

Impacto de variables educativas en el rendimiento del EGEL: estudio en IIA-FCQ

Iván Guillermo González Palomo, Elí Samuel González Trejo, Ruth Isela Martínez Valdez

**Universidad Autónoma de Nuevo León
México**

Resumen

En los últimos años, las pruebas estandarizadas han cobrado mayor relevancia para evaluar la calidad educativa a nivel mundial. En México, el Examen General para el Egreso de la Licenciatura (EGEL), desarrollado por el Centro Nacional de Evaluación para la Educación Superior (CENEVAL), mide el nivel de formación de los estudiantes al finalizar sus estudios universitarios. En el programa de Ingeniería Industrial y Administración (IIA), los resultados del EGEL reflejan la capacidad de los egresados para comprender, aplicar, analizar y evaluar conceptos aprendidos, así como su cumplimiento con los objetivos educacionales del programa. Esta investigación tiene como propósito cuantificar el impacto de diversos factores en el rendimiento del EGEL, entre ellos el plan de estudios, el desempeño en el seminario profesional, el lugar de aplicación, la tipología de alumno y su área laboral actual. Para ello, se emplea un diseño de experimentos factoriales 2^k aplicado a una muestra representativa. A través del análisis de varianza y el estudio de efectos principales, se identifican las condiciones óptimas para mejorar el rendimiento en el examen. Los resultados obtenidos permiten identificar los factores y sus interacciones más relevantes, así como sus niveles óptimos. Además, se construye un modelo de regresión con un coeficiente de determinación adecuado, proporcionando una herramienta analítica para la toma de decisiones dentro del programa educativo. Con estos hallazgos, el PE de IIA podrá evaluar estrategias con sus grupos de interés y adoptar condiciones óptimas que contribuyan al cumplimiento de certificaciones nacionales e internacionales, demostrando la calidad académica del programa.

Palabras clave: diseño de experimentos; ingeniero industrial; evaluación de egreso

Abstract

In recent years, standardized testing has gained increasing relevance as a means to assess educational quality worldwide. In Mexico, the General Examination for the Completion of a

Bachelor's Degree (EGEL), developed by the National Center for the Evaluation of Higher Education (CENEVAL), measures the level of student proficiency upon finishing their university studies. In the Industrial Engineering and Management (IIA) program, EGEL results reflect graduates' ability to understand, apply, analyze, and evaluate the concepts they have learned, as well as their alignment with the educational objectives of the program. The purpose of this research is to quantify the impact of several factors on EGEL performance, including the syllabus, performance in the professional seminar, exam location, student typology, and current work area. To achieve this, a 2^k factorial experimental design is applied to a representative sample. Through analysis of variance and the study of main effects, optimal conditions for improving exam performance are identified. The results reveal the most significant factors and their interactions, as well as their optimal levels. Furthermore, a regression model with an adequate coefficient of determination is constructed, providing an analytical tool for decision-making within the academic program. Based on these findings, the IIA program can evaluate strategies with its stakeholders and adopt optimal conditions that contribute to the fulfillment of national and international certifications, thereby demonstrating the academic quality of the program.

Keywords: *design of experiments; industrial engineer; graduation assessment*

1. Introducción

La evaluación de egresados universitarios constituye un instrumento estratégico para valorar el cumplimiento de los objetivos formativos y la pertinencia de los programas académicos frente a las demandas del mercado laboral. A través de la obtención de datos objetivos sobre conocimientos y competencias adquiridas, esta evaluación facilita la detección de áreas de mejora curricular, impulsa procesos de acreditación y certificación, y promueve la rendición de cuentas y la mejora continua de la oferta educativa (Zúñiga-Jara et al., 2021; Martínez-Rizo, 2012; INEE, 2018). Asimismo, permite establecer estándares de calidad mediante comparaciones institucionales y regionales, al tiempo que proporciona a los empleadores información valiosa sobre la preparación de los egresados (CENEVAL, 2020). A nivel internacional, distintos países han desarrollado mecanismos específicos para evaluar competencias profesionales y transversales, tales como el CLA+ en Estados Unidos (Arum & Roksa, 2011), el DLHE en Reino Unido (HESA, 2018), el GOS en Australia (QILT, 2021), el examen diagnóstico en Chile para carreras pedagógicas (CPEIP, 2020) y el SABER PRO en Colombia (ICFES, 2020). En México, el Examen General para el Egreso de la Licenciatura (EGEL), aplicado por el CENEVAL, se ha consolidado como una herramienta clave para evaluar el desempeño de los egresados, aportando información relevante para el fortalecimiento de la calidad educativa y la mejora en la formación profesional (Jiménez et al., 2024).

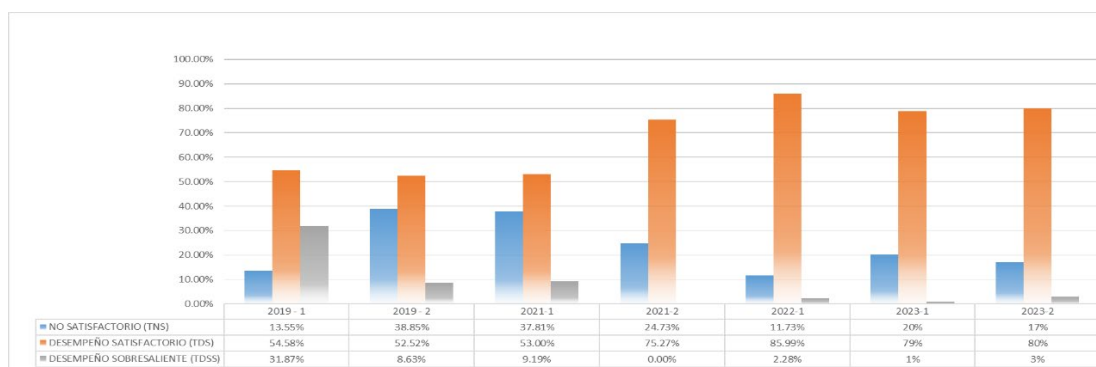
2. Marco Teórico

El rendimiento en los exámenes de egreso de nivel licenciatura responde a una interacción compleja de factores curriculares, académicos, institucionales y extracurriculares que inciden de forma significativa en los resultados obtenidos por los estudiantes. Diversos estudios han evidenciado que

las diferencias en los modelos educativos y en los métodos de enseñanza impactan directamente en el desempeño, destacando la importancia del diseño curricular (Jiménez-Salas & León-Rojas, 2023). En áreas como Psicología y Medicina, se ha encontrado una correlación directa entre el rendimiento en asignaturas clave —como Metodología, Estadística o clínicas— y los resultados en las evaluaciones terminales (Vallejo et al., 2016; Flores-Carrillo et al., 2021), mientras que el rendimiento académico sostenido y la experiencia laboral previa también son considerados predictores relevantes (Academia.edu, s.f.; Collegedunia, s.f.). A nivel internacional, universidades como la de Buenos Aires y la de Chile demandan una sólida preparación académica para sus exámenes finales, situación comparable con lo observado en programas de Derecho y Administración en México. En este contexto, el Examen General para el Egreso de la Licenciatura (EGEL) del CENEVAL se ha consolidado como un instrumento estandarizado para evaluar competencias profesionales (CENEVAL, 2023), cuyas implicaciones han llevado a algunas instituciones a incorporar sus resultados en la planeación académica y en la mejora continua.

En particular, en Ingeniería Industrial, se ha observado que los planes de estudio con énfasis en teoría y análisis matemático tienden a mejorar el rendimiento en pruebas estandarizadas (González, 2022), mientras que aquellos con orientación práctica favorecen los resultados en evaluaciones aplicadas (Gómez & Martínez, 2015), lo que subraya la necesidad de alinear la formación con las demandas del ejercicio profesional. Además, se ha implementado una nueva unidad de aprendizaje orientada a brindar asesorías al examen EGEL, algunos de sus resultados se observan en la figura 1; un incremento sostenido en el porcentaje de estudiantes con desempeño satisfactorio. No obstante, el nivel sobresaliente presenta una disminución relativa en los últimos periodos, lo cual representa un área de oportunidad.

Figura 1. Resultados EGEL IIA-FCQ 2019 al 2023.



Elaboración propia del autor a partir de los resultados del Dpto. Escolar FCQ.

Se determinó un *brainstorming* con el equipo de mejora continua del PE IIA-FCQ, para determinar las posibles fuentes de variación con mayor efecto en el rendimiento del EGEL. Estas incluyen el desempeño en las asesorías obligatorias en modalidad mixta, el lugar de presentación del examen, la tipología del alumno (regular o irregular), el área laboral actual del estudiante, y el plan de estudios al que pertenece. Otros factores considerados relevantes fueron el periodo del examen (primavera o invierno), el género del sustentante, y si el alumno es practicante o ya tiene contrato de planta.

El plan de estudios representa una variable crítica en el rendimiento académico de los sustentantes del EGEL. Investigaciones como las de González-Ramírez et al. (2024) y Perfiles Educativos evidencian que una adecuada alineación curricular con los contenidos evaluados mejora significativamente los resultados, como se ha comprobado en instituciones como la Universidad Autónoma de Baja California. A nivel internacional, se ha demostrado que la estructura y secuencia del currículo, así como factores asociados como la carga académica y el perfil docente, inciden en el desempeño estudiantil (González-Ramírez et al., 2024). En esta investigación, el plan de estudios se refiere al programa académico vigente —401 o 420— al que pertenece el sustentante. En cuanto al desempeño en asesorías, estudios de Garbanzo Vargas (2017), Jilakara y Waters (2020), y el CENEVAL (2023) destacan el impacto de la preparación previa, asesorías y hábitos de estudio sobre los resultados en exámenes de egreso. Asimismo, Sánchez-Élez et al. (2024) señalan que estrategias activas como la formulación de preguntas promueven aprendizajes más significativos. En este contexto, se evalúa el rendimiento en la asignatura Seminario para el Desempeño Profesional.

El lugar de aplicación también constituye un factor relevante. Ávalos et al. (2020) y Armenta et al. (2020) destacan que el clima emocional y las condiciones del entorno físico influyen directamente en el desempeño, siendo más favorables los espacios académicos frente a aquellos cargados de estrés como el hogar o el trabajo. El CENEVAL (2023) respalda esta afirmación al mostrar diferencias estadísticamente significativas entre modalidades de aplicación del EGEL. Por otro lado, la tipología del alumno, definida por la regularidad en su trayectoria académica, ha mostrado fuerte asociación con el rendimiento: estudiantes regulares tienden a obtener mejores resultados (Castillo, Landeta y Espericueta, 2013; García et al., 2023; CENEVAL, 2023). Finalmente, el área laboral del sustentante también incide en el desempeño, especialmente cuando existe alineación entre el contexto profesional y los contenidos del examen, como destacan Pilligua y Arteaga (2019) y Testón et al. (2022). En esta investigación, se distingue entre áreas de administración y producción.

3. Metodología

Este estudio adopta un enfoque cuantitativo, transeccional y experimental, conforme al planteamiento metodológico de Sampieri, Collado & Lucio (2014). Se recopilarán datos numéricos en un periodo específico, permitiendo realizar análisis descriptivos y de correlación con fines explicativos. Al manipular las condiciones de los factores de estudio, se clasifica como un diseño experimental que busca identificar relaciones causales.

La fundamentación teórica se basa en los aportes clásicos de Fisher (1935) y Taguchi (1986) sobre diseños factoriales 2^k , reforzada metodológicamente por Cohen (1988) y Montgomery (2020). Este trabajo tiene una aplicación práctica directa en el Comité de Mejora Continua del PE de IIA-FCQ, ya que analiza a los sustentantes del semestre enero-junio 2024 de la UANL. El objetivo es evaluar el efecto de cinco factores clave —plan de estudios, desempeño en asesorías, lugar de aplicación, tipología del alumno y área laboral— sobre el resultado del EGEL, utilizando el diseño

factorial 2k para identificar tanto efectos principales como interacciones (Montgomery, 2020; Gutiérrez & De la Vara, 2012; Myers et al., 2016). (véase tabla 1)

Tabla 1. Niveles de los factores estudiados en el DOE 2^k

Factor	Nivel Bajo (-)	Nivel Alto (+)
Plan de estudios	401	420
Desempeño en Asesorías	Bajo (≤ 70)	Alto (≥ 71)
Lugar de aplicación	Casa	Trabajo
Tipología de alumno	Irregular (no se gradúa)	Regular (se gradúa)
Área Laboral	Administrativo	Producción

Elaboración propia del autor

- Hipótesis estadística

A continuación, en la tabla 2 se presentan las hipótesis a probar en el siguiente experimento, siendo μ los niveles del factor A, β los niveles del factor B, λ los niveles del factor C, γ los niveles del factor D y ϕ los niveles del factor E.

Tabla 2. Hipótesis Estadística

Factor Individual			Interacción triple		
Factor	(Ho) Hipótesis Nula	(Ha) Hipótesis Alternativa	Interacción	(Ho) Hipótesis Nula	(Ha) Hipótesis Alternativa
(A) Plan de estudios	$\mu_1 = \mu_2$	$\mu_1 \neq \mu_2$	ABC	$\mu_1\beta_1\lambda_1 = \mu_1\beta_1\lambda_2 = \dots = \mu_2\beta_2\lambda_2$	$\mu_1\beta_j\lambda_k \neq \mu_2\beta_z\lambda_z$ al menos un par <i>ijk</i>
(B) Desempeño Profesional	$\beta_1 = \beta_2$	$\beta_1 \neq \beta_2$	ABD	$\mu_1\beta_1\gamma_1 = \mu_1\beta_1\gamma_2 = \dots = \mu_2\beta_2\gamma_2$	$\mu_1\beta_j\gamma_i \neq \mu_2\beta_z\gamma_z$ al menos un par <i>ijl</i>
(C) Lugar de aplicación	$\lambda_1 = \lambda_2$	$\lambda_1 \neq \lambda_2$	ACD	$\mu_1\lambda_1\gamma_1 = \mu_1\lambda_1\gamma_2 = \dots = \mu_2\lambda_2\gamma_2$	$\mu_1\lambda_k\gamma_i \neq \mu_2\lambda_z\gamma_z$ al menos un par <i>ikl</i>
(D) Tipología de alumno	$\gamma_1 = \gamma_2$	$\gamma_1 \neq \gamma_2$	BCD	$\beta_1\lambda_1\gamma_1 = \beta_1\lambda_1\gamma_2 = \dots = \beta_2\lambda_2\gamma_2$	$\beta_j\lambda_k\gamma_i \neq \beta_z\lambda_z\gamma_z$ al menos un par <i>jkl</i>
(E) Área Laboral	$\varphi_1 = \varphi_2$	$\varphi_1 \neq \varphi_2$	ABE	$\mu_1\beta_1\varphi_1 = \mu_1\beta_1\varphi_2 = \dots = \mu_2\beta_2\varphi_2$	$\mu_1\beta_j\varphi_m \neq \mu_2\beta_z\varphi_z$ al menos un par <i>ijm</i>
Interacción doble			ACE	$\mu_1\lambda_1\varphi_1 = \mu_1\lambda_1\varphi_2 = \dots = \mu_2\lambda_2\varphi_2$	$\mu_1\lambda_k\varphi_m \neq \mu_2\lambda_z\varphi_z$ al menos un par <i>ikm</i>
Interacción	(Ho) Hipótesis Nula	(Ha) Hipótesis Alternativa	BCE	$\beta_1\lambda_1\varphi_1 = \beta_1\lambda_1\varphi_2 = \dots = \beta_2\lambda_2\varphi_2$	$\beta_j\lambda_k\varphi_m \neq \beta_z\lambda_z\varphi_z$ al menos un par <i>jkm</i>
AB	$\mu_1\beta_1 = \mu_2\beta_1 = \mu_1\beta_2 = \mu_2\beta_2$	$\mu_1\beta_j \neq \mu_2\beta_z$ al menos un par <i>ij</i>	ADE	$\mu_1\gamma_1\varphi_1 = \mu_1\gamma_1\varphi_2 = \dots = \mu_2\gamma_2\varphi_2$	$\mu_1\gamma_i\varphi_m \neq \mu_2\gamma_z\varphi_z$ al menos un par <i>ilm</i>
AC	$\mu_1\lambda_1 = \mu_2\lambda_1 = \mu_1\lambda_2 = \mu_2\lambda_2$	$\mu_1\lambda_k \neq \mu_2\lambda_z$ al menos un par <i>ik</i>	BDE	$\beta_1\gamma_1\varphi_1 = \beta_1\gamma_1\varphi_2 = \dots = \beta_2\gamma_2\varphi_2$	$\beta_j\gamma_i\varphi_m \neq \beta_z\gamma_z\varphi_z$ al menos un par <i>jlm</i>
BC	$\beta_1\lambda_1 = \beta_2\lambda_1 = \beta_1\lambda_2 = \beta_2\lambda_2$	$\mu_1\lambda_k \neq \mu_2\lambda_z$ al menos un par <i>ik</i>	CDE	$\lambda_1\gamma_1\varphi_1 = \lambda_1\gamma_1\varphi_2 = \dots = \lambda_2\gamma_2\varphi_2$	$\lambda_k\gamma_i\varphi_m \neq \lambda_z\gamma_z\varphi_z$ al menos un par <i>klm</i>
AD	$\mu_1\gamma_1 = \mu_2\gamma_1 = \mu_1\gamma_2 = \mu_2\gamma_2$	$\beta_j\lambda_k \neq \beta_z\lambda_z$ al menos un par <i>jk</i>	Interacción cuádruple		
BD	$\beta_1\gamma_1 = \beta_2\gamma_1 = \beta_1\gamma_2 = \beta_2\gamma_2$	$\beta_j\gamma_i \neq \beta_z\gamma_z$ al menos un par <i>jl</i>	Interacción	(Ho) Hipótesis Nula	(Ha) Hipótesis Alternativa
CD	$\lambda_1\gamma_1 = \lambda_2\gamma_1 = \lambda_1\gamma_2 = \lambda_2\gamma_2$	$\lambda_k\gamma_i \neq \lambda_z\gamma_z$ al menos un par <i>kl</i>	ABCD	$\mu_1\beta_1\lambda_1\gamma_1 = \mu_1\beta_1\lambda_1\gamma_2 = \dots = \mu_2\beta_2\lambda_2\gamma_2$	$\mu_1\beta_j\lambda_k\gamma_i \neq \mu_2\beta_z\lambda_z\gamma_z$ al menos un par <i>ijkl</i>
AE	$\mu_1\varphi_1 = \mu_2\varphi_1 = \mu_1\varphi_2 = \mu_2\varphi_2$	$\mu_1\varphi_m \neq \mu_2\varphi_m$ al menos un par <i>im</i>	ABDE	$\mu_1\beta_1\gamma_1\varphi_1 = \mu_1\beta_1\gamma_1\varphi_2 = \dots = \mu_2\beta_2\gamma_2\varphi_2$	$\mu_1\beta_j\gamma_i\varphi_m \neq \mu_2\beta_z\gamma_z\varphi_z$ al menos un par <i>ijlm</i>
BE	$\beta_1\varphi_1 = \beta_2\varphi_1 = \beta_1\varphi_2 = \beta_2\varphi_2$	$\beta_j\varphi_m \neq \beta_z\varphi_z$ al menos un par <i>jm</i>	ABCE	$\mu_1\beta_1\lambda_1\varphi_1 = \mu_1\beta_1\lambda_1\varphi_2 = \dots = \mu_2\beta_2\lambda_2\varphi_2$	$\mu_1\beta_j\lambda_k\varphi_m \neq \mu_2\beta_z\lambda_z\varphi_z$ al menos un par <i>ijlm</i>
CE	$\lambda_1\varphi_1 = \lambda_2\varphi_1 = \lambda_1\varphi_2 = \lambda_2\varphi_2$	$\lambda_k\varphi_m \neq \lambda_z\varphi_z$ al menos un par <i>km</i>	ACDE	$\mu_1\lambda_1\gamma_1\varphi_1 = \mu_1\lambda_1\gamma_1\varphi_2 = \dots = \mu_2\lambda_2\gamma_2\varphi_2$	$\mu_1\lambda_k\gamma_i\varphi_m \neq \mu_2\lambda_z\gamma_z\varphi_z$ al menos un par <i>iklm</i>
DE	$\gamma_1\varphi_1 = \gamma_2\varphi_1 = \gamma_1\varphi_2 = \gamma_2\varphi_2$	$\gamma_i\varphi_m \neq \gamma_z\varphi_z$ al menos un par <i>lm</i>	BCDE	$\beta_1\lambda_1\gamma_1\varphi_1 = \beta_1\lambda_1\gamma_1\varphi_2 = \dots = \beta_2\lambda_2\gamma_2\varphi_2$	$\beta_j\lambda_k\gamma_i\varphi_m \neq \beta_z\lambda_z\gamma_z\varphi_z$ al menos un par <i>jklm</i>
Interacción quintuple					
Interacción	(Ho) Hipótesis Nula	(Ha) Hipótesis Alternativa			
ABCDE	$\mu_1\beta_1\lambda_1\gamma_1\varphi_1 = \mu_1\beta_1\lambda_1\gamma_1\varphi_2 = \dots = \mu_2\beta_2\lambda_2\gamma_2\varphi_2$	$\mu_1\beta_j\lambda_k\gamma_i\varphi_m \neq \mu_2\beta_z\lambda_z\gamma_z\varphi_z$ al menos un par <i>ijklm</i>			

Elaboración propia del autor

- Tamaño muestral

Dado que el experimento contempla $k=5$ factores, se requieren al menos $2^5=32$ combinaciones posibles, lo que implica al menos una réplica ($n=1$) por cada combinación. Para garantizar la validez estadística, Cohen (1988) recomienda un poder estadístico del $(1-\beta)=80\%$ y un nivel de significancia del 5% para detectar efectos relevantes en diseños 2^k . En ausencia de una desviación estándar conocida o un efecto mínimo detectable definido, se recurre al uso de tamaños de efecto estandarizados, específicamente el estadístico $f=0.25$ de Cohen para ANOVA, como lo proponen



Faul et al. (2007). Con base en este enfoque, el tamaño de muestra necesario (N) se estima mediante una fórmula derivada del análisis de poder estadístico; donde $Z_{1-\alpha/2} = 1.96$ es el valor crítico de la distribución normal estándar para un nivel de significancia de $\alpha=0.05$ y $Z_{1-\beta} = 0.84$.

Por lo tanto, la muestra es: $N = \frac{(Z_{1-\alpha/2} + Z_{1-\beta})^2}{f^2} = \frac{(1.96 + 0.84)^2}{0.25^2} = 125.44$. Se sugiere 126 observaciones en total, lo que significa que 126 observaciones entre las 32 combinaciones o tratamientos del experimento determina al menos 4 réplicas por combinación. En este experimento, anticipando a datos atípicos se tomarán 5 réplicas.

4. Resultados

El efecto, el cual se define por $E = \frac{\text{contraste}}{n \cdot 2^{k-1}}$, representa cómo cambia la variable Y con respecto al cambio de un nivel bajo a uno alto. El efecto más grande es el de E, que es 140, quiere decir que si se pasa del nivel bajo al nivel alto la calificación se ve aumentando en promedio en 140 puntos. (Véase tabla 3). Tomando el valor p, se concluye que al 95% de confianza, que los tratamientos los cuales tienen un impacto significativo en el puntaje promedio del examen EGEL son: E (Área Laboral), AE (Interacción plan de estudios – área laboral), BC (Interacción desempeño académico – lugar en donde presenta), ABE (Interacción plan de estudios - desempeño académico – Área Laboral) y ACDE (Interacción plan de estudios - lugar donde presenta - tipo de estudiante - área laboral), ya que valor $p < \alpha$.

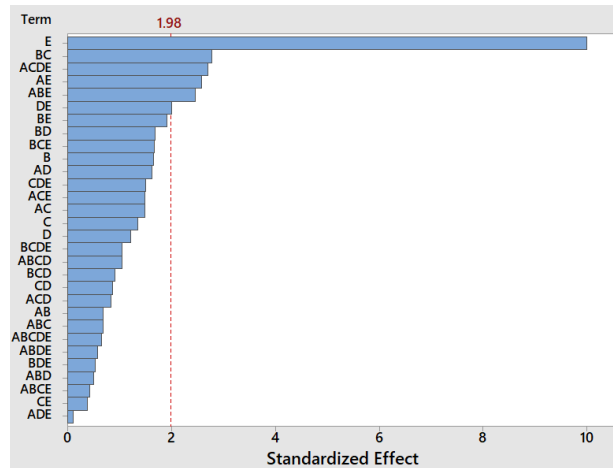
Tabla 3. Coeficientes codificados

Término	Efecto	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
A	0.85	0.43	7.03	0.06	0.952	1.00
B	23.30	11.65	7.03	1.66	0.100	1.00
C	18.87	9.44	7.03	1.34	0.182	1.00
D	17.03	8.51	7.03	1.21	0.228	1.00
E	140.62	70.31	7.03	10.01	0.000	1.00
A*B	9.68	4.84	7.03	0.69	0.492	1.00
A*C	20.95	10.47	7.03	1.49	0.138	1.00
A*D	22.85	11.42	7.03	1.63	0.106	1.00
A*E	-36.15	-18.07	7.03	-2.57	0.011	1.00
B*C	-39.10	-19.55	7.03	-2.78	0.006	1.00
B*D	23.60	11.80	7.03	1.68	0.096	1.00
B*E	-26.85	-13.42	7.03	-1.91	0.058	1.00
C*D	-12.07	-6.04	7.03	-0.86	0.392	1.00
C*E	-5.28	-2.64	7.03	-0.38	0.708	1.00
D*E	-28.08	-14.04	7.03	-2.00	0.048	1.00
A*B*C	9.58	4.79	7.03	0.68	0.497	1.00
A*B*D	7.02	3.51	7.03	0.50	0.618	1.00
A*B*E	-34.53	-17.26	7.03	-2.46	0.015	1.00
A*C*D	11.65	5.83	7.03	0.83	0.409	1.00
A*C*E	-20.95	-10.47	7.03	-1.49	0.138	1.00
A*D*E	-1.50	-0.75	7.03	-0.11	0.915	1.00
B*C*D	-12.90	-6.45	7.03	-0.92	0.360	1.00
B*C*E	23.55	11.77	7.03	1.68	0.096	1.00
B*D*E	-7.40	-3.70	7.03	-0.53	0.599	1.00
C*D*E	21.12	10.56	7.03	1.50	0.135	1.00
A*B*C*D	-14.67	-7.34	7.03	-1.04	0.298	1.00
A*B*C*E	-5.93	-2.96	7.03	-0.42	0.674	1.00
A*B*D*E	8.18	4.09	7.03	0.58	0.562	1.00
A*C*D*E	-37.90	-18.95	7.03	-2.70	0.008	1.00
B*C*D*E	14.80	7.40	7.03	1.05	0.294	1.00
A*B*C*D*E	-9.13	-4.56	7.03	-0.65	0.517	1.00

Elaboración propia del autor en Minitab 19.

Esta conclusión se respalda por los efectos estandarizados, los cuales se utilizan para evaluar la importancia estadística de los efectos (principales o interacciones), especialmente cuando se trabaja con gráficas de Pareto, de acuerdo con Montgomery (2020). (véase figura 2)

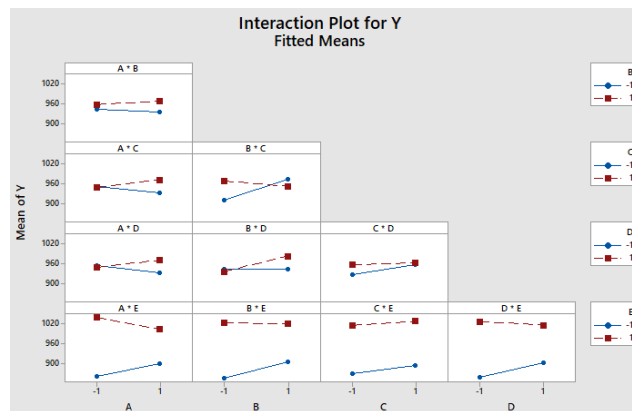
Figura 2. Diagrama de Pareto de Efectos Estandarizados



Elaboración propia del autor en Minitab 19.

De las interacciones dobles, mostrada en la figura 3, se observa como BC interacciona de manera completa (cruzando sus efectos lineales). Además, AE, aunque no cruza, los cambios en la respuesta media cambian significativamente al modificar los niveles de los factores A y E.

Figura 3. Efectos de interacciones

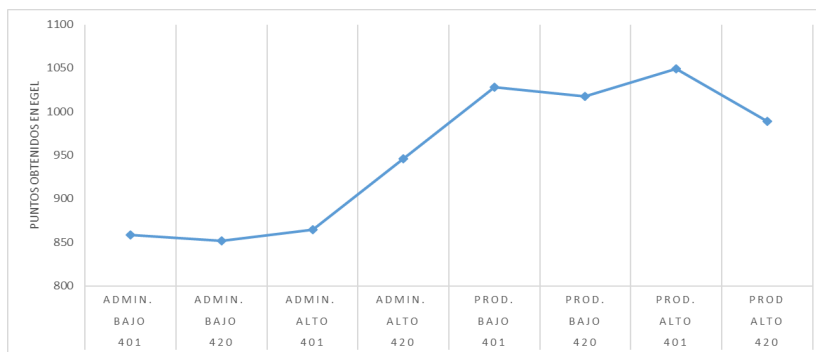


Elaboración propia del autor en Minitab 19.

En la búsqueda de condiciones óptimas dentro del experimento, se destaca el efecto del factor E, identificándose que el mejor desempeño en el EGEL se asocia con sustentantes que se desarrollan en el sector productivo, lo cual resulta coherente dado que muchos de los reactivos del examen están relacionados con esta área. Al analizar la interacción triple ABE, se observa que la combinación más favorable corresponde a estudiantes pertenecientes al plan 401, con un rendimiento alto en asesorías y que laboran en producción, obteniendo los puntajes más elevados. De forma consistente, los resultados muestran que los sustentantes del área productiva superan en desempeño a aquellos del sector administrativo. (Véase figura 4)



Figura 4. Interacción ABE

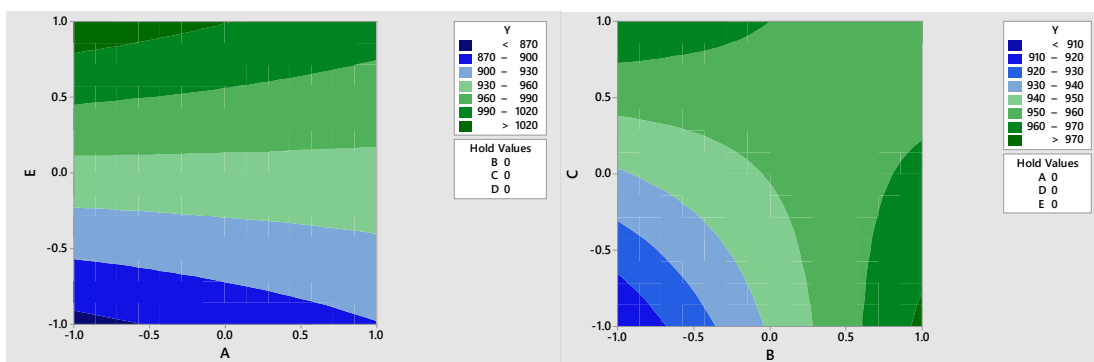


Elaboración propia del autor.

Con los datos de la tabla 3, se ajusta el modelo de regresión múltiple con los únicos factores e interacciones significativos. Éste es $Y = 950.59 + 70.31 E - 18.07 AE - 19.55 BC - 17.26 ABE - 18.95 ACDE$, este modelo presenta un coeficiente de determinación de 0.5609; lo que significa que el modelo explica el 56.09% de la variación de los datos; de acuerdo con Montgomery (2020) el modelo tiene una explicación moderada, pero útil si es consistente.

A continuación, en la figura 5, se presentan los gráficos de contorno de las dos interacciones dobles con mayor efecto. Ambas gráficas representan todas las combinaciones posibles entre A y E en la primera y, B y C en la segunda para valores comunes de Y. Las condiciones óptimas serían A(-1) es decir plan 401 y E(+1) trabajo en área productiva, B(+1) desempeño alto en las asesorías y C(-1) presentar en casa.

Figura 5. Gráfico de contorno Interacción AE y BC.



Elaboración propia del autor en Minitab 19.

Con los análisis gráficos anteriores, y tomando la condición de D(+1) de la gráfica de los efectos en la Figura 6, se concluye que el valor óptimo esperado estimado es 1056.83 puntos en el examen EGEL. Además, con un 95% de confianza se afirma que este valor óptimo esperado estará entre 978.18 y 1135.48 puntos si se mantienen estas condiciones. Con estos resultados se concluye en esta investigación que los factores los cuales deberán considerarse para optimizar los puntajes de los alumnos en el EGEL son el área laboral (E), interacción desempeño académico – lugar en donde



presenta (BC), interacción plan de estudios - lugar donde presenta - tipo de estudiante - área laboral (ACDE), interacción plan de estudios – área laboral (AE), y la interacción plan de estudios - desempeño académico – Área Laboral (ABE).

El área laboral de los alumnos no se puede modificar ya que ellos encuentran estas oportunidades laborales por sus propios medios, en administración o producción. Aunque esto da pie a que se robustezcan las asesorías los temas del sector productivo para que los que no estén en esa área se preparen adecuadamente. El resto de los factores no influye significativamente de manera individual ni presentan efectos importantes, pero algunas de las interacciones entre ellos sí. Es interesante la interacción plan de estudios – área laboral (AE), ya que los alumnos plan 401 tuvieron menos unidades de aprendizaje optativas a elegir en su desarrollo académico, las llevaron de manera obligatoria lo que puede traducirse en una mayor preparación en área productiva laboralmente. Aunque este factor (A), no afecta individualmente, sí tiene relación importante con el resto de los factores, pues está presente en las interacciones con mayor efecto (ACDE, AE, ABE). Se dispone esta información para que el comité de mejora continua comience con estrategias.

5. Referencias

Artículos de revistas

- Armenta Zazueta, L., Quiroz Campas, C. Y., Abundis de León, F., & Zea Verdín, A. (2020). Influencia del estrés en el rendimiento académico de estudiantes universitarios. *Revista de Investigación Educativa*, 18(2), 89–105. <https://doi.org/10.24310/ree.2020.v18i2.123456>
- Ávalos, M., Oropeza, R., Ferreyra, D., & Palos, M. (2020). El rendimiento académico en estudiantes universitarios y su relación con la percepción del clima escolar. *Revista de Psicología de la Universidad Autónoma del Estado de México*, 12(36), 45–60. <https://doi.org/10.36677/rpsicologia.v12i36.12345>
- Backhoff, E., Bouzas, A., & Sánchez, G. (2014). Evaluación de egresados como indicador de la calidad de la educación superior en México. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 19(61), 1147–1170.
- Castillo Ramírez, A., Izar Landeta, J. M., & Espericueta González, D. E. (2013). *Correlación entre trayectoria académica y el examen nacional de egreso de la licenciatura*. CPU-e, *Revista de Investigación Educativa*, (17), 181–200. Recuperado de https://www.academia.edu/122807984/Correlaci%C3%B3n_entre_trayectoria_acad%C3%A9mica_y_el_examen_nacional_de_egreso_de_la_licenciatura. <https://doi.org/10.25009/cpue.v0i17.427>
- Faul, F., Erdfelder, E., Lang, A.-G., & Buchner, A. (2007). GPower 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences*. *Behavior Research Methods*, 39(2), 175–191. <https://doi.org/10.3758/BF03193146>
- Flores-Carrillo, R. A. et al. (2021). Indicadores de rendimiento académico y aprobación del Examen Nacional de Residencias Médicas en dos modelos curriculares. *Educación Médica Superior*, 35(2). Recuperado de <https://www.redalyc.org/journal/3497/349775300008/html>
- Garbanzo Vargas, G. M. (2017). Factores asociados al rendimiento académico en estudiantes universitarios: Una reflexión desde la calidad de la educación superior pública. *Educación*, 31(1), 43–63. Universidad de Costa Rica. <https://doi.org/10.15517/revedu.v31i1.1252>
- García Rangel, M., Maldonado Cervantes, M. I., Castillo Hernández, J. R., Bautista Robles, S., Martel Gallegos, M. G., & Maldonado Cervantes, E. (2023). *Examen de Ingreso, Rezago Académico y*



- Examen de Egreso en Estudiantes Universitarios en México.* Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, 8(5), 5956–5972. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i5.14016
- Gómez, J., & Martínez, P. (2015). Análisis del desempeño de los recién egresados de Ingeniería Industrial de la Universidad El Bosque, mediante el estudio de sus competencias específicas. *Revista de Tecnología*, 13(2), 100-109.
 - González, L. A. (2022). Análisis de los planes de estudio y el ejercicio profesional de la Ingeniería Industrial en los países de la Alianza del Pacífico. *Revista Ingeniería Industrial*, 43, 201-225. <https://doi.org/10.26439/ing.ind2022.n43.5901>
 - González-Ramírez, L. P., Padilla-Ortega, M. E., & García-Castro, E. (2024). Evaluación del egreso de nivel licenciatura en la Universidad Autónoma de Baja California. *Perfiles Educativos*, 46(186). Recuperado de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?lng=es&nrm=iso&pid=S0185-26982024000200089&script=sci_arttext. <https://doi.org/10.22201/iisue.24486167e.2024.184.61383>
 - Jilakara, R., & Waters, D. P. (2020). Determination of the helpfulness of physics exam study methods. arXiv. <https://arxiv.org/abs/2012.10693>
 - Jiménez Moreno, José Alfonso, Caso Niebla, Joaquín, & Romero Mojica, Andrea. (2024). Evaluación del egreso de nivel licenciatura en la Universidad Autónoma de Baja California. *Perfiles educativos*, 46(184), 89-110. Epub 30 de agosto de 2024. <https://doi.org/10.22201/iisue.24486167e.2024.184.61383>
 - Jiménez-Salas, R. M., & León-Rojas, B. (2023). Resultados del EGEL como evaluación externa en dos programas educativos de una facultad de educación. *Perfiles Educativos*, 45(180). Recuperado de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?lng=es&nrm=iso&pid=S2007-74672023000100138&script=sci_arttext
 - Martínez-Rizo, F. (2012). *La evaluación del aprendizaje en la educación superior: Retos y posibilidades.* *Perfiles Educativos*, 34(137), 132–148. <https://doi.org/10.22201/iisue.24486167e.2012.137.40034>
 - Pilligua, J., & Arteaga, M. (2019). *El desempeño laboral en organizaciones públicas y privadas.* *Revista Pakamuros*, 9(1). <https://doi.org/10.37787/pakamuros-unj.v9i1.151ResearchGate>
 - Sánchez-Élez, M., Pardines, I., García, P., Miñana, G., Román, S., Sánchez, M., & Risco-Martín, J. L. (2024). *Enhancing Students' Learning Process Through Self-Generated Tests.* arXiv. <https://arxiv.org/abs/2403.15488arXiv>
 - Testón Franco, N. (2022). Factores asociados al rendimiento en el examen general de egreso de la Licenciatura en Turismo de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México. *Visión Gerencial*, 21(2), 295–303. <https://www.researchgate.net/publication/364115920>. <https://doi.org/10.53766/VIGEREN/2022.21.03.07>
 - Vallejo, M. et al. (2016). Variables asociadas al rendimiento en el Examen General para el Egreso de Licenciatura en Psicología. *Revista Mexicana de Psicología*, 33(4), 213-220. Recuperado de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0185-27602016000400075&script=sci_arttext
 - Zúñiga-Jara, S., Sánchez, J., & Orrego, R. (2021). Evaluación de competencias profesionales en egresados universitarios: Implicaciones para la mejora curricular. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 23, e11.

Libros

- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Fisher, R. A. (1935). *The Design of Experiments.* Oliver & Boyd.
- Gutiérrez Pulido, H., & De la Vara Salazar, R. (2012). *Análisis y diseño de experimentos* (3.ª ed.). McGraw-Hill.
- Montgomery, D. C. (2020). *Design and Analysis of Experiments* (10th ed.). Wiley.

- Myers, R. H., Montgomery, D. C., & Anderson-Cook, C. M. (2016). *Response Surface Methodology: Process and Product Optimization Using Designed Experiments* (4th ed.). Wiley.
- Sampieri, R. H., Collado, C. F., & Lucio, P. B. (2014). *Metodología de la investigación* (6.ª ed.). McGraw-Hill.
- Taguchi, G. (1986). *Introduction to Quality Engineering*. Asian Productivity Organization.

Fuentes electrónicas

- Academia.edu. (s.f.). Correlación entre trayectoria académica y el examen nacional de egreso de la licenciatura. Recuperado de <https://www.academia.edu/122807984/>
- Arum, R., & Roksa, J. (2011). *Academically Adrift: Limited Learning on College Campuses*. University of Chicago Press. <https://doi.org/10.7208/chicago/9780226028576.001.0001>
- Centro Nacional de Evaluación para la Educación Superior (CENEVAL). (2023). *Impacto de la modalidad de aplicación en el desempeño de los EGEL Plus Disciplinarios*. Recuperado de <https://CENEVAL.edu.mx/blog/2023/05/08/impacto-de-la-modalidad-de-aplicacion-en-el-desempeno-de-los-egel-plus-disciplinarios/>
- Collegedunia. (s.f.). Oportunidades de empleo para egresados de la UC de Berkeley: Principales reclutadores, Salarios por título y Perfil de trabajo. <https://es.collegedunia.com/usa/university/982-university-of-california-berkeley/placements>
- CPEIP. (2020). *Evaluación nacional diagnóstica inicial para carreras de pedagogía*. Ministerio de Educación de Chile. <https://www.cpeip.cl>
- HESA. (2018). *Destinations of Leavers from Higher Education 2016/17*. Higher Education Statistics Agency. <https://www.hesa.ac.uk>
- ICFES. (2020). *Resultados SABER PRO 2019*. Instituto Colombiano para la Evaluación de la Educación. <https://www.icfes.gov.co>
- INEE (Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación). (2018). *Panorama educativo de México: Indicadores del sistema educativo nacional 2018*. INEE.
- QILT. (2021). *Graduate Outcomes Survey 2020*. Quality Indicators for Learning and Teaching. <https://www.qilt.edu.au>

Sobre los autores

- **Iván Guillermo González Palomo:** Ingeniero Industrial Administrador, Máster en Ingeniería Industrial y Administración con Ortn. en Productividad Total, Doctor en Filosofía con especialidad en Administración de Universidad Autónoma de Nuevo León, México. Profesor Tiempo Completo. ivan.gonzalezpl@uanl.edu.mx
- **Elí Samuel González Trejo:** Ingeniero Industrial Administrador, Master of Business Administration, PhD in International Business Administration de Texas A&M International University, Estados Unidos de América. Profesor Tiempo Completo. eli.gonzaleztrj@uanl.edu.mx
- **Ruth Isela Martínez Valdez:** Licenciado en Administración, Máster en Administración, Doctor en Filosofía con especialidad en Administración de Universidad Autónoma de Nuevo León, México. Profesor Tiempo Completo. ruth.martinezvld@uanl.edu.mx



Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2025 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)