISIS ENVOLVENTE DE
DATOS (DEA)**

**JUAN CARLOS VASQUEZ VARGAS
LEON ANDRES BERNAL MORA**

**UNIVERSIDAD DEL SINÚ SECCIONAL CARTAGENA
PROGRAMA DE INGENIERIA INDUSTRIAL
PREGRADO
X SEMESTRE
CARTAGENA DE INDIAS D. T. H. Y C.
2025**

**EVALUACION DE LA EFICIENCIA EDUCATIVA EN LA CARRERA DE
ARQUITECTURA EN COLOMBIA A TRAVES DEL ANALISIS ENVOLVENTE DE
DATOS (DEA)**

JUAN CARLOS VASQUEZ VARGAS

LEON ANDRES BERNAL MORA

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO
INDUSTRIAL**

ASESORES:

JORGE DE JESÚS MERCADO SÁNCHEZ

ROHEMI ALFREDO ZULUAGA ORTIZ

UNIVERSIDAD DEL SINU SECCIONAL CARTAGENA

PROGRAMA DE INGENIERIA INDUSTRIAL

PREGRADO

X SEMESTRE

CARTAGENA DE INDIAS D. T. H. Y C.

2025

Cartagena, 2025

Doctor:

Ricardo Perez Saenz

Director de Investigaciones

Universidad del Sinú EBZ

Seccional Cartagena

L. C.

Cordial saludo.

La presente tiene como fin someter a revisión y aprobación para la ejecución del proyecto de investigación titulado: "EVALUACION DE LA EFICIENCIA EDUCATIVA EN LA CARRERA DE ARQUITECTURA EN COLOMBIA A TRAVES DEL ANALISIS ENVOLVENTE DE DATOS (DEA)", adscritos al programa de Ingeniería Industrial en el área de pregrado.

Atentamente,

Firma:

Dr. Giovanna Marcela Salcedo Toro

Director Ingeniería industrial

Firma:

Cielo Ester Marriaga Gonzalez

Coordinador de Investigaciones Ingeniería industrial

Nota de aceptación

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Cartagena DT y C, (22/01/2025)

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a quienes siempre creyeron en nuestro potencial y en quienes siguen creyendo en que lograremos grandes cosas.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer primeramente a mis padres Leon de Jesus Bernal Garcia y Aury Estela Mora Anaya, quienes impulsaron y confiaron que aprovecharía la oportunidad de estudiar en una universidad y darme la mejor experiencia de mi vida.

Darles agradecimientos a mis tutores Rohemi Zuluaga, María Mercedes y Zoraida Carrillo, quienes impulsaron en mi llegar lejos y a quienes hoy espero la vida se los compense.

Agradecer a todos mis compañeros que me ayudaron a salir adelante en materias supremamente difíciles y a quienes solo le deseo lo mejor en la vida porque son buenos profesionales y excelentes personas.

Y, por último, agradecer a mis amigos quienes fuera del campo estudiantil siempre han estado presentes y orgullosos de verme triunfar.

Leon Andres Bernal Mora

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	11
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	12
3. REFERENCIAS	16
4. OBJETIVOS.....	17
5. REVISION LITERARIA	18
6. METODOLOGIA	22
7. CONSIDERACIONES ÉTICAS	27
8. MARCO LEGAL.....	28
9. RESULTADOS	29
10. DISCUSIÓN.....	42
11. CONCLUSIONES	61
12. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	63

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 <i>Competitividad académica colombiana frente a la OCDE</i>	13
Tabla 2 <i>Eficiencia relativa de DMUs para grupo 1 con CRS</i>	33
Tabla 3 <i>Eficiencia relativa de DMUs para grupo 1 con VRS</i>	35
Tabla 4 <i>Eficiencia relativa de DMUs para grupo 2 con CRS</i>	37
Tabla 5 <i>Eficiencia relativa de DMUs para grupo 2 con VRS</i>	38
Tabla 6 <i>Eficiencia relativa de DMUs para grupo 3 con CRS</i>	39
Tabla 7 <i>Eficiencia relativa de DMUs para grupo 3 con VRS</i>	41
Tabla 8 <i>Análisis descriptivo global de pruebas saber 11 para el grupo 1</i>	42
Tabla 9 <i>Análisis descriptivo global de pruebas saber pro para el grupo 1</i>	44
Tabla 10 <i>Análisis descriptivo global de pruebas saber 11 para el grupo 2</i>	46
Tabla 11 <i>Análisis descriptivo global de pruebas saber pro para el grupo 2</i>	48
Tabla 12 <i>Análisis descriptivo global de pruebas saber 11 para el grupo 3</i>	49
Tabla 13 <i>Análisis descriptivo global de pruebas saber pro para el grupo 3</i>	51
Tabla 14 <i>Resumen descriptivo de pruebas saber 11 para el grupo 1</i>	53
Tabla 15 <i>Resumen descriptivo de pruebas saber pro para el grupo 1</i>	54
Tabla 16 <i>Resumen descriptivo de pruebas saber 11 para el grupo 2</i>	56
Tabla 17 <i>Resumen descriptivo de pruebas saber pro para el grupo 2</i>	58
Tabla 18 <i>Resumen descriptivo de pruebas saber 11 para el grupo 3</i>	59
Tabla 19 <i>Resumen descriptivo de pruebas saber pro para el grupo 3</i>	61

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Áreas de desempeño o especialización preferida por los profesionales de Arquitectura en Colombia	12
Figura 2 Metodología de la investigación.....	22
Figura 3 Variables de la investigación.....	25
Figura 4 Análisis Elbow.....	29
Figura 5 Contribución de las variables sobre la varianza explicada.	30
Figura 6 Diagrama de partición por grupos.....	32
Figura 7 Gráfico de eficiencia para grupo 1 con CRS	32
Figura 8 Gráfico de eficiencia para grupo 1 con VRS.....	34
Figura 9 Gráfico de eficiencia para grupo 2 con CRS.	36
Figura 10 Gráfico de eficiencia para grupo 2 con VRS.....	37
Figura 11 Gráfico de eficiencia para grupo 3 con CRS.	39
Figura 12 Gráfico de eficiencia para grupo 3 con VRS.....	40

RESUMEN

En este estudio se analizaron las competencias de las universidades en la producción de resultados en las pruebas Saber Pro del programa de arquitectura en Colombia, utilizando técnicas de análisis de componentes principales (PCA) y análisis envolvente de datos (DEA) para evaluar la eficiencia de las instituciones en términos de calidad educativa. Se llevó a cabo un análisis cuantitativo de tipo no experimental, con rotación ortogonal y una metodología transeccional exploratoria de carácter descriptivo. El PCA permitió simplificar la información y segmentar a los estudiantes en grupos según su similitud, mientras que el DEA se empleó para comparar el desempeño de las universidades en los resultados de las pruebas Saber Pro. Los hallazgos del estudio mostraron una correlación significativa entre el desempeño académico de los estudiantes y los resultados obtenidos en dichas pruebas, identificando universidades tanto eficientes como ineficientes en la preparación de sus estudiantes.

Conceptos claves: Análisis de componentes principales (PCA), Análisis envolvente de datos (DEA), Eficiencias relativas.

ABSTRACT

This study analyzed the competencies of universities in producing results in the Saber Pro tests for the architecture program in Colombia, using Principal Component Analysis (PCA) and Data Envelopment Analysis (DEA) techniques to evaluate the efficiency of institutions in terms of educational quality. A quantitative, non-experimental analysis was conducted, with orthogonal rotation and a transactional exploratory methodology of a descriptive nature. PCA was used to simplify information and segment students into groups based on their similarity, while DEA was employed to compare the performance of universities in the results of the Saber Pro tests. The study's findings revealed a significant correlation between students' academic performance and the results obtained in these tests, identifying both efficient and inefficient universities in preparing their students.

Key concepts: Principal Component Analysis (PCA), Data Envelopment Analysis (DEA), Relative efficiencies.

1. INTRODUCCIÓN

La evaluación de la calidad de la educación es un tema de gran importancia en cualquier país, ya que permite a las instituciones educativas y al gobierno identificar fortalezas y debilidades en los programas académicos y tomar medidas para mejorar la calidad de la educación (García-González et al., 2019). En el contexto de la carrera de arquitectura en Colombia, la evaluación de la calidad se ha vuelto aún más relevante, según el Consejo Profesional Nacional de Arquitectos y sus Profesiones Auxiliares (CPNAA, 2020), debido al aumento en la demanda de esta carrera y al creciente número de universidades que ofrecen programas de arquitectura desde la última encuesta en 2018.

La calidad de la educación se puede medir de varias formas, una de las cuales es a través de las pruebas Saber Pro, que evalúan el conocimiento de los estudiantes en áreas genéricas y específicas. (Delgado-Ramírez, M. 2013). Estas pruebas son importantes porque permiten identificar fortalezas y debilidades de los programas académicos en Colombia, y también pueden ser utilizadas por las universidades para acreditar sus programas ante organismos nacionales e internacionales, siguiendo las normas del Ministerio de Educación (MEN). En este sentido, se hace necesario desarrollar una metodología adicional que complemente la evaluación de las pruebas Saber Pro y proporcione una visión más integral de la calidad educativa en arquitectura.

A la fecha, en Colombia se evidencia una escasez de investigaciones relacionadas con la eficiencia de los programas actuales (Ramírez-Gutiérrez et al., 2020). Existen pocos antecedentes que permitan analizar la influencia de los factores en los resultados de las pruebas Saber Pro, lo que genera un vacío de información que dificulta la comprensión del estado actual de las Instituciones de Educación Superior (IES) de arquitectura en Colombia (CPNAA, 2020).

Por lo tanto, y con el fin de contribuir a la generación de estrategias que mejoren de forma significativa el desempeño de las IES, este trabajo se enfoca en analizar factores asociados a los resultados de las pruebas Saber Pro para el programa de arquitectura, determinando la eficiencia de las universidades con los resultados recolectados de los estudiantes en el año 2018. Para ello, se implementaron técnicas como el DEA junto con

PCA.

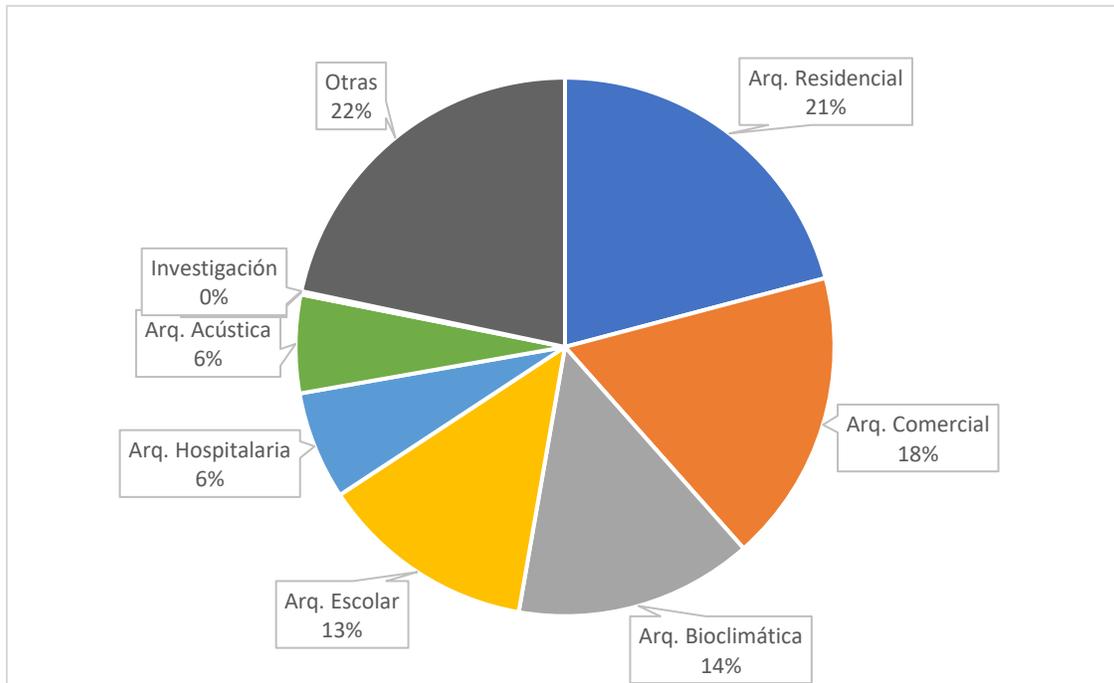
Las principales aportaciones de este trabajo son: el desarrollo de un marco metodológico que combina DEA y PCA para evaluar la eficiencia de los programas de arquitectura en Colombia; la identificación de factores clave que influyen en los resultados de las pruebas Saber Pro; y el establecimiento de una base de información que puede ser utilizada para diseñar estrategias orientadas a mejorar la calidad educativa en las universidades. La estructura del trabajo se organiza de la siguiente manera: primero, se presenta una revisión de la literatura sobre evaluación de la calidad educativa; luego, se describe la metodología empleada; posteriormente, se presentan y discuten los resultados obtenidos; y, finalmente, se concluye con las principales implicaciones haciendo recomendaciones de estas mismas.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

De acuerdo con el Consejo Profesional Nacional de Arquitectura y sus Profesiones Auxiliares (CPNAA, 2020), entre las áreas de especialización más demandadas por los profesionales de arquitectura en Colombia se encuentran la arquitectura residencial, comercial y bioclimática, con un porcentaje de 20.9%, 17.6% y 14.3%, respectivamente. Sin embargo, un 0.0% de los egresados se dedica a la investigación, lo que explica la escasa información disponible sobre el rendimiento de los programas de arquitectura en las IES. Este déficit de información es un problema clave, ya que la falta de investigaciones impide una evaluación precisa de la calidad educativa y de los factores que influyen en el desempeño de los estudiantes en las pruebas Saber Pro. (Ver figura1).

Figura 1

Áreas de desempeño o especialización preferida por los profesionales de Arquitectura en Colombia



Nota: Recreado de Consejo Profesional Nacional De Arquitectura Y sus Profesiones Auxiliares (CPNAA), 2020

La situación en la educación superior colombiana es preocupante. Según el Informe Nacional de Competitividad (INC, 2021), en comparación con el estudiante medio de la OCDE, un estudiante colombiano de 15 años tiene menos formación en matemáticas, ciencias y lectura, respectivamente, con diferencias de 3.4, 2.7 y 2.6 años. Además, solo el 24% de las instituciones de educación superior en Colombia tienen acreditación de alto nivel, y el porcentaje de universidades con acreditación en los niveles de grado y posgrado es aún más bajo (13%). Estos datos reflejan la calidad académica limitada del sistema educativo colombiano y revelan un problema estructural que afecta no solo a la educación en general, sino también a programas tan importantes como la arquitectura (Ver Tabla 1).

Tabla 1

Competitividad académica colombiana frente a la OCDE

Indicador	Valor en Colombia	Ranking en América Latina	Valor en la OCDE	Fuente
Cobertura neta media	46,7%	14 de 16	92,7%	Unesco (2019) y Mineducación (2020)
Cobertura bruta educación superior	51,6%	7 de 12	75,1%	Unesco (2019) y Mineducación (2020)
Pruebas PISA (% de alumnos con puntaje en matemáticas por debajo del nivel 2)	65,4%	5 de 8	51,6%	OCDE (2019)
Pruebas PISA (% de alumnos con puntaje en ciencias por debajo del nivel 2)	50,4%	5 de 8	49,4%	OCDE (2019)
Pruebas PISA (% de alumnos con puntaje en lectura por debajo del nivel 2)	77,6%	6 de 8	48%	OCDE (2019)
Número de universidades entre las 500 primeras del mundo	3%	3 de 7	10%	QS University Ranking
Porcentaje de empleadores que manifiestan tener dificultades para llenar sus vacantes	70,0%	5 de 8	73%	Manpower (2021)

Nota: Recreado de El Informe Nacional de Competitividad (INC), 2021.

Es fundamental resaltar que, aunque la matrícula en programas de arquitectura ha aumentado considerablemente, esto no necesariamente garantiza que las universidades estén logrando los resultados esperados en términos de preparación profesional. Según Hale (1980), entre 1950 y 1975 el número de títulos otorgados anualmente en arquitectura aumentó en más del 300%, pero no se tiene evidencia suficiente sobre si este crecimiento ha sido acompañado de una mejora en la calidad educativa o si los graduados están siendo realmente competitivos en el mercado laboral. De hecho, aunque el número de egresados de programas de arquitectura se ha incrementado frente a años anteriores debido al incremento de personas, necesidades y oportunidades, se observa una falta de estudios que midan de manera efectiva la eficiencia de estas instituciones en la formación de arquitectos capaces de competir en un mercado global (Shannon, 2021).

El vacío en la investigación aplicada y la falta de metodologías robustas para evaluar la eficiencia de las universidades en la formación de profesionales son problemas persistentes en la educación superior en arquitectura. La productividad investigadora en arquitectura ha crecido, pero muchas veces se centra en temas de interés limitado para los profesionales en ejercicio, y solo el 50% de los académicos considera que la investigación es aplicable directamente a la práctica (Milburn y Brown, 2016). Esto refleja una desconexión entre la investigación académica y las necesidades reales del sector, lo que agrava la preocupación sobre la calidad y la eficiencia educativa.

La arquitectura tiene un impacto directo en la calidad de vida de las personas, ya que influye en el diseño y la habitabilidad de los espacios en los que vivimos, trabajamos y nos desarrollamos. Un arquitecto mal formado no solo afectaría el desarrollo profesional individual, sino que podría tener consecuencias más amplias en la calidad de los espacios urbanos, la sostenibilidad y el bienestar de la sociedad. La evaluación de la calidad educativa tiene un impacto social significativo, lo que justifica el enfoque particular sobre arquitectura (Ospina, A. y Zambrano, A. 2020).

Por lo tanto, es urgente contar con una metodología que permita evaluar la eficiencia de las IES en la formación de arquitectos y determinar si están realmente preparando a sus estudiantes de manera adecuada. El DEA se presenta como una herramienta metodológica efectiva para abordar este problema.

El uso de herramientas como el DEA permitiría abordar una de las mayores preocupaciones en el campo de la educación superior en arquitectura: si las universidades realmente están produciendo profesionales con las competencias necesarias para competir en un mercado que exige innovación, eficiencia y capacidad técnica. La falta de estudios sobre la eficiencia de las IES en la formación de arquitectos impide una correcta evaluación de la calidad de los programas ofrecidos, lo que representa un obstáculo significativo para la mejora continua en este campo.

3. REFERENCIAS

La arquitectura desempeña un papel fundamental en el desarrollo de las sociedades modernas, ya que los arquitectos diseñan los espacios que constituyen los entornos en los que las personas interactúan diariamente, desde viviendas y lugares de trabajo hasta espacios públicos y recreativos (Benevolo, L. et al., 1963). La creación de estos espacios implica la responsabilidad de los arquitectos de garantizar que sean funcionales, estéticos y sostenibles, impactando directamente la calidad de vida de las personas y la preservación del medio ambiente. En este contexto, la formación de profesionales competentes en arquitectura es esencial, ya que un arquitecto bien formado puede influir positivamente en la seguridad, eficiencia y sostenibilidad de los edificios y estructuras que diseñan. Esta relevancia social y práctica subraya la necesidad de contar con un sistema educativo robusto que asegure que los egresados posean las competencias necesarias para enfrentar los retos del siglo XXI (Benevolo, L. et al., 1963).

La educación para la arquitectura no se trata solo de diseñar estructuras estéticamente atractivas, sino de implementar soluciones prácticas que respondan a necesidades específicas de funcionalidad, accesibilidad y sostenibilidad (Kaplinski, O., 2022). Este enfoque requiere que las universidades combinen teoría y práctica en sus programas educativos para formar profesionales capaces de integrar estos conocimientos y enfrentarse con eficacia a los desafíos contemporáneos (Franco, J., 2016). Sin embargo, pese a su importancia, existe una carencia de estudios exhaustivos que analicen la eficiencia de los egresados en el campo de la arquitectura en Colombia. Esta falta de información dificulta la identificación de áreas de mejora en los programas académicos, limitando la capacidad de las universidades para ajustar sus currículos y prácticas pedagógicas según las demandas del mercado laboral y las necesidades sociales (Rawat, U., 2021).

Que exista una ausencia de estudios sobre la eficiencia educativa en las universidades de arquitectura complica la toma de decisiones informadas para mejorar los programas académicos. Sin una medición precisa de la calidad de la enseñanza, las instituciones educativas no pueden evaluar si sus egresados están realmente preparados para afrontar los retos del mercado laboral. La DEA ofrece una herramienta clave para identificar cuáles universidades son más eficientes en términos de calidad educativa, al analizar la relación entre los recursos invertidos y los resultados obtenidos. Este análisis permite optimizar los procesos educativos, identificar áreas de mejora y adoptar mejores prácticas, promoviendo una formación más eficiente y pertinente (Khodeir & Nessim, 2020).

La calidad educativa en arquitectura trasciende las instituciones educativas y tiene implicaciones amplias para la sociedad. La arquitectura, al estar íntimamente ligada al diseño de los espacios donde las personas viven, trabajan y se relacionan, impacta directamente el bienestar social, la cohesión comunitaria y el desarrollo urbano. La formación de arquitectos mal preparados no solo les dificulta su inserción laboral, sino que también puede derivar en la creación de espacios inadecuados que afectan negativamente la calidad de vida de las personas (Dorado & Isabel, 2019). Por ello, garantizar la calidad en la formación de arquitectos se convierte en una prioridad estratégica para contribuir al desarrollo social y la equidad (Meraj, A., 2019).

En este sentido, se justifica la realización de un estudio que analice la eficiencia de los egresados de arquitectura en Colombia, proporcionando evidencia sólida para mejorar tanto la calidad educativa como los resultados laborales de los futuros profesionales. La aplicación de la DEA no solo permitirá identificar las universidades más eficientes, sino también analizar las mejores prácticas y estrategias utilizadas por estas instituciones. Estos hallazgos podrán servir como modelo para otras universidades que deseen optimizar sus programas educativos y garantizar la formación de arquitectos altamente capacitados para enfrentar los desafíos de un mundo en constante evolución.

4. OBJETIVOS

Analizar la influencia de diferentes factores en los resultados de las pruebas Saber Pro en el programa de Arquitectura en universidades de Colombia, evaluando la eficiencia relativa mediante el análisis DEA.

¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.. **OBJETIVOS**

ESPECIFICOS

- Evaluar la eficiencia relativa de las universidades que ofrecen la carrera de Arquitectura en Colombia en términos de calidad educativa a través de la técnica análisis DEA.
- Determinar la relación entre los factores identificados y los resultados de las pruebas Saber Pro en el programa de Arquitectura.
- Proponer recomendaciones para mejorar la calidad educativa en el programa de Arquitectura en universidades de Colombia a partir de los resultados obtenidos.

5. REVISION LITERARIA

0. ANTECEDENTES

Las investigaciones relacionadas con la educación superior y el rendimiento académico en Colombia han abordado diversos aspectos metodológicos y analíticos que contribuyen al entendimiento de factores determinantes en la formación de competencias. Por ejemplo, Niebles et al. (2020) analizaron las competencias matemáticas como un factor de éxito en las pruebas Saber Pro, empleando un enfoque cuantitativo, no experimental y descriptivo. En su estudio, identificaron que las estrategias de enseñanza utilizadas para fortalecer estas competencias resultan apropiadas no solo para la vida académica de los estudiantes, sino también para su desarrollo profesional.

Por su parte, García-González et al. (2019) incorporaron una metodología de extracción de conocimiento (KDD) para la predicción y análisis de los resultados de la prueba Saber Pro. Su investigación destaca el uso de herramientas tecnológicas avanzadas, como redes neuronales entrenadas en MatLab, para predecir con precisión los puntajes del módulo de razonamiento cuantitativo. Este enfoque permitió correlacionar asignaturas y calcular promedios ponderados, evidenciando que estas metodologías pueden ser útiles para que las instituciones educativas diseñen estrategias que potencien el desempeño de los estudiantes. No obstante, los autores señalaron la existencia de áreas inexploradas que requieren mayor atención en investigaciones futuras.

De manera complementaria, Álvarez et al. (2019) examinaron los determinantes del rendimiento académico en instituciones de educación superior en Santander, Colombia,

basándose en los resultados de las pruebas Saber Pro 2018. A través de técnicas de análisis de componentes principales, identificaron factores clave que afectan el desempeño académico, como las características demográficas, el nivel educativo y ocupacional de los padres, las condiciones financieras y el acceso a tecnología. Además, enfatizaron la influencia negativa de situaciones como trabajar largas horas, pertenecer a estratos socioeconómicos bajos y la carencia de recursos tecnológicos. Los autores concluyeron que estos factores deben ser considerados al diseñar políticas para mejorar la calidad educativa y el capital humano.

Navas, L. et al. (2020) también exploraron los factores que afectan los resultados de las pruebas Saber Pro, adoptando un enfoque estadístico y analítico. Su investigación enfatizó la influencia significativa del entorno familiar, el acceso a recursos educativos y las estrategias pedagógicas alineadas con el contexto de los estudiantes. Además, destacaron la relevancia del fortalecimiento de competencias específicas, como las relacionadas con el razonamiento cuantitativo y las habilidades comunicativas, en la empleabilidad y el impacto social de los egresados. Los autores subrayaron la importancia de un enfoque integral que aborde tanto las dimensiones académicas como psicosociales para cerrar brechas y garantizar una educación equitativa.

Desde una perspectiva institucional, Visbal-Cadavid et al. (2019) integraron el Análisis Envolvente de Datos (DEA) con redes neuronales artificiales (RNA) para evaluar la eficiencia técnica de las instituciones de educación superior en Colombia. Analizando el desempeño de 32 universidades públicas entre 2011 y 2013, identificaron indicadores clave, como recursos financieros, personal académico, resultados de las pruebas Saber Pro y publicaciones científicas. Su modelo DEA-CCR orientado a resultados reveló que factores como la disponibilidad de recursos y la movilidad docente tienen un impacto positivo en la eficiencia técnica, mientras que deficiencias en recursos limitan el desempeño institucional. Los autores concluyeron que este enfoque puede servir como herramienta para el diseño de políticas más efectivas en la distribución de recursos del sistema educativo.

Finalmente, Poveda (2011), aunque centrado en el desarrollo económico, aporta un análisis complementario al estudiar los factores que influyen en el desempeño de los departamentos colombianos a través del Análisis Envolvente de Datos (DEA). Este enfoque permitió identificar las disparidades regionales en términos de eficiencia

económica y social, destacando la necesidad de políticas que reduzcan la pobreza, mejoren la igualdad y fortalezcan la seguridad. La metodología utilizada ofrece una perspectiva integradora que puede ser útil para evaluar y promover estrategias de desarrollo sostenible tanto a nivel económico como educativo.

Estos estudios convergen en la importancia de comprender y abordar los factores que influyen en el rendimiento académico de los estudiantes universitarios. Entre los aspectos destacados, se resalta el papel fundamental de las estrategias pedagógicas, la incorporación de tecnologías avanzadas y la consideración de variables socioeconómicas y culturales. Estas perspectivas no solo permiten un análisis profundo de las pruebas Saber Pro, sino que también aportan lineamientos para el diseño de políticas educativas que potencien las competencias de los estudiantes y mejoren su inserción en el ámbito laboral. En conjunto, estos referentes subrayan la necesidad de continuar investigando para cerrar brechas y optimizar el impacto de la educación superior en Colombia.

0 MARCO CONCEPTUAL

A continuación, se definen conceptos claves del proyecto de investigación relacionado con los análisis estadísticos.

- Análisis de componentes principales (PCA)

El análisis de componentes principales (PCA), es un método empleado para el análisis de datos de forma estadística, generando una matriz con información resumida y estructurada como nuevas variables independientes denominadas componentes principales. La correcta aplicabilidad de la técnica dependerá de dos factores: no tener correlación entre ellas y no contar con modificaciones adicionales (Álvarez et al., 2019).

- Análisis envolvente de datos (DEA)

El Análisis Envolvente de Datos (DEA) es una herramienta no paramétrica que hace uso de modelos de programación lineal y tiene como objetivo estudiar la eficiencia relativa de las unidades de un sistema, denominado Unidad de Toma de Decisiones: DMU (Charnes et al., 1978). Así, la premisa general de DEA es que el nivel de eficiencia de una DMU dependerá de su capacidad para transformar los recursos en outputs deseados; por lo tanto, los recursos y outputs de las DMUs deben ser homogéneos (Legaz, 1998).

El modelo matemático de DEA se parametriza mediante la conceptualización de las n DMU, que utiliza:

$$\max \theta = \frac{\sum_{r=1}^t u_r y_{rj0}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij0}}$$

Con las restricciones:

1. La eficiencia relativa de todas las DMUs debe ser menor o igual a 1:

$$\max \theta = \frac{\sum_{r=1}^t u_r y_{rj0}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij0}} \leq 1, \quad \forall j = 1, 2, \dots, n$$

2. Las ponderaciones de los inputs y outputs deben ser positivas (no negatividad):

$$u_r \geq 0, \quad v_i \geq 0, \quad \forall r, i$$

Descripción de las variables:

1. DMU (j): Cada Unidad de Toma de Decisiones (DMU) representa una unidad que consume recursos (inputs) para generar productos o servicios (outputs). Se consideran n DMUs en total.
2. Inputs (x_{rj}): Cantidades de recursos consumidos por la DMU j . Se consideran m inputs, donde:
 - x_{rj} : Cantidad del i -ésimo input utilizado por la DMU j .
 - v_i : Ponderación asignada al i -ésimo input.
3. Outputs y_{rj} : Cantidades de productos o servicios generados por la DMU j . Se consideran t outputs, donde:
 - y_{rj} : Cantidad del r -ésimo output producido por la DMU j .
 - u_r : Ponderación asignada al r -ésimo output.
4. m : es el número total de inputs.
5. t : es el número total de outputs.

6. Eficiencia (θ): Relación entre los outputs ponderados y los inputs ponderados, utilizada para determinar la eficiencia relativa de cada DMU. Una DMU es eficiente si $\theta = 1$.

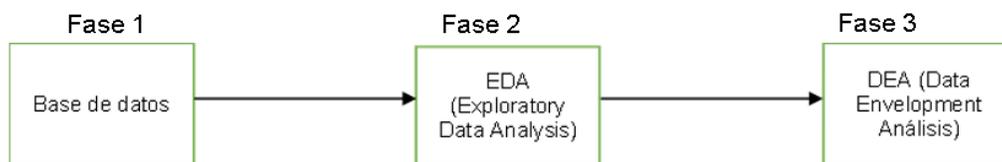
De esta forma, la eficiencia relativa de cada DMU de la muestra se evalúa con la denominada frontera de posibilidades de producción, que se construye de forma no paramétrica asumiendo ciertos postulados. (Banker et al., 1984).

6. METODOLOGIA

Se propone un modelo conceptual que permita analizar de manera estructurada la eficiencia relativa de las universidades que ofrecen el programa de Arquitectura en Colombia, así como la influencia de diferentes factores en los resultados de las pruebas Saber Pro. Este modelo se desarrolla en tres fases principales: la recopilación y preparación de los datos, el análisis exploratorio de datos (EDA) y la implementación del DEA (Ver figura 2).

Figura 2

Metodología de la investigación.



Nota: Elaboración propia.

En la primera fase, se construye una base de datos homogénea que integre los inputs (resultados individuales de las materias genéricas pruebas Saber 11 y Saber Pro) y los outputs (resultado de las pruebas Saber Pro) de las universidades que ofrecen el programa de Arquitectura en Colombia. En esta etapa, se prioriza la calidad de los datos, eliminando valores atípicos y asegurando la representatividad de las variables incluidas.

La segunda fase, se enfoca en comprender las características de los datos recopilados. Se analizan las distribuciones de las variables, las relaciones entre los inputs y outputs, y posibles patrones o tendencias que puedan influir en la eficiencia relativa de las universidades. Este análisis permite identificar relaciones clave y garantizar la adecuación de los datos para el modelo DEA.

Finalmente, en la tercera fase, se aplica el modelo DEA para evaluar la eficiencia relativa de las universidades. Esta técnica de programación lineal permite construir una frontera de eficiencia no paramétrica, determinando qué universidades son eficientes en la transformación de recursos en resultados de calidad. Asimismo, el modelo identifica las universidades ineficientes y propone mejoras específicas en los inputs y outputs para que estas instituciones puedan alcanzar los niveles de eficiencia observados en las más destacadas.

En este orden de ideas, para esta investigación se planea la pregunta de investigación, ¿Cuáles son los factores que determinan la eficiencia académica de las instituciones de educación superior que ofrecen el programa de Arquitectura en Colombia?

Es importante destacar que esta investigación no requirió presupuesto para su desarrollo, ya que se basó en el uso de fuentes de datos públicas y de acceso libre. Asimismo, para el procesamiento y análisis de los datos, se utilizó el software estadístico R Studio, el cual es de código abierto y completamente gratuito.

0. TIPO DE INVESTIGACIÓN

La presente investigación se enmarca dentro del enfoque cuantitativo, lo que implica que se centra principalmente en la recopilación y análisis de datos cuantificables o medibles (Cauas, D., 2015).

El diseño de investigación utilizado en este estudio se enmarca dentro de una metodología transeccional exploratoria de carácter descriptivo. Se emplea un diseño transeccional o transversal, lo que implica que la recolección de datos se lleva a cabo en un único momento, en un tiempo específico y donde el propósito fundamental de este diseño es describir variables relevantes y analizar su incidencia en dicho momento, permitiendo así una comprensión detallada de la situación en un punto temporal concreto (Vázquez, L., 2019).

El diseño de investigación seleccionado para este estudio se enmarca dentro del enfoque de investigación no experimental con rotación ortogonal. Esta elección se basa en la naturaleza de la investigación no experimental, que se centra en la observación de fenómenos, variables y sucesos en su contexto natural, sin intervención directa por parte del investigador (Herrera & Jesus, 2018).

La rotación factorial se utiliza como una estrategia adicional en este diseño para mejorar la interpretabilidad de los factores identificados y alcanzar una solución conceptualmente significativa y libre de incertidumbres, además, facilita la percepción clara de las interrelaciones entre las variables primitivas, lo que contribuye a una comprensión más profunda de los fenómenos observados (Lancheros, L. 2012).

0. POBLACIÓN Y MUESTRA

La población de estudio, también denominada población objetivo o diana, se refiere al conjunto de individuos a los cuales se desea extrapolar los resultados de una investigación (Carrillo, A., 2015). En este caso, la población fue obtenida del Instituto Colombiano para la Evaluación de la Educación (ICFES), específicamente de las bases de datos correspondientes a las pruebas Saber 11 y Saber Pro aplicadas durante el período comprendido entre 2016-1 y 2021-1. Estas bases de datos fueron estructuradas para realizar un cruce de información entre los registros individuales de las pruebas Saber 11 y Saber Pro, utilizando el código de identificación único otorgado por el ICFES también conocido como número de registro y esto permitió vincular los resultados de ambas pruebas para cada estudiante.

La población total, que asciende a 1.123.345 registros, incluye datos de estudiantes de todas las carreras universitarias que presentaron las pruebas Saber Pro durante el período analizado, así como sus resultados correspondientes en las pruebas Saber 11,

Por su parte, una muestra se define como cualquier subconjunto del universo o población total. Estas muestras pueden clasificarse en probabilísticas o no probabilísticas, dependiendo del método utilizado para su selección (Carrillo, A., 2015). En esta investigación, la muestra final estuvo conformada por 19.976 estudiantes del programa de Arquitectura que presentaron las pruebas Saber Pro durante el período analizado, después de aplicar los criterios de inclusión y exclusión detallados en el apartado 5.4. Dichos criterios permitieron depurar los datos eliminando registros incompletos, inconsistentes o que no cumplían con las condiciones establecidas para el análisis, garantizando de esta manera la calidad y la representatividad de la información utilizada en el estudio.

0. VARIABLES DE ESTUDIO Y OPERACIONALIZACIÓN

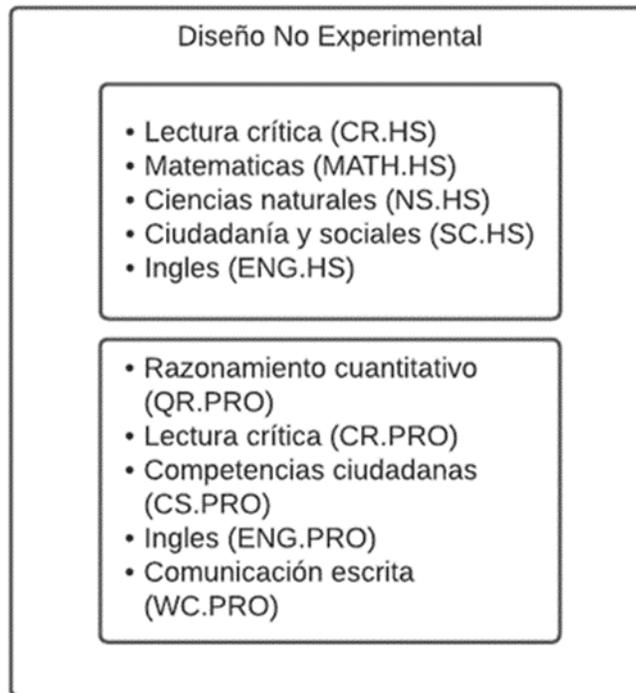
Se inició con un total de 67 variables, las cuales, después de un minucioso análisis y depuración de datos realizado en R, se redujeron finalmente a 10 variables. Estas variables están representadas en la Gráfica 3, que muestra tanto los nombres de las variables utilizadas en la investigación como el nombre correspondiente entre paréntesis que se utilizó en el software R. La gráfica se segmenta en dos partes: la parte superior corresponde a las variables relacionadas con ICFES 11 y la parte inferior a las variables correspondientes a SABER PRO.

Las 10 variables seleccionadas fueron aquellas que se correspondían directamente con los resultados de las pruebas Saber 11 y Saber Pro, las cuales incluyen habilidades específicas que se evalúan en las pruebas, como razonamiento cuantitativo, matemáticas, comprensión lectora, inglés y competencias ciudadanas. Estas variables son más representativas del desempeño académico de los estudiantes en el programa de Arquitectura, y su relación directa con las pruebas permite un análisis más preciso de la eficiencia educativa de las universidades.

Se descartaron las variables relacionadas con factores socioeconómicos y demográficos, tales como estrato socioeconómico, número de personas en el hogar, si la familia tiene algún vehículo, entre otros, ya que estas no estaban directamente vinculadas con el desempeño académico medido por las pruebas Saber 11 y Saber Pro. Aunque estos factores pueden influir en el rendimiento de los estudiantes, no eran el foco de esta investigación, que buscaba analizar específicamente la influencia de la universidad en la mejora del desempeño de los estudiantes.

Figura 3

Variables de la investigación.



Nota: Elaboración propia.

0. CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN

¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.. **INCLUSIÓN**

1. Estudiantes que hayan presentado las pruebas Saber 11 y Saber Pro hasta el periodo 2021-1.
2. Estudiantes que estén matriculados en programas de educación superior relacionados con el área de estudio de Arquitectura.
3. Estudiantes que hayan completado el proceso académico desde el inicio de su carrera hasta la graduación.
4. Estudiantes que tengan en la base de datos toda la información completa y válida para el análisis estadístico en todos los componentes y variables, evitando así cualquier sesgo.

0. EXCLUSIÓN

1. Estudiantes que hayan presentado las pruebas en un período diferente al especificado para la investigación.

2. Estudiantes que no estén matriculados en programas de educación superior relacionados con el área de estudio.
3. Estudiantes cuyos datos estén incompletos o sean inconsistentes para el análisis.
4. Estudiantes que hayan abandonado sus estudios antes de completar el proceso académico desde el inicio hasta la graduación.

¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.. FUENTES, METODOS Y MECANISMOS DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

Los datos principales provendrán de bases de datos públicos y de libre acceso, como los resultados de las pruebas Sabre 11 y Sabre Pro, proporcionados por ICFES. Estas bases de datos proporcionan información relevante sobre las competencias académicas en diferentes áreas del conocimiento, permitiendo evaluar la eficiencia educativa de los egresados.

Se utilizarán investigaciones previas, artículos académicos, informes de entidades gubernamentales y marcos normativos relacionados con la educación superior en Colombia y la formación en arquitectura, para contextualizar y fundamentar los resultados de la investigación.

Para garantizar la calidad y confiabilidad de los datos recolectados, se realizarán procedimientos de validación y limpieza de la información. Esto incluye la eliminación de datos duplicados, la identificación y corrección de posibles errores en los registros, y la verificación de la consistencia en las bases de datos utilizadas.

0. ANALISIS ESTADÍSTICO

El análisis estadístico y tratamiento de datos que fueron desarrollados en el proyecto estuvieron estructurados en el entorno del lenguaje de programación R, haciendo uso de las librerías dplyr, para la manipulación inicial, FactoMiner para el estudio exploratorio, y deaR al momento de iniciar el DEA.

7. CONSIDERACIONES ÉTICAS

La presente investigación se desarrolló siguiendo estrictos principios éticos, garantizando la integridad, confidencialidad y anonimato en el manejo de los datos utilizados. Es relevante señalar que la base de datos empleada en este estudio fue obtenida de manera

pública y libre, por lo que no implicó la recolección de información a través de encuestas ni la participación directa de individuos. Sin embargo, a pesar de que no se trabajó con datos personales, fue indispensable considerar las implicaciones éticas relacionadas con la correcta utilización y tratamiento de la información.

Se cumplió rigurosamente con las políticas y términos de uso de la fuente de datos, los cuales fueron revisados con detenimiento para garantizar que todo el análisis se realizara dentro del marco legal y ético. Esto incluyó el uso exclusivo de los datos con fines académicos y de investigación, evitando cualquier uso indebido o que pudiera contravenir las normativas establecidas por la fuente.

Asimismo, el proceso de análisis de los datos fue realizado bajo un estricto compromiso con la integridad y la transparencia. La depuración y procesamiento de la información se llevaron a cabo mediante herramientas como el software R, asegurando que los resultados fueran fieles a los datos originales. El investigador evitó cualquier forma de manipulación o sesgo que pudiera distorsionar los hallazgos, con el objetivo de garantizar la confiabilidad de los resultados y su utilidad en el contexto educativo.

Por último, se tomó especial cuidado en garantizar la imparcialidad en la presentación de los resultados. En las figuras y tablas, las instituciones se seleccionaron de forma aleatoria para evitar cualquier tipo de favoritismo o interpretación subjetiva que pudiera perjudicar la validez del estudio. Asegurando que el análisis conserve un carácter objetivo y que los hallazgos puedan contribuir de manera significativa al mejoramiento de la calidad educativa en el programa de Arquitectura en Colombia.

8. MARCO LEGAL

Se destaca la importancia de la protección de datos personales según lo establecido en la Ley 1581 de 2012 y se resalta que la recolección de datos en la investigación se lleva a cabo de manera aleatoria en las muestras asegurando la representatividad y la imparcialidad de los resultados.

La regulación de la educación superior está definida por la Ley 30 de 1992, que establece el carácter y autonomía de las Instituciones de Educación Superior (IES), así como el objeto de los programas académicos y los procedimientos de fomento, inspección y vigilancia de la enseñanza, teniendo en cuenta lo anterior se aclara que; no se está

apuntando a ninguna Universidad como “buena o mala”, sino que se da un criterio estadístico que no toma en cuenta otros aspectos relevantes de las IES.

Además, se hace referencia al Decreto 0644 de abril 16 de 2001, el cual reglamenta lo dispuesto en el artículo 99 de la Ley 115 de 1994 en relación con puntajes altos en exámenes de Estado. Este decreto establece las normas y procedimientos para el reconocimiento y la valoración de los puntajes sobresalientes en los exámenes de Estado, lo que es relevante en el contexto de la investigación sobre el desempeño académico de los estudiantes en las pruebas Saber. Es importante señalar que la base de datos del ICFES utilizada en la investigación es de acceso público y libre de uso, otorgada por el propio ICFES como datos abiertos, lo que garantiza la transparencia y legitimidad en el manejo de los datos.

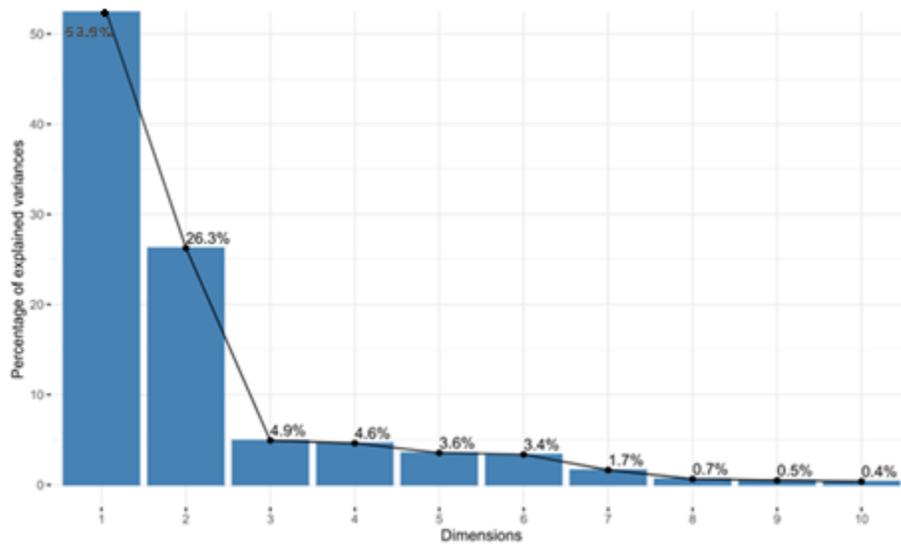
9. RESULTADOS

Aplicando el análisis de componentes principales (PCA) a la totalidad de la información contenida en la base de datos, se logra reducir la complejidad inicial de los datos. Este proceso genera nuevas dimensiones que agrupan y representan las categorías de estudio, dependiendo de su relevancia estadística. Como resultado, se obtuvieron 10 dimensiones, tal como se muestra en el análisis Elbow representado en el Gráfico 2.

Al analizar el porcentaje de varianza explicada por cada dimensión, se identificaron las dimensiones 1 y 2 como las más representativas, ya que juntas explican una parte significativa del comportamiento de los datos. Específicamente, estas dimensiones aportan un 53.9% y un 26.3% de la varianza explicada, respectivamente, sumando un total del 80.2%. Por lo tanto, estas dos dimensiones fueron seleccionadas para el análisis, al considerarse suficientes para interpretar de manera adecuada el conjunto de información y garantizar una representación clara y precisa de los datos originales.

Figura 4

Análisis Elbow

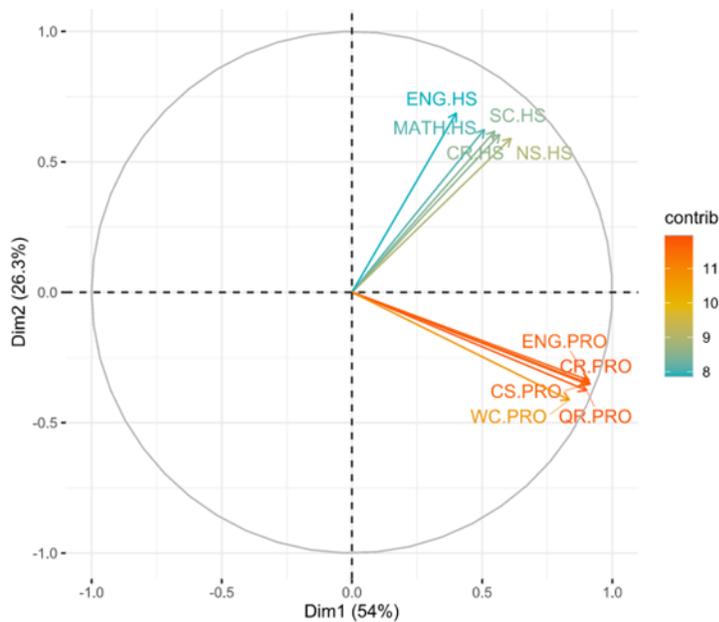


Nota: Análisis de dimensiones. Elaboración propia.

Luego, las dos dimensiones principales se someten a una observación grafica de sus contribuciones sobre la varianza explicada para las 10 variables de estudio. En la figura 5 se aprecia un bajo rendimiento de las variables asociadas a los resultados de los estudiantes en las pruebas saber 11; sin embargo, se demuestra que, al culminar su desarrollo como profesionales, hubo un incremento en el nivel de desempeño de sus competencias generales, de acuerdo con las contribuciones de las variables correspondientes a las pruebas saber pro.

Figura 5

Contribución de las variables sobre la varianza explicada.



Nota: Elaboración propia

Los dos componentes principales representan dos dimensiones latentes que subyacen a las calificaciones de los estudiantes. Cada punto en el gráfico representa a un estudiante individual, y su posición en el gráfico está determinada por sus puntuaciones en los dos componentes principales.

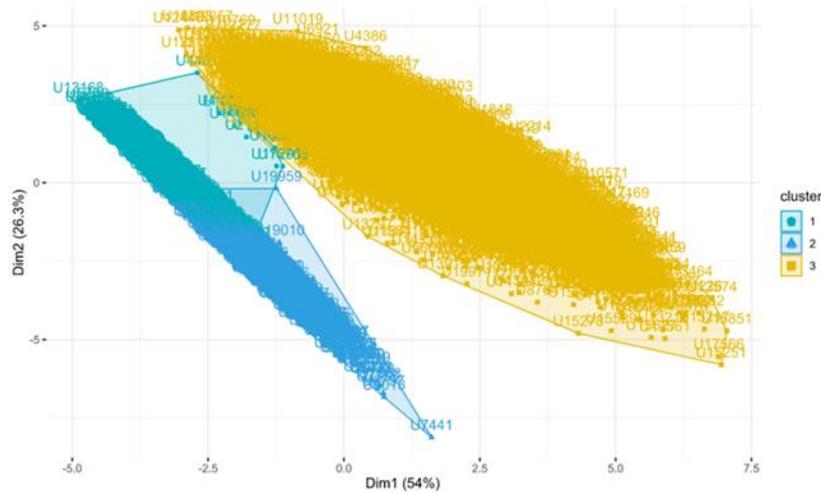
El componente principal 1 (Dim1) se representa en el eje horizontal y captura el 54% de la variabilidad de los datos. El componente principal 2 (Dim2) se representa en el eje vertical y captura el 26,3% de la variabilidad de los datos.

Esta distribución sugiere la existencia de dos grupos de estudiantes con patrones de rendimiento distintos, aquellos ubicados en el *clúster* superior izquierdo muestran puntuaciones relativamente altas en todas las materias, lo que indica un desempeño generalmente alto. Por otro lado, los estudiantes del *clúster* inferior derecho presentan puntuaciones más bajas en matemáticas y ciencias, pero puntuaciones más altas en inglés y estudios sociales. Esto sugiere que estos estudiantes enfrentan dificultades en matemáticas y ciencias, pero muestran fortalezas en inglés y estudios sociales. Además, se observa la presencia de una pequeña cantidad de estudiantes que se encuentran fuera de los dos *clusters* principales, lo que indica la existencia de patrones de rendimiento únicos que no se ajustan a ninguno de los dos grupos predominantes.

Acto seguido, los datos de las dimensiones principales seleccionadas se dividen en 3 grupos según su similitud en comportamiento (Ver figura 6).

Figura 6

Diagrama de partición por grupos.



Nota: Elaboración propia. imparcialidad.

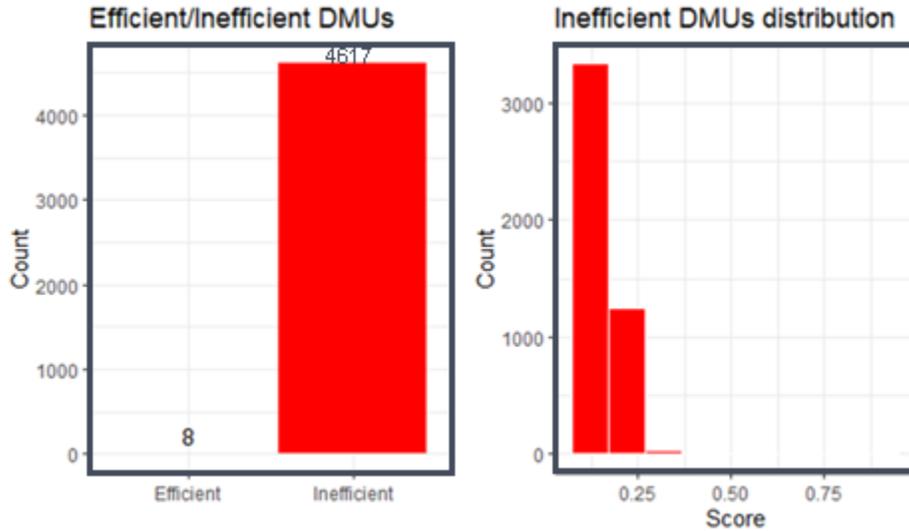
Luego de desarrollar el análisis envolvente de datos por medio del lenguaje de programación R, se obtienen los siguientes resultados de eficiencia relativa para cada uno de los tres grupos segmentados en PCA, los cuales fueron realizados aplicando dos metodologías pertenecientes al DEA: rendimientos constantes a escala (CRS), que estudia el desempeño de los estudiantes en circunstancias optimas, donde todos cuentan con las mismas condiciones operando como una medida global; y rendimientos variables a escala (VRS), que asume el desempeño individual de los estudiantes en las pruebas bajo condiciones diferentes entre sí. Para efectos de la técnica DEA, los estudiantes serán nombrados como decision making units (DMU).

Resultados DEA para grupo 1:

Con respecto a los resultados de eficiencia del grupo 1 se observa en la figura 7 que, con un rendimiento constante a escala (CRS), de 4625 estudiantes solo 8 fueron eficientes, mientras que 4617 son ineficientes.

Figura 7

Gráfico de eficiencia para grupo 1 con CRS



Nota: Elaboración propia.

A continuación, se presentan algunas de las universidades de los egresados eficientes solo los que muestran valores de 1, además de las universidades de aquellos con mayores resultados ineficientes (Ver tabla 2).

Tabla 2

Eficiencia relativa de DMUs para grupo 1 con CRS.

DMU	Eficiencia	Universidad
U4401	1	Universidad de pamplona-pamplona
U4439	1	Universidad la gran colombia-bogotá d.c.
U10025	1	Corporación universidad de la costa, cuc-barranquilla
U10889	1	Universidad tecnológica del choco"diego luis cordoba"-Quibdó

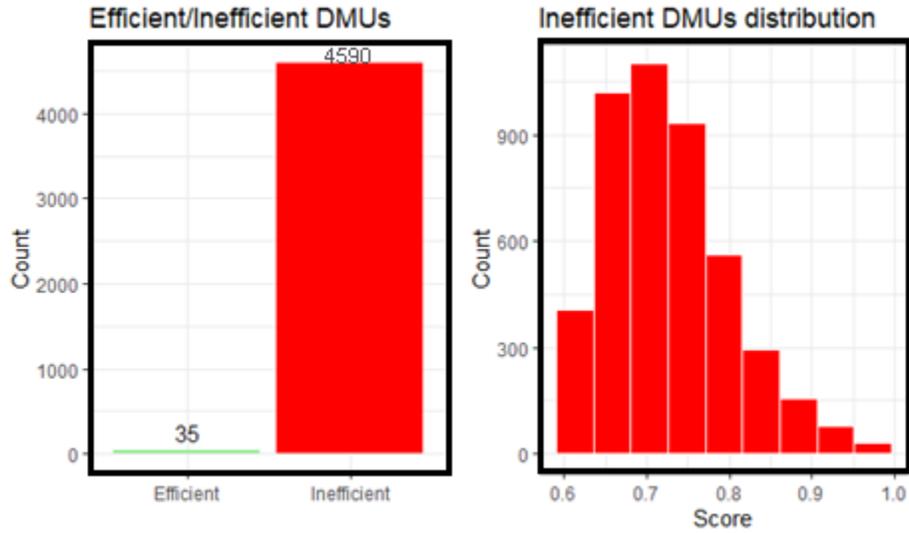
U14600	1	Universidad del sinú 'elías bechara zainum' - unisinu-monteria
U1513	0.073	Institucion universitaria centro de estudios superiores maria gorette-pasto
U3752	0.076	Universidad la gran colombia-armenia
U1342	0.07	Universidad autonoma del caribe-barranquilla
U3329	0.8	Universidad la gran colombia-bogotá d.c.
U536	0.08	Universidad santo tomas-bucaramanga

Nota: Elaboración propia.

La figura 8 representa gráficamente el rendimiento del grupo empleando un rendimiento variable a escala (VRS), donde solo 35 DMUs son eficientes, y 4590 arrojan ineficiencia en los resultados de sus pruebas.

Figura 8

Gráfico de eficiencia para grupo 1 con VRS



Nota: Elaboración propia.

Seguidamente, la tabla 3 describe algunas de las universidades de las DMUs eficientes e ineficientes.

Tabla 3

Eficiencia relativa de DMUs para grupo 1 con VRS.

DMU	eficiencia	Universidad
U972	1	Corporacion universidad piloto de colombia-bogotá d.c.
U1138	1	Universidad catolica de manizales-manizales
U2141	1	Fundacion universitaria de popayan-popayan
U4401	1	Universidad de pamplona-pamplona
U4439	1	Universidad la gran colombia-bogotá d.c.
U5883	0.59	Universidad del valle-cali

U979	0.59	Universidad nacional de colombia-bogotá d.c.
U1707	0.59	Corporacion universidad piloto de colombia-bogotá d.c.
U190	0.59	Corporacion universitaria del caribe - cecar-sincelejo
U3868	0.59	Universidad santo tomas-bogotá d.c.

Nota: Elaboración propia.

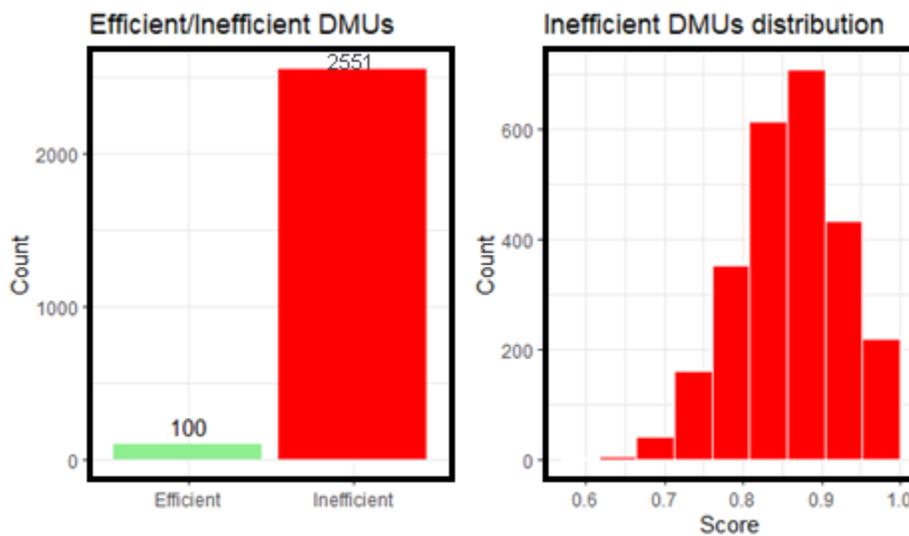
Resultados DEA para grupo 2:

En cuanto a los resultados de eficiencia del grupo 2 se observa en la figura 9 que, bajo un rendimiento constante a escala (CRS), de 2651 estudiantes 100 fueron eficientes, mientras que 2551 son ineficientes.

como la habilidad que muestra un nivel de ineficiencia critico en los grupos 1 y 3; ingles muestra un rendimiento bajo tanto en el grupo 1 como en el 2; y se aprecia una falencia significativa en el área.

Figura 9

Gráfico de eficiencia para grupo 2 con CRS.



Nota: Elaboración propia.

A continuación, se presentan algunas de las universidades de los egresados eficientes, junto a las universidades de aquellos con resultados más ineficientes (Ver tabla 4).

Tabla 4

Eficiencia relativa de DMUs para grupo 2 con CRS

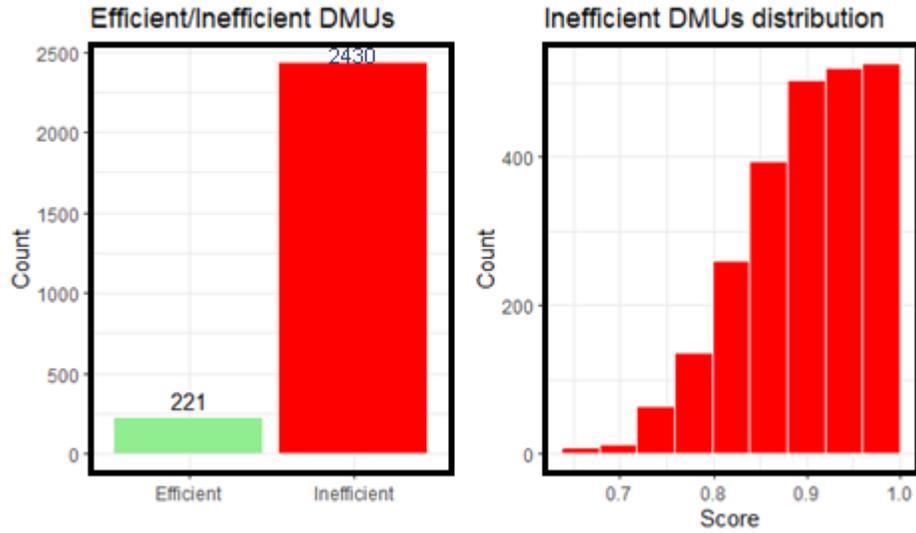
DMU	Eficiencia	Universidad
U113	1	Corporacion universidad piloto de colombia-bogotá d.c.
U141	1	Pontificia universidad javeriana-bogotá d.c.
U200	1	Universidad del valle-cali
U317	1	Pontificia universidad javeriana-bogotá d.c.
U365	1	Universidad nacional de colombia-bogotá d.c.
U7873	0.56	Universidad de los andes-bogotá d.c.
U7921	0.59	Pontificia universidad javeriana-bogotá d.c.
U7441	0.60	Universidad de los andes-bogotá d.c.
U8750	0.61	Universidad pontificia bolivariana-medellin
U10307	0.62	Universidad de los andes-bogotá d.c.

Nota: Elaboración propia

La figura 10 representa gráficamente el rendimiento del grupo empleando un rendimiento variable a escala (VRS), donde 221 DMUs son eficientes, y 2430 arrojan ineficiencia en los resultados de sus pruebas.

Figura 10

Gráfico de eficiencia para grupo 2 con VRS.



Nota: Elaboración propia.

Seguidamente, la tabla 5 describe algunas de las universidades de las DMUs eficientes e ineficientes.

Tabla 5

Eficiencia relativa de DMUs para grupo 2 con VRS

DMU	Eficiencia	Universidad
U70	1	Pontificia universidad javeriana-bogotá d.c.
U71	1	Pontificia universidad javeriana-bogotá d.c.
U87	1	Universidad de los andes-bogotá d.c.
U119	1	Universidad catolica de colombia-bogotá d.c.
U141	1	Pontificia universidad javeriana-bogotá d.c.
U7441	0.63	Universidad de los andes-bogotá d.c.
U7355	0.64	Universidad de los andes-bogotá d.c.
U8757	0.66	Universidad nacional de colombia-bogotá d.c.

U7873 0.66 Universidad de los andes-bogotá d.c.

U7445 0.66 Universidad de los andes-bogotá d.c.

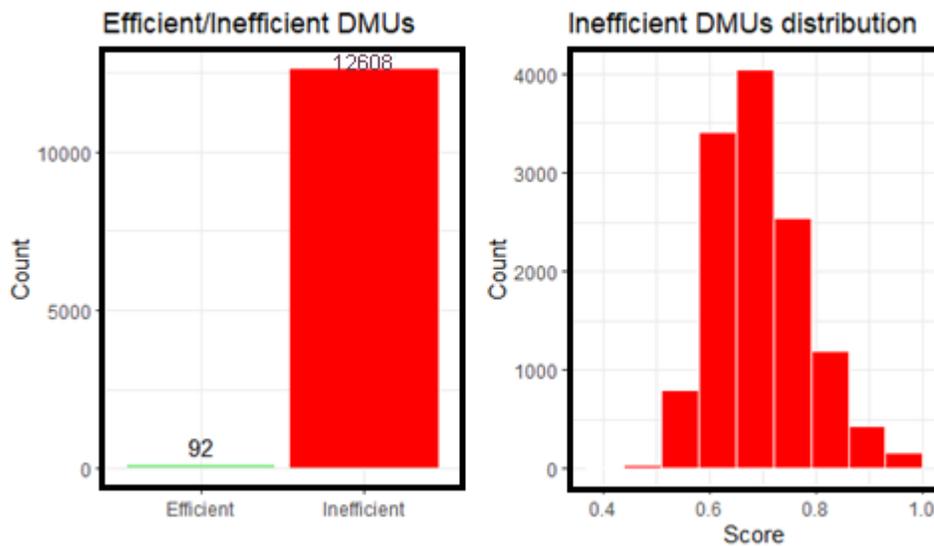
Nota: Elaboración propia

Resultados DEA para grupo 3:

En lo referente a los resultados de eficiencia del grupo 3 se observa en la figura 11 que, bajo un rendimiento constante a escala (CRS), de 12700 estudiantes 92 fueron eficientes, mientras que 12608 son ineficientes.

Figura 11

Gráfico de eficiencia para grupo 3 con CRS.



Nota: Elaboración propia.

A continuación, se presentan algunas de las universidades de los egresados eficientes, junto a las universidades de aquellos con resultados más ineficientes (Ver tabla 6).

Tabla 6

Eficiencia relativa de DMUs para grupo 3 con CRS

DMU	Eficiencia	Universidad
-----	------------	-------------

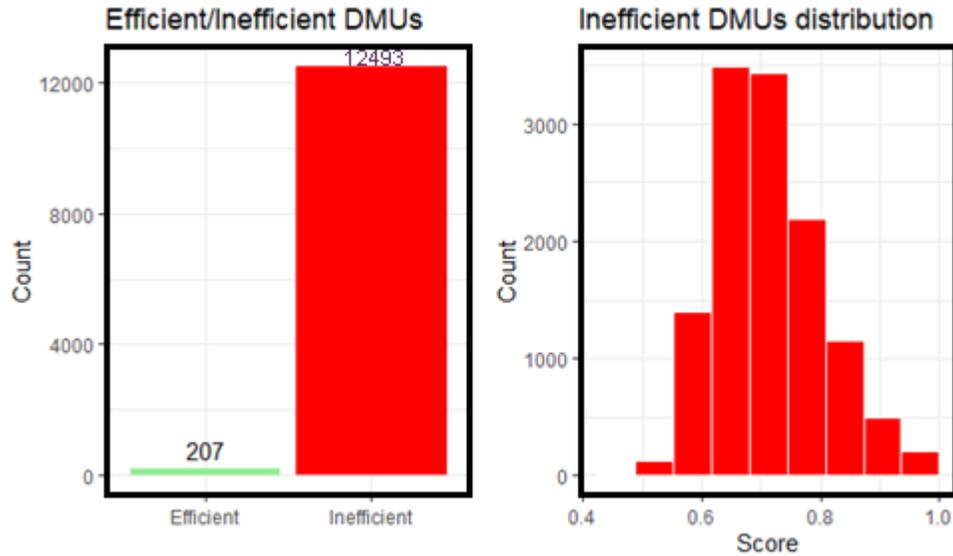
U1848	1	Universidad nacional de colombia-bogotá d.c.
U1857	1	Universidad nacional de colombia-medellin
U1897	1	Universidad francisco de paula santander-cucuta
U1901	1	Colegio mayor de antioquia-medellin
U2090	1	Pontificia universidad javeriana-cali
U9661	0.36	Universidad catolica de colombia-bogotá d.c.
U13797	0.37	Universidad santo tomas-bucaramanga
U19971	0.37	Fundacion universitaria de popayan-popayan
U14574	0.44	Universidad del tolima-ibague
U9144	0.46	Fundacion universidad de bogota"jorge tadeo lozano"-bogotá d.c.

Nota: Elaboración propia

La figura 12 representa gráficamente el rendimiento del grupo empleando un rendimiento variable a escala (VRS), donde 207 DMUs son eficientes, y 12493 arrojan ineficiencia en los resultados de sus pruebas.

Figura 12

Gráfico de eficiencia para grupo 3 con VRS.



Nota: Elaboración propia.

Seguidamente, la tabla 7 describe algunas de las universidades de las DMUs eficientes e ineficientes.

Tabla 7

Eficiencia relativa de DMUs para grupo 3 con VRS

DMU	Eficiencia	Universidad
U1860	1	Universidad nacional de colombia-medellin
U2077	1	Universidad pontificia bolivariana-medellin
U2090	1	Pontificia universidad javeriana-cali
U2230	1	Colegio mayor del cauca-popayan
U4362	1	Universidad antonio nariño-bogotá d.c.
U19971	0.42	Fundacion universitaria de popayan-popayan
U9661	0.44	Universidad catolica de colombia-bogotá d.c.
U16141	0.46	Universidad de los andes-bogotá d.c.

U13797	0.47	Universidad santo tomas-bucaramanga
U15492	0.48	Universidad nacional de colombia-bogotá d.c.

Nota: Elaboración propia

10. DISCUSIÓN

En este apartado se estudiarán los valores de eficiencia global (resultantes del método CRS) que las instituciones requieren conseguir para cada competencia genérica de las pruebas saber 11, señalando los objetivos de desempeño para los colegios; y las pruebas saber pro, donde se establecen las metas que se deben alcanzar por parte de las instituciones de educación superior.

Eficiencia DEA con CRS para grupo 1:

En la tabla 8 se puede evidenciar con los resultados de la media que, con respecto al rendimiento escolar en las pruebas saber 11, los colegios precisan mejorar en las siguientes áreas de menor desempeño en el examen: ingles (ENG.HS), requiriendo un valor de 2.05 para alcanzar la eficiencia con 4183 estudiantes ineficientes; matemáticas (MATH.HS), faltando 1.74 para ser eficientes y un total de 3902 estudiantes ineficientes; por último lectura crítica (CR.HS), restando 1.40 para lograr la calidad con una cuenta de 3470 estudiantes fuera del rango de eficiencia.

Tabla 8

Análisis descriptivo global de pruebas saber 11 para el grupo 1

slack_inpu	slack_input.	slack_input.N	slack_input.S	slack_input.EN
t.CR.HS	MATH.HS	S.HS	C.HS	G.HS

Media	1,4045775	1,74221356	1,079405675	1,16868312	2,0525115
	4				
Error típico	0,0217675	0,02145818	0,02906387	0,02323887	0,02263428
	1				
Desviación estándar	1,2822525	1,3404063	1,262523257	1,19899949	1,4638973
	7				
1er cuartil	0,5581523	0,81700124	0,327487861	0,4429326	1,02183441
	5				
2do cuartil (mediana)	1,1521343	1,53175316	0,741211196	0,91099946	1,76455091
	2				
3er cuartil	1,8622821	2,36458343	1,387433038	1,54537041	2,75830191
	7				
Varianza de la muestra	1,6441716	1,79668904	1,593964974	1,43759978	2,14299531
	6				
Curtosis	25,360239	59,8292369	53,39132032	129,283629	5,46121308
	8				
Coeficiente de asimetría	3,3261071	3,92992972	4,930608072	6,91054869	1,64193714
	2				
Rango	20,023950	30,6848502	22,20188308	29,7932057	15,9183154
	4				

Mínimo	0,0002768 6	0,00071537	9,42154E-05	0,0002116	0,00112715
Máximo	20,024227 3	30,6855655	22,20197729	29,7934173	15,9194425
Suma	4873,8840 5	6798,11731	2036,838509	3111,03445	8585,6556
Cuenta	3470	3902	1887	2662	4183

Nota: Elaboración propia.

Por otra parte, las áreas de mayor necesidad de enfoque por parte de las universidades en las pruebas saber pro para aumentar su calidad educativa son: Razonamiento cuantitativo (QR.PRO), con un 10.56 faltante para ser considerado eficiente y 4613 egresados por debajo del nivel de calidad aceptado; ingles (ENG.PRO), con un valor faltante de 5.05 y 3311 estudiantes ineficientes; junto a lectura crítica (CR.PRO), siendo ineficiente por 3.79, y obteniendo 1865 estudiantes que no alcanzaron el valor objetivo de eficiencia en la categoría (Ver tabla 9).

Tabla 9

Análisis descriptivo global de pruebas saber pro para el grupo 1

	slack_output. QR.PRO	slack_output. CR.PRO	slack_output. CS.PRO	slack_output. ENG.PRO	slack_output. WC.PRO
Media	10,56185998	3,795336622	3,102091129	5,059896811	No aplica
Error típico	0,031672479	0,045358425	1,115323506	0,041734654	65535

Desviación estándar	2,15116532	1,958832887	2,731973487	2,401465813	No aplica
1er cuartil	9,15896186	2,385678778	1,187577308	3,397401814	No aplica
2do cuartil (mediana)	10,58964653	3,882568811	2,442461763	5,066525924	No aplica
3er cuartil	12,0159864	5,175088621	5,071905418	6,806713266	No aplica
Varianza de la muestra	4,627512233	3,837026278	7,463679136	5,767038052	No aplica
Curtosis	1,068719389	1,058584545	1,65516278	- 0,149096618	No aplica
Coefficiente de asimetría	-0,32342631	0,226322472	1,196366737	0,047041062	No aplica
Rango	18,38242643	18,73002897	7,783042111	17,72391114	0
Mínimo	0,037773004	0,013056089	0,144713655	0,003333333	0
Máximo	18,42019943	18,74308506	7,927755766	17,72724448	0
Suma	48721,86007	7078,302799	18,61254677	16753,31834	0
Cuenta	4613	1865	6	3311	0

Nota: Elaboración propia.

Eficiencia DEA con CRS para grupo 2:

En la tabla 10 se puede evidenciar con los resultados de la media que, con respecto al rendimiento escolar en las pruebas saber 11, los colegios precisan mejorar en las siguientes áreas de menor desempeño en el examen: ingles (ENG.HS), requiriendo un valor de 6.19 para alcanzar la eficiencia con 133 estudiantes ineficientes; matemáticas (MATH.HS), faltando 6.0 para ser eficientes y un total de 263 estudiantes ineficientes; por último lectura crítica (CR.HS), restando 4.39 para lograr la calidad con una cuenta de 442 estudiantes fuera del rango de eficiencia. Las mayores cuentas de estudiantes con rendimiento por debajo del valor objetivo pertenecen a las categorías de ciencias naturales (NS.HS) con 539, y ciudadanía y sociales (SC.HS) con 498.

Tabla 10

Análisis descriptivo global de pruebas saber 11 para el grupo 2

	slack_input.C	slack_input.	slack_input.N	slack_input.	slack_input.
	R.HS	MATH.HS	S.HS	SC.HS	ENG.HS
Media	4,396761685	6,006158838	3,973686029	4,04906094	6,19743478
Error típico	0,19100725	0,344364792	0,153359627	0,16396529	0,47352564
Desviación estándar	4,015697467	5,584658441	3,560454384	3,65903527	5,46096414

1er cuartil	1,28761043	1,927823871	1,364732172	1,30058119	1,83970096
2do cuartil (mediana)	3,168502108	4,112404323	2,853408711	3,06136061	4,12808727
3er cuartil	6,520954154	8,496858601	5,696165283	5,80055939	9,1509756
Varianza de la muestra	16,12582615	31,18840991	12,67683542	13,3885391	29,8221293
Curtosis	2,734002118	3,746214418	4,400481452	4,43885538	0,62707015
Coeficiente de asimetría	1,491794311	1,737243621	1,686951193	1,76739414	1,08481355
Rango	22,69002494	32,40442228	26,713796	23,1739602	25,4955401
Mínimo	0,011260834	0,038267119	0,004274118	0,01691611	0,03873212
Máximo	22,70128578	32,4426894	26,71807012	23,1908763	25,5342722
Suma	1943,368665	1579,619774	2141,816769	2016,43235	824,258826
Cuenta	442	263	539	498	133

Nota: Elaboración propia

Seguidamente, las áreas de mayor necesidad de enfoque por parte de las universidades en las pruebas saber pro para aumentar su calidad educativa son: comunicación escrita (WC.PRO), con un 1.40 faltante para ser considerado eficiente y 409 egresados por debajo del nivel de calidad aceptado; ingles (ENG.PRO), con un valor faltante de 1.23 y 1177 estudiantes ineficientes; junto a competencias ciudadanas (CS.PRO), siendo

ineficiente por 0.83, y obteniendo 1504 estudiantes que no alcanzaron el valor objetivo de eficiencia en la categoría (Ver tabla 11).

Tabla 11

Análisis descriptivo global de pruebas saber pro para el grupo 2

	slack_output. QR.PRO	slack_output. CR.PRO	slack_output. CS.PRO	slack_output. ENG.PRO	slack_output. WC.PRO
Media	0,523393976	0,529378382	0,834284194	1,231514195	1,402831791
Error típico	0,021160287	0,029441113	0,018020155	0,029244275	0,121363308
Desviación estándar	0,471736799	0,55236424	0,69884755	1,003296026	2,454421002
1er cuartil	0,179073837	0,133233616	0,338625255	0,457776025	0,276045616
2do cuartil (mediana)	0,396330084	0,354363621	0,674970669	1,047585778	0,592159937
3er cuartil	0,751352252	0,735120069	1,15728128	1,802290092	1,135959432
Varianza de la muestra	0,222535607	0,305106253	0,488387898	1,006602917	6,024182456
Curtosis	4,244062821	8,624222885	28,86744139	8,733913252	6,168628655
Coeficiente de asimetría	1,718616108	2,252418181	3,201678732	1,921186648	2,741203988

Rango	3,233267074	4,488376581	9,858815572	10,03464406	10,97830529
Mínimo	0,001425664	0,007971078	0,000424935	0,00268747	0,000302682
Máximo	3,234692738	4,496347659	9,859240507	10,03733153	10,97860797
Suma	260,1268062	186,3411904	1254,763427	1449,492208	573,7582026
Cuenta	497	352	1504	1177	409

Nota: Elaboración propia

Eficiencia DEA con CRS para grupo 3:

En la tabla 12 se puede evidenciar con los resultados de la media que, con respecto al rendimiento escolar en las pruebas saber 11, los colegios precisan mejorar en las siguientes áreas de menor desempeño en el examen: ingles (ENG.HS), requiriendo un valor de 6.33 para alcanzar la eficiencia con 4336 estudiantes ineficientes; matemáticas (MATH.HS), faltando 4.24 para ser eficientes y un total de 4188 estudiantes ineficientes; por último ciencias naturales (NS.HS), restando 3.57 para lograr la calidad con una cuenta de 2919 estudiantes fuera del rango de eficiencia.

Tabla 12

Análisis descriptivo global de pruebas saber 11 para el grupo 3

	slack_input.	slack_input.	slack_input.N	slack_input.S	slack_input.E
	CR.HS	MATH.HS	S.HS	C.HS	NG.HS
Media	3,07275972	4,248250082	3,578877951	3,382997648	6,334021403
Error típico	0,11178866	0,059643196	0,059270104	0,055580491	0,081745072

Desviación estándar	2,85444418	3,859795015	3,202231596	3,043253946	5,382774886
1er cuartil	1,0247214	1,45113381	1,198225049	1,062842092	2,234491341
2do cuartil (mediana)	2,36627867	3,267546527	2,762701363	2,591740199	4,958345577
3er cuartil	4,24829423	5,9627586	5,019211261	4,755636935	9,017282902
Varianza de la muestra	8,14785159	14,89801756	10,2542872	9,261394578	28,97426547
Curtosis	4,19878543	6,366753406	3,952000589	3,203006167	2,200780721
Coeficiente de asimetría	1,81901553	1,924809124	1,654136934	1,560586584	1,354587386
Rango	17,4665527	36,59485159	24,11668269	22,44455115	41,95019262
Mínimo	0,00037426	2,7072E-07	8,37668E-11	2,73521E-11	0,000788285
Máximo	17,466927	36,59485186	24,11668269	22,44455115	41,95098091
Suma	2003,43934	17791,67134	10446,74474	10142,22695	27464,31681
Cuenta	652	4188	2919	2998	4336

Nota: Elaboración propia

Las áreas de mayor necesidad de enfoque por parte de las universidades en las pruebas saber pro para aumentar su calidad educativa son: comunicación escrita (WC.PRO), con un 32.94 faltante para ser considerado eficiente y 4226 egresados por debajo del nivel de

calidad aceptado; competencias ciudadanas (CS.PRO), con un valor faltante de 27.73 y 8048 estudiantes ineficientes; junto a lectura crítica (CR.PRO), siendo ineficiente por 19.22, y obteniendo 6279 estudiantes que no alcanzaron el valor objetivo de eficiencia en la categoría (Ver tabla 13).

Tabla 13

Análisis descriptivo global de pruebas saber pro para el grupo 3

	slack_output. QR.PRO	slack_output. CR.PRO	slack_output. CS.PRO	slack_output. ENG.PRO	slack_output. WC.PRO
Media	18,62312951	19,22277303	27,73365285	19,20080528	32,94230577
Error típico	0,200794849	0,20680596	0,250751776	0,274532352	0,574574768
Desviación estándar	15,45729125	16,38733347	22,49510384	19,0636973	37,35177945
1er cuartil	6,877167645	7,159548057	10,61897218	6,396641395	9,116819912
2do cuartil (mediana)	15,02175242	15,19419772	22,65151813	14,73186491	20,00627427
3er cuartil	26,25633146	26,62147791	39,5013197	26,44857949	39,00474337
Varianza de la muestra	238,9278529	268,5446983	506,0296969	363,4245547	1395,155428
Curtosis	3,038861974	4,411216032	3,785891124	20,53997966	3,311305925

Coeficiente de asimetría	1,454115407	1,63531388	1,457953915	3,289249611	1,96175798
Rango	123,0555862	159,7838495	220,2298685	220,5490083	218,8404827
Mínimo	1,11728E-10	1,52093E-10	2,36399E-10	4,9094E-07	0,002484448
Máximo	123,0555862	159,7838495	220,2298685	220,5490088	218,8429671
Suma	110360,6655	120699,7918	223200,4381	92586,28306	139214,1842
Cuenta	5926	6279	8048	4822	4226

Nota: Elaboración propia

Empleando la eficiencia relativa como termino para definir la calidad educativa, el grupo 2 contó con mayor eficiencia, con una proporción de 3.7% de los estudiantes, seguido por el grupo 3 con 0.72%, y por último el grupo 1 con 0.17%. Sin embargo, se puede apreciar a nivel general un nivel educativo significativamente decadente, con proporciones de estudiantes eficientes muy por debajo de la mitad de los datos.

ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE PUNTAJES DE LAS PRUEBAS EN GRUPOS:

El presente análisis se constituye de los resúmenes descriptivos de los resultados obtenidos por los estudiantes en las competencias genéricas de las pruebas saber 11 y saber pro, observando el desempeño de estos en función de los grupos segmentados en el análisis de componentes principales (PCA).

Resumen estadístico en grupo 1:

En las pruebas saber 11, los resultados de la desviación estándar indican una dispersión mayormente alta en el examen de matemáticas, con 8.22; mientras que la más baja se encuentra en la evaluación de ciencias naturales, con 6.19. El rango de los resultados confirma la variabilidad de las competencias. Las mediciones del coeficiente de asimetría revelan un sesgo principalmente negativo en todas las materias, excepto en inglés (ENG.HS), que tiene un sesgo positivo. Específicamente, las materias con sesgo negativo sugieren que los puntajes tienden a agruparse hacia la parte alta de la escala de puntajes, indicando un mejor rendimiento general en estas materias en comparación de otras (Ver tabla 14).

Tabla 14

Resumen descriptivo de pruebas saber 11 para el grupo 1

	CR.HS	MATH.HS	NS.HS	SC.HS	ENG.HS
Media	49,568813	49,4792757	48,5082508	48,7454378	47,1822141
Error típico	0,09198488	0,12080729	0,09107355	0,10873083	0,1139661
Moda	49,19	50,54	49,87	48,62	43,48
Desviación estándar	6,25564836	8,21578429	6,19367072	7,39449599	7,75053263
1er cuartil	45,12	44,48	44,56	43,86	42,2
2do cuartil (mediana)	49,19	49,84	48,23	48,89	47,15

3er cuartil	53,5	55	52,34	54,05	52,09
Varianza de la muestra	39,1331365	67,4991114	38,361557	54,678571	60,070756
Curtosis	0,30344564	0,39928695	0,55190404	0,36239826	0,31553201
Coefficiente de asimetría	-0,16791275	-0,15672095	-0,0758417	-0,31820656	0,21671082
Rango	48,73	69,39	57,54	55,98	68,14
Mínimo	23,94	13,06	19,02	15,93	9
Máximo	72,67	82,45	76,56	71,91	77,14
Suma	229255,76	228841,65	224350,66	225447,65	218217,74

Nota: Elaboración propia

Las pruebas saber pro muestran una dispersión de sus datos con respecto a la media más alta en razonamiento cuantitativo al igual que las pruebas saber 11, con 4.84; y más baja en comunicación escrita, con 2.94. El coeficiente de asimetría señala como principales valores bajos a las competencias de lectura crítica, competencias ciudadanas y comunicación escrita, describiendo unas distribuciones muy sesgadas hacia la derecha. El rango es más amplio en lectura crítica (149) y razonamiento cuantitativo (146.3), apuntando a una gran variabilidad en los resultados de estas pruebas (Ver tabla 15).

Tabla 15

Resumen descriptivo de pruebas saber pro para el grupo 1

	QR.PRO	CR.PRO	CS.PRO	ENG.PRO	WC.PRO
Media	10,2452757	10,2671351	9,86763243	10,3635719	9,8091027
Error típico	0,07113708	0,06246338	0,04629393	0,06019468	0,04321437
Moda	9,9	10,3	10	9,6	9,4
Desviación estándar	4,83784415	4,24796879	3,14832728	4,09368076	2,93889495
1er cuartil	9,5	9,5	9,2	9,6	9,3
2do cuartil (mediana)	10	10,1	9,8	10,06	9,8
3er cuartil	10,6	10,7	10,4	10,6	10,4
Varianza de la muestra	23,404736	18,0452389	9,91196466	16,7582222	8,63710354
Curtosis	556,81386	654,120038	663,386318	597,87282	1463,71665
Coficiente de asimetría	22,9205688	24,4500762	24,4429197	23,3844694	33,7293115
Rango	146,3	149	108	127	141
Mínimo	6,7	0	0	0	0
Máximo	153	149	108	127	141
Suma	47384,4	47485,5	45637,8	47931,52	45367,1

Nota: Elaboración propia

El análisis estadístico señala a las pruebas saber 11 como aquel conjunto de datos con resultados más dispersos en relación a la media que las pruebas saber pro, caso contrario al rango, donde se evidencia mayor amplitud entre el valor máximo y mínimo de la última prueba mencionada. Seguidamente, las pruebas saber pro marcan distribuciones mas sesgadas hacia la derecha, siendo su concentración de resultados significativamente bajos.

Resumen estadístico en grupo 2:

Al igual que el grupo anterior, las pruebas saber 11 tienen una desviación estándar relativamente alta, con una dispersión significativa en los resultados. Principalmente en el examen de inglés, con 12.55; mientras que la más baja se encuentra en la evaluación de ciudadanía y sociales, con 7.30. El sesgo es principalmente positivo en todas las materias, por lo que su concentración de puntajes tiende a la parte más baja de la escala (Ver tabla 16).

Tabla 16

Resumen descriptivo de pruebas saber 11 para el grupo 2

	CR.HS	MATH.HS	NS.HS	SC.HS	ENG.HS
Media	58,7065522	63,0509204	57,930943	58,480381	72,9595134
Error típico	0,14361872	0,19334101	0,14785523	0,14188205	0,24382105
Moda	59,48	58,94	55,09	62,57	83,41

Desviación estándar	7,39462085	9,95471551	7,61274973	7,30520357	12,5538249
1er cuartil	53,57	56,43	53,07	53,57	62,94
2do cuartil (mediana)	58,39	62,53	57,49	58,08	71,53
3er cuartil	62,84	69,01	62,33	62,57	80,55
Varianza de la muestra	54,6804175	99,0963609	57,9539585	53,3659992	157,598519
Curtosis	1,00707986	1,49555483	1,53931283	0,83673673	0,1939099
Coeficiente de asimetría	0,45738666	0,66125817	0,67342722	0,30151083	0,54214586
Rango	56,32	85,08	76,77	70,54	74,18
Mínimo	34,68	28,38	28,18	21,46	43,11
Máximo	91	113,46	104,95	92	117,29
Suma	155631,07	167147,99	153574,93	155031,49	193415,67

Nota: Elaboración propia

La desviación estándar en las pruebas saber pro es más alta en inglés y competencias ciudadanas, resaltando una variabilidad considerable en los datos; mientras que lectura crítica muestra menor dispersión en relación a la media. El sesgo es negativo en todas las

materias a excepción de competencias ciudadanas e inglés, infiriendo que los estudiantes obtuvieron puntajes más altos en la mayoría de las evaluaciones (Ver tabla 17).

Tabla 17

Resumen descriptivo de pruebas saber pro para el grupo 2

Columna1	QR.PRO	CR.PRO	CS.PRO	ENG.PRO	WC.PRO
Media	10,87419842	10,98962656	10,6035081	12,4732177	10,2570728
Error típico	0,020407984	0,018464291	0,04571915	0,10683436	0,030767485
Moda	10,8	11	10,4	13,6	9,4
Desviación estándar	1,050763455	0,950686888	2,35398156	5,50067275	1,584152042
1er cuartil	10,2	10,5	10	11,18	9,5
2do cuartil (mediana)	10,8	11	10,6	12,3	10,4
3er cuartil	11,5	11,6	11,1	13,6	11,1
Varianza de la muestra	1,104103838	0,903805559	5,5412292	30,2574007	2,509537692
Curtosis	13,48406896	13,74354466	1761,8816	1132,94412	22,69902532

Coeficiente de asimetría	-0,82625359	-1,24926862	37,7602435	32,3824839	-3,80629488
Rango	16	15,5	120	207	13,3
Mínimo	0	0	0	0	0
Máximo	16	15,5	120	207	13,3
Suma	28827,5	29133,5	28109,9	33066,5	27191,5

Nota: Elaboración propia

Resumen estadístico en grupo 3:

La dispersión en las pruebas saber 11 es la más alta de los tres grupos al observar los resultados de la desviación estándar. Todas las competencias presentan un sesgo positivo, indicando que, en promedio, los estudiantes obtuvieron puntajes bajos según la concentración de los datos (Ver tabla 18).

Tabla 18

Resumen descriptivo de pruebas saber 11 para el grupo 3

Columna1	CR.HS	MATH.HS	NS.HS	SC.HS	ENG.HS
Media	56,3280157	57,3132724	56,5096126	55,4195764	56,8828307
Error típico	0,08845381	0,0973285	0,09456049	0,08961127	0,12920887
Moda	58	49	55	62	43
Desviación estándar	9,96823849	10,968365	10,656426	10,0986771	14,5611007

1er cuartil	50	50	49	49	46
2do cuartil (mediana)	56	57	55,09	55,32	53,32
3er cuartil	63	64	63	62	65,1
Varianza de la muestra	99,3657786	120,30503	113,559415	101,983278	212,025654
Curtosis	0,69155439	0,52010832	0,4758009	0,46133307	0,10267918
Coefficiente de asimetría	0,20511257	0,25493826	0,34784975	0,08502272	0,7488729
Rango	100	98,48	90,78	84,08	103,29
Mínimo	0	15	9,22	15,92	14
Máximo	100	113,48	100	100	117,29
Suma	715365,8	727878,56	717672,08	703828,62	722411,95

Nota: Elaboración propia

El coeficiente de asimetría es negativo en todas las materias, por lo que los resultados de las pruebas saber pro para este grupo están sesgadas hacia la izquierda, concentrándose en la parte alta de la escala de puntajes con un mejor rendimiento general. Así mismo, es la prueba de educación superior con los puntajes más dispersos de los tres grupos (Ver tabla 19).

Tabla 19*Resumen descriptivo de pruebas saber pro para el grupo 3*

	QR.PRO	CR.PRO	CS.PRO	ENG.PRO	WC.PRO
Media	157,387874	155,591417	144,776772	164,534882	143,921496
Error típico	0,23961012	0,26622411	0,28935114	0,27595012	0,35820742
Moda	161	161	149	151	0
Desviación estándar	27,0026894	30,001933	32,6082177	31,0979993	40,3679263
1er cuartil	140	135	121	143	128
2do cuartil (mediana)	159	156	147	165	145
3er cuartil	176	177	169	187	166
Varianza de la muestra	729,145234	900,115983	1063,29586	967,085562	1629,56947
Curtosis	0,4376626	-0,16356608	-0,09537298	1,79998919	4,12044947
Coeficiente de asimetría	-0,06265929	-0,1666893	-0,16754853	-0,22121808	-1,17065243

Nota: Elaboración propia

11. CONCLUSIONES

El presente estudio ha investigado la eficiencia académica y profesional de los egresados de arquitectura en Colombia, empleando datos de las pruebas Saber 11 y Saber Pro correspondientes al período 2016-1 a 2021-1. Los resultados reflejan bajos niveles de eficiencia general, donde únicamente un 0.2% de los egresados del grupo 1, un 3.8% del grupo 2 y un 0.7% del grupo 3 fueron clasificados como eficientes bajo el modelo de rendimientos constantes a escala (CRS).

Se identificaron diferencias significativas en los niveles de eficiencia entre los tres grupos analizados. El grupo 2 mostró la mayor proporción de estudiantes eficientes, mientras que el grupo 1 presentó los niveles más bajos de eficiencia. Estas diferencias pueden estar relacionadas con factores como la calidad de la educación impartida por las instituciones de educación superior (IES), el contexto socioeconómico de los estudiantes, las características individuales y las oportunidades laborales.

En el caso del grupo 1, no se evidenció mejoría en las áreas de inglés y lectura crítica a lo largo del proceso formativo, manteniéndose con bajos desempeños en ambas competencias. Este hallazgo sugiere deficiencias en los enfoques pedagógicos utilizados por las IES para fortalecer estas áreas críticas.

A pesar de los bajos niveles generales de eficiencia, se destacó una mejora en el desempeño de los egresados en las pruebas Saber Pro en comparación con los resultados obtenidos en Saber 11 en varias competencias. Esto indica un progreso en la adquisición de habilidades y conocimientos durante el proceso formativo, aunque el avance no es uniforme ni suficiente en todos los casos.

Los hallazgos revelan que la autonomía otorgada a las universidades para preparar a los estudiantes no siempre produce resultados positivos. Los casos frecuentes de estudiantes que no logran mejorar sus resultados entre Saber 11 y Saber Pro reflejan posibles debilidades en la calidad de los programas académicos y su alineación con las competencias requeridas. Por lo tanto, resulta crucial repensar las estrategias formativas implementadas por las universidades para garantizar una educación de calidad.

En este sentido, se proponen una serie de recomendaciones dirigidas a los principales actores del proceso educativo. Para las Instituciones de Educación Superior (IES), se sugiere fortalecer las áreas críticas como inglés, matemáticas y lectura crítica mediante la actualización de los planes de estudio y la contratación de profesores especializados.

Asimismo, se recomienda implementar programas de tutoría gratuitos, sensibilizar a los estudiantes sobre la importancia de las pruebas Saber mediante campañas informativas y realizar evaluaciones internas periódicas para ajustar estrategias formativas según los resultados obtenidos.

A los estudiantes, se les aconseja aprovechar los recursos institucionales, como tutorías y simulacros, y elaborar un plan de estudio que contemple la práctica constante en áreas críticas. Además, se les insta a buscar apoyo de profesores, tutores o compañeros de clase para mejorar su desempeño en las pruebas Saber.

Finalmente, para las autoridades educativas, se recomienda realizar investigaciones adicionales sobre la eficiencia de los egresados de arquitectura en Colombia, empleando análisis longitudinales y encuestas a egresados y empleadores. Basados en estos estudios, se propone diseñar políticas públicas orientadas a mejorar la calidad educativa, como programas de formación docente, becas para estudiantes y reformas curriculares que respondan a las necesidades del mercado laboral y la sociedad.

Además, los hallazgos sobre el desempeño en competencias específicas resaltan áreas clave que deben priorizarse. Por ejemplo, el bajo rendimiento en inglés y lectura crítica evidenciado en el grupo 1, donde no se observó mejora significativa entre las pruebas Saber 11 y Saber Pro, pone en evidencia la necesidad de reforzar estas competencias desde el inicio de la carrera profesional. El hecho de que la mayoría de los estudiantes se mantuvieran en niveles bajos en dichas áreas sugiere que los esfuerzos actuales de las universidades no son suficientes. Por ello, las recomendaciones dirigidas a las instituciones, como la actualización de los planes de estudio, la contratación de docentes especializados y el diseño de programas de apoyo académico, encuentran respaldo en estos resultados, ya que buscan corregir las deficiencias detectadas en los datos. De igual manera, se enfatiza la importancia de políticas públicas que incentiven la investigación y supervisión constante de la calidad educativa para garantizar una mejora continua en el desempeño de los egresados.

12. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Álvarez, M. C., Plata, L. D., Vargas, Á. J., & Fajardo, E. J. (2019). Educación superior en Santander, Colombia: Determinantes del rendimiento académico de

los estudiantes en las pruebas Saber Pro 2018. *Gestión y Desarrollo Libre*, 4(8), Article 8. <https://doi.org/10.18041/2539-3669/gestionlibre.8.2019.8124>

- Banker, R. D., Charnes, A., & Cooper, W. W. (1984). Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis. *Management Science*, 30(9), 1078-1092. <https://doi.org/10.1287/mnsc.30.9.1078>
- Benevolo, L., Galfetti, M., & Puigvehí, A. P. (1963). *Historia de la arquitectura moderna* (Vol. 2). Taurus.
- Carrillo, A. (2015). Población y muestra. *Métodos de la investigación*. Universidad Autónoma del Estado de México, Escuela Preparatoria Texcoco. Obtenido de [http://ri.uaemex.mx/oca/bitstream/20.500,11799\(35134\),1](http://ri.uaemex.mx/oca/bitstream/20.500.11799(35134),1).
- Cauas, D. (2015). Definición de las variables, enfoque y tipo de investigación. Bogotá: biblioteca electrónica de la universidad Nacional de Colombia, 2, 1-11. https://aulaweb.unicesar.edu.co/pluginfile.php/504122/mod_resource/content/60/Unidad_3/definicion_de_las_variables_enfoque_y_tipo_de_investigacion.html
- Charnes, A., Cooper, W. W., & Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, 2(6), 429-444. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(78\)90138-8](https://doi.org/10.1016/0377-2217(78)90138-8)
- Consejo Privado de Competitividad. (2021). *Informe nacional de competitividad 2021-2022*. 504. <https://compite.com.co/informe/informe-nacional-de-competitividad-2021-2022/>
- CPNAA. (2020). *Estudio de caracterización del arquitecto colombiano*. 48. Consejo Profesional Nacional de Arquitectura y sus Profesiones Auxiliares. <https://cpnaa.gov.co/wp-content/uploads/2020/06/ESTUDIO-DE-CARACTERIZACION.pdf>
- Delgado-Ramírez, M. (2013). Prueba de Calidad de la Educación Superior – SABER PRO -. ¿Qué indican los resultados? *Revista Colombiana de Anestesiología*, 41, 177-178. <https://doi.org/10.1016/J.RCAE.2013.06.005>.

- Dorado, A., & Isabel, M. (2019). Nuevos retos para la enseñanza de la arquitectura. *Actas INTED2019*. <https://doi.org/10.21125/INTED.2019.1862>.
- Franco, J. (2016). Experiencia de intervención educativa para mejorar la calidad de escritura académica de los estudiantes de posgrado. *CPU-e. Revista de Investigación Educativa*, (22), 151-175. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-53082016000100151&lng=es&tlng=es.
- García-González, J. R., Sánchez-Sánchez, P. A., Orozco, M., & Obredor, S. (2019). Knowledge Capture for the Prediction and Analysis of Results of the Quality Test of Higher Education in Colombia. *Formación universitaria*, 12(4), 55-62. <https://doi.org/10.4067/S0718-50062019000400055>
- Hale, R. (1980). Un análisis económico de la profesión arquitectónica. *Journal of Cultural Economics*, 4, 27-38. <https://doi.org/10.1007/BF02580848>.
- Herrera, J. C., & Jesus, D. (2018). Aplicación del análisis factorial exploratorio en la escala de satisfacción de los usuarios. Caso de estudio para una organización no gubernamental. *Revista Espacios*, 39(32). <https://www.revistaespacios.com/a18v39n32/18393219.htm>
- Kapliński, O. (2022). Architecture: Integration of Art and Engineering. *Buildings*. <https://doi.org/10.3390/buildings12101609>.
- Khodeir, L., y Nessim, A. (2020). Cambios en las habilidades para la empleabilidad de los estudiantes de arquitectura: análisis del mercado laboral frente a la educación en arquitectura en Egipto. *Ain Shams Engineering Journal*, 11, 811-821. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2019.11.006>.
- Lancheros Florián, L. (2012). Investigación no Experimental. *Diseños De Investigación I*. <https://repositorio.konradlorenz.edu.co/handle/001/2317>
- Legaz, S. G. (1998). El Análisis Envolvente De Datos Como Sistema De Evaluación De La Eficiencia Técnica De Las Organizaciones Del Sector Público: Aplicación En Los Equipos De Atención Primaria. *Revista Española de Financiación y Contabilidad*, 27(97), 979-1004.

- Meraj, A. (2019). Appropriate Teaching and Learning Strategies for the Architecture Students. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*. <https://doi.org/10.22214/ijraset.2019.5418>.
- Milburn, L., y Brown, R. (2016). Productividad y utilización de la investigación en arquitectura paisajística. *Landscape and Urban Planning*, 147, 71-77. <https://doi.org/10.1016/J.LANDURBPLAN.2015.11.005> .
- Navas, L., Montes, F., Abolghasem, S., Salas, R., Toloo, M., & Zarama, R. (2020). Evaluación de instituciones de educación superior colombianas. *Socio-economic Planning Sciences*, 71, 100801. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2020.100801> .
- Niebles, W., Martínez-Bustos, P., & Niebles-Núñez, L. (2020). Competencias matemáticas como factor de éxito en la prueba pro en universidades de Barranquilla, Colombia. *Educación y Humanismo*, 22(38), Article 38. <https://doi.org/10.17081/eduhum.22.38.3590>
- Ospina, A. y Zambrano, A. (2020). Arquitectura moderna: puente para la dignidad de la vivienda popular en Colombia., 8, 143-159. <https://doi.org/10.24267/22564004.616> .
- Pino-Mejías, J.-L., Solís-Cabrera, F. M., Delgado-Fernández, M., & Barea-Barrera, R. (2010). Evaluación de la eficiencia de grupos de investigación mediante análisis envolvente de datos (DEA). *Profesional de la información*, 19(2), Article 2. <https://doi.org/10.3145/epi.2010.mar.06>
- Poveda, A. (2011). Desarrollo económico y crecimiento en Colombia: Un análisis empírico con modelos DEA de súper eficiencia y datos de panel. *Socio-economic Planning Sciences*. <https://doi.org/10.1016/J.SEPS.2011.07.003> .
- Ramírez-Gutiérrez, Z., Barrachina-Palanca, M., & Ripoll-Feliu, V. (2020). Eficiencia en la educación superior. Estudio empírico en universidades públicas de Colombia y España. *Revista de Administração Pública*, 54(3), 468-500
- Rawat, U. (2021). Importance of Research in Architecture. *International journal of engineering research & technology (ijert)* Volume 10, Issue 01. DOI: 10.17577/IJERTV10IS010057

- Rollings, K., y Bollo, C. (2021). Características del diseño de viviendas de apoyo permanente asociadas con la salud mental de adultos que anteriormente vivían sin hogar en los EE. UU. y Canadá: una revisión integradora. *Revista internacional de investigación ambiental y salud pública*, 18. <https://doi.org/10.3390/ijerph18189588> .
- Shannon, K. (2021). Paisaje para arquitectos. *Revista de arquitectura paisajística*, 16, 96-97. <https://doi.org/10.1080/18626033.2021.2046815> .
- Vázquez L, (2019). Diseño de Investigación. *Universidad anáhuac* .<https://www.anahuac.mx/mexico/biblioteca/sites/default/files/inline-files/disenodeinvestigaagos19.pdf>
- Visbal-Cadavid, D., Mendoza, A., & Hoyos, I. (2019). Predicción de la eficiencia en instituciones de educación superior colombianas con análisis envolvente de datos y redes neuronales. *Pesquisa Operacional*. <https://doi.org/10.1590/0101-7438.2019.039.02.0261> .