

Creación de un recurso educativo con enfoque en ABP para el aprendizaje del diseño de experimentos unifactorial

Arturo Figueroa Montaña¹ 

Cecilia Garibay López² 

Lizbeth Diaz Caldera³ 

Resumen

Usando la metodología del Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP), se aborda el Diseño Unifactorial a través de un proyecto práctico que utiliza datos de contaminación por partículas (PM₁₀) en la Zona Metropolitana de Guadalajara (ZMG). Se creó un recurso educativo abierto (REA), basado en el Diseño Universal de Aprendizaje, para identificar áreas críticas de contaminación. El REA busca que los estudiantes reflexionen sobre el impacto de un factor controlado en la variable de respuesta, que analicen la variabilidad de los datos y evalúen la adecuación del modelo estadístico propuesto, verificando la varianza constante, independencia y distribución normal de residuos. Los REA ejercen un impacto positivo en la adquisición de conocimientos al facilitar la personalización del aprendizaje y motivar la participación activa de los estudiantes, además de fomentar la equidad al hacer la educación más inclusiva, interactiva y centrada en el estudiante.

Palabras clave

Diseño unifactorial, experimentación, Análisis de datos, REA

¹ arturo.fmontano@academicos.udg.mx

Universidad de Guadalajara

² cecilia.garibay@academicos.udg.mx

Universidad de Guadalajara

³ lizbeth.diaz@academicos.udg.mx

Universidad de Guadalajara

Figueroa Montaña, A., Garibay López, C., & Diaz Caldera, L. (2025). Creación de un Recurso Educativo con enfoque en ABP para el Aprendizaje del Diseño de Experimentos Unifactorial. En C. M. Orozco Rodríguez, M. G. Vera Soria, A., M. S. García González, & A. Castañeda (Eds.), *Recursos Educativos en Abierto basados en Metodologías Activas para la Enseñanza de las Ciencias* (pp. 109–126). Editorial SOMIDEM.

<https://doi.org/10.24844/SOMIDEM/S2/2025/02-08>

Introducción

El Diseño Experimental (DE) es una técnica que ha ganado popularidad desde sus inicios en la década de 1920 con Ronald A. Fisher (Box, 1980). Actualmente, se utiliza en una amplia gama de disciplinas, desde las ciencias duras hasta las sociales, e incluso en el sector gubernamental (Badii et al, 2007; Ilzarbe et al, 2008). El DE comprende la planificación de un estudio para cumplir con objetivos específicos, asegurando la obtención de datos precisos a través de una muestra significativa. Esto implica realizar ensayos adecuados, obtener un modelo descriptivo del problema, estimar la influencia de los factores controlados, controlar los errores de medición, estimar los intervalos de confianza, verificar diferencias significativas entre los efectos y comprobar estadísticamente el modelo adecuado (Durakovic B., 2017). Bajo estos principios, el objetivo del diseño y creación del REA es guiar a los estudiantes en la planificación y ejecución de un proyecto de investigación que involucre el diseño unifactorial, que les brinde la oportunidad de aplicar los conceptos matemáticos aprendidos en situaciones prácticas y les ayuda a comprender la importancia de un diseño experimental cuidadoso para obtener resultados precisos y significativos. Además, se utilizan herramientas tecnológicas como un software de análisis estadístico o aplicaciones interactivas para el análisis e interpretación de resultados. En resumen, el recurso educativo propuesto hace que el proceso de adquisición de conocimientos sea más accesible y atractivo para los estudiantes, y que les permite explorar conceptos matemáticos de manera más dinámica y práctica.

Construcción del REA de acuerdo al modelo ADDIE

Análisis

El diseño de experimentos es crucial en diversos campos de estudio, como la ciencia, la ingeniería y la psicología. Sin embargo, aprender y entender los conceptos y métodos asociados con el diseño de experimentos puede ser desafiante debido a varias razones.

Primero, los conceptos estadísticos pueden ser complejos para aquellos sin formación sólida en el área. Además, aplicar teorías a situaciones reales puede ser problemático, incluso si los conceptos se entienden teóricamente. Otro aspecto importante es la interpretación de resultados, que requiere habilidades de pensamiento crítico para la elaboración de conclusiones pertinentes que abonen a las propuestas de optimización de procesos, servicios u otras condiciones que cumplan con los objetivos deseados.

Para superar estos desafíos, el desarrollo de un REA es de gran utilidad al permitir a los educadores adaptar los contenidos temáticos a las necesidades específicas de sus estudiantes, mediante materiales dinámicos e interactivos de libre acceso y gratuitos (Rodríguez, 2022., Rodríguez y Zepeda, 2022., González, 2024). Así, los conceptos complejos pueden ser simplificados

proporcionando ejemplos de la vida real, como es el caso del estudio de la calidad del aire en la ZMG.

En particular, se proporciona a los alumnos datos reales del Sistema de Monitore Atmosférico de Jalisco (SIMAJ), para que por medio de la aplicación del diseño experimental unifactorial y el uso del software estadístico STATGRAPHICS reflexionen, planteen, analicen e interpreten el problema de estudio y sean capaces de identificar puntos críticos de contaminación por partículas PM₁₀. Los elementos interactivos como videos, cuestionarios y simulaciones ayudan a los estudiantes a aplicar lo que han aprendido y a obtener una comprensión más profunda de los conceptos, pues pueden revisar el material a su propio ritmo, repasar los conceptos que encuentren difíciles y practicar con ejercicios y ejemplos adicionales.

El objetivo del REA es que los estudiantes realicen un proyecto mediante el cual se analice el efecto que tiene un factor controlado sobre la variable de respuesta, observando la variabilidad entre e intra de los tratamientos. Asimismo, se debe valorar la pertinencia y adecuación del modelo estadístico propuesto mediante la verificación de los supuestos de varianza constante, independencia y distribución normal de residuos.

El REA está dirigido a estudiantes universitarios del área de Ciencias e Ingenierías que cuentan con conocimientos básicos de probabilidad y estadística para el buen desarrollo del proyecto. Son también importantes conocimientos y habilidades sobre el planteamiento del problema de investigación, de hipótesis estadísticas, cálculo del estadístico de prueba y significancia estadística, además de la prueba de rangos múltiples (LSD) para la valoración de diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos de las fuentes de variación en el diseño.

Los contenidos temáticos que se abordan en el REA son:

- El análisis de varianza (bondades y aplicaciones)
- Planteamiento de hipótesis (estadístico de prueba y significancia), modelo estadístico
- Análisis estadístico de la varianza (ANOVA)
- Contrastes de medias (prueba de rangos múltiples), formación de grupos homogéneos y gráfico de medias
- Verificación gráfica de los supuestos del ANOVA (varianza constante, independencia, y distribución normal)
- Aplicación del ANOVA a un caso práctico.

Con el diseño de las actividades y recursos educativos del REA se pretende generar un impacto positivo en el proceso enseñanza-aprendizaje de la unidad temática correspondiente al diseño unifactorial.

Respecto al espacio de interacción y de exhibición, el REA actúa de manera digital mediante la dirección URL específica, y se desarrolla en un entorno híbrido mediante asesoría presencial personalizada para la orienta-

ción y resolución de dudas, y virtual con materiales de libre acceso correspondientes a la captura, análisis e interpretación de resultados, utilizando el Software STATGRAPHICS.

Como producto final evaluable, el REA contempla, mediante la metodología ABP la elaboración de un video de forma individual donde se presenten analicen y discutan los hallazgos producto de la realización del proyecto.

Diseño

Las actividades planeadas en el REA son 10, entre las que destaca un video inicial detonador para la reflexión y análisis de la contaminación por partículas PM_{10} y sus efectos en la salud. De igual manera, se contemplan otros videos tutoriales sobre el planteamiento y etapas del análisis de varianza del diseño unifactorial, así como el proceso de análisis e interpretación de resultados, utilizando el software estadístico STATGRAPHICS.

Las actividades de evaluación se desarrollan de acuerdo con objetivos específicos con los que los estudiantes adquieren conocimientos y habilidades que fomentan la creatividad, la resolución de problemas y el pensamiento crítico, acorde a la metodología del ABP. La Tabla 1 describe las actividades planteadas, el objetivo, el recurso didáctico y su alineación con la metodología activa ABP.

Figura 1

Actividades planeadas para el desarrollo del REA y su alineación con la metodología activa

ACTIVIDAD	Objetivo	Recurso didáctico	Alineación con la metodología activa
1.Video PM_{10} y efectos a la salud	Detonar pensamiento reflexivo y actitud crítica ante el problema a analizar	Video interactivo "El aire que respiramos es un derecho" Pregunta Verdadero-Falso	Promueve pensamiento reflexivo para concientizar la importancia del problema de estudio
2. Presentación. planteamiento y etapas del análisis de varianza en el diseño unifactorial	Conocer las etapas de análisis de varianza del diseño de un solo factor	Presentación	Revisan la información sobre el modelo del diseño unifactorial, planteamiento de hipótesis, el estadístico de prueba y significancia estadística de la prueba
3 Modelo matemático y planteamiento de hipótesis.	Proponer el modelo matemático y plantear las hipótesis	Plantilla de trabajo: "Rellenar huecos"	Trabajan en equipo y discuten la forma de aplicar el modelo del diseño unifactorial a una situación real
4. El proceso de análisis en STATGRAPHICS e interpretación de resultados	Conocer el proceso de análisis de datos de un diseño de unifactorial, utilizando el software estadístico STATGRAPHICS	Video tutorial "Diseño unifactorial en SG"	Los estudiantes son los protagonistas de su aprendizaje y desarrollan habilidades al utilizar el software para analizar el diseño unifactorial. Los docentes asesoran y orientan, motivan, proporcionan herramientas y recursos

Figura 1

Actividades planeadas para el desarrollo del REA y su alineación con la metodología activa
(Continúa)

ACTIVIDAD	Objetivo	Recurso didáctico	Alineación con la metodología activa
5. Interpretación de resultados	Interpretar resultados, poniendo énfasis en el rechazo o aceptación de las hipótesis planteadas, el porcentaje de variabilidad	Plantilla de trabajo	Trabajan en equipo y aplican lo aprendido a una situación real, por lo que se estimula la participación activa en la construcción del conocimiento
6. Análisis del contraste de efectos promedio entre los tratamientos y formación de grupos homogéneos	Contrastar el efecto promedio entre los tratamientos analizados a fin de valorar diferencias significativas mediante los grupos homogéneos	Video explicativo Prueba de rangos múltiples (LSD) utilizando el STATGRAPHI CS	Aprenden sobre análisis estadístico complementario al ANOVA para valorar diferencias estadísticamente significativas. Aplican lo aprendido a una situación real. Los docentes asesoran y orientan, motivan, proporcionan herramientas, recursos y contactos
8 Verificación de supuesto del ANOVA del modelo unifactorial.	Verificar de forma gráfica el cumplimiento de los supuestos (varianza constante, independencia y distribución normal de residuales) del modelo unifactorial propuesto	Video tutorial : “Diseño unifactorial en SG”	Aprenden sobre la validación estadística del modelo propuesto bajo el supuesto de que la variable analizada proviene de una distribución normal. Aplican lo aprendido a una situación real. Los docentes asesoran y orientan, motivan, proporcionan herramientas y recursos
9.Verificación gráfica del cumplimiento de los supuestos del ANOVA (varianza constante, independencia, distribución normal)	Verificar el cumplimiento de los supuestos del ANOVA (varianza constante, independencia, distribución normal) para el caso de contaminación por PM ₁₀	Plantilla de trabajo: Reporte	Estimula la participación activa de los estudiantes en la construcción del conocimiento y aplican lo aprendido en una situación real. Comparten su experiencia con otras personas y analizan los resultados. Los estudiantes son los protagonistas de su aprendizaje
10. Producto final	Realizar un video explicando los resultados del problema y enfatizar la bondad del diseño unifactorial para la identificación de puntos críticos de contaminación en la ZMG	Video tutorial de Loom: “Graba tu pantalla”	Desarrollan de manera significativa conocimientos, habilidades, actitudes y valores mediante el estudio de una problemática real. Investigan, crean, aprenden, aplican lo aprendido en una situación real. Comparten su experiencia con otras personas y analizan los resultados. Trabajaron en equipo para analizar un problema

Desarrollo

A partir de los contenidos temáticos y las actividades de aprendizaje descritas en la Tabla 1, se utilizó la plataforma Excelearning para el diseño y creación del REA. El recurso consta de cinco secciones cuyas actividades se desarrollan de manera abierta y autogestiva, recomendando un tiempo promedio de 3-5 días para la compleción de los productos finales. Este tiempo puede ser ajustado según las necesidades de los docentes usuarios del recurso.

La primera actividad, llamada ¿Por qué debo conocer el nivel de contaminación por partículas PM₁₀ en mi ciudad?, incluye un video interactivo titulado “El aire que respiramos es un derecho”. El recurso motiva el pensamiento reflexivo y la actitud crítica ante el problema a analizar mediante el planteamiento de algunas preguntas. (Figura 1).

Figura 1

Secciones que integran el REA. Primera sección: “¿Por qué debo conocer el nivel de contaminación por partículas PM_{10} en mi ciudad?”



Nota. Portada del REA: https://depmate.cucci.udg.mx/REA_Diseño_Experimental_Unifactorial

Segunda sección: “Fuentes de contaminación del aire”. Consta de una lectura alusiva a las fuentes de contaminación del aire y sus efectos en la salud, complementada con un cuestionario de verdadero-falso que invita a la reflexión y concientización sobre el problema de estudio (Figura 2). También se distingue un apartado donde se refieren los valores normados de la concentración de partículas PM_{10} , a fin de disminuir los riesgos a la salud de la población (Figura 3). Finalmente, se da cuenta de las autoridades responsables de vigilar y comunicar los resultados de calidad del aire a la población (Figura 4).

Figura 2

Fuentes de contaminación del aire y cuestionario verdadero-falso



La tercera sección, “El Diseño de experimentos”, se compone de tres apartados donde se abordan los conceptos básicos del diseño de experimentos según Yepes (2013) (Figura 5), las peculiaridades del diseño unifactorial (Figura 6) y el modelo matemático que lo representa (Figura 7).

Figura 3
Valores normados PM_{10}

DISEÑO DE EXPERIMENTOS

¿Por qué debo conocer el nivel de contaminación por partículas PM_{10} en mi ciudad?

Fuentes de la contaminación del aire

¿Cómo conozco la contaminación por partículas PM_{10} en mi ciudad?

El Diseño de Experimentos

Proyecto. Video

Generalidades del REA

¿Cómo conozco la contaminación por partículas PM_{10} en mi ciudad?

MEDIO AMBIENTE
SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

La Autoridad Ambiental Federal (SEMARNAT)

La Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) emite Normas Oficiales Mexicanas (NOM) que establecen los límites máximos permisibles a partir de los cuales se pueden generar problemas de salud. En particular para la contaminación por PM_{10} está la NOM-625-S5A-2021, que establece dos criterios de evaluación (tabla 1). El promedio 24 h regula la concentración máxima durante un día, y el promedio anual el nivel máximo de exposición en un año para proteger a las personas con padecimientos crónicos del sistema cardiovascular.

Tabla 1. Límite permisible de concentración de partículas en el aire ambiente (NOM-625-S5A-2021)

Contaminante	Criterio de evaluación	Nivel máximo permisible
PM_{10}	Promedio 24 h	$70 \mu\text{g m}^{-3}$
	Promedio anual	$35 \mu\text{g m}^{-3}$

Figura 4
Monitoreo y comunicación de la calidad del aire

DISEÑO DE EXPERIMENTOS

¿Por qué debo conocer el nivel de contaminación por partículas PM_{10} en mi ciudad?

Fuentes de la contaminación del aire

¿Cómo conozco la contaminación por partículas PM_{10} en mi ciudad?

El Diseño de Experimentos

Proyecto. Video

Generalidades del REA

¿Cómo conozco la contaminación por partículas PM_{10} en mi ciudad?

MEDIO AMBIENTE
SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

La Autoridad Ambiental Federal (SEMARNAT)

La Autoridad Ambiental Estatal (SEMADET)

El Gobierno del Estado a través de la Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable (SEMADET) monitorea la calidad del aire en la Zona Metropolitana de Guadalajara y en base a la información generada comunica un *Índice de Aire y Salud* para que la población conozca las condiciones de calidad del aire en su zona.

Figura 5
Conceptos básicos del diseño unifactorial

DISEÑO DE EXPERIMENTOS

¿Por qué debo conocer el nivel de contaminación por partículas PM_{10} en mi ciudad?

Fuentes de la contaminación del aire

El Diseño de Experimentos

Descripción del problema

Análisis de datos con STATGRAPHICS

Proyecto. Video

Generalidades del REA

El Diseño de Experimentos

Conceptos Básicos del Diseño de Experimentos

DISEÑO DE EXPERIMENTOS

Entrada

Salida

Factores controlables

Factores no controlables

PROCESO

Características de calidad o variables de respuesta

Victor Yepes Piquero. *Diseño de experimentos* (CC BY-NC-ND)

El Diseño Unifactorial

El modelo matemático

Figura 6
Peculiaridades del diseño unifactorial

El Diseño Unifactorial

El diseño unifactorial al igual que otros diseños se enfoca en conocer cuanto de la variabilidad total observada en la variable respuesta se puede explicar en base a las diferencias entre los tratamientos de prueba, y cuanto de la variabilidad no se puede explicar en base a las particularidades de dichos tratamientos lo que se refiere como el error aleatorio.

Algunos ejemplos de error aleatorio son la pureza de los reactivos, materias primas, factores medio ambientales como temperatura, presión, humedad que son difíciles de controlar y que de forma natural siempre están presentes en todo proceso experimental.

Figura 7
Modelo matemático del diseño unifactorial

El modelo matemático

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \epsilon_{ij}$$

Donde

Y_{ij} = Variable respuesta

μ = Media global

τ_i = Efecto del factor controlado

ϵ_{ij} = Error aleatorio

La subsección 1, relativa a la “Descripción del problema”, ilustra la distribución del SIMAJ en la ZMG y refiere el problema de la contaminación del aire en base a datos históricos del monitoreo (Figura 8). A partir de ello se desarrolla la actividad de rellenar huecos, cuyo resultado se dirige a finalizar el planteamiento del problema y a tener clara la aplicación del diseño unifactorial para la identificación de puntos críticos de contaminación por PM₁₀ (Figura 9).

Figura 8
Distribución del SIMAJ en la ZMG

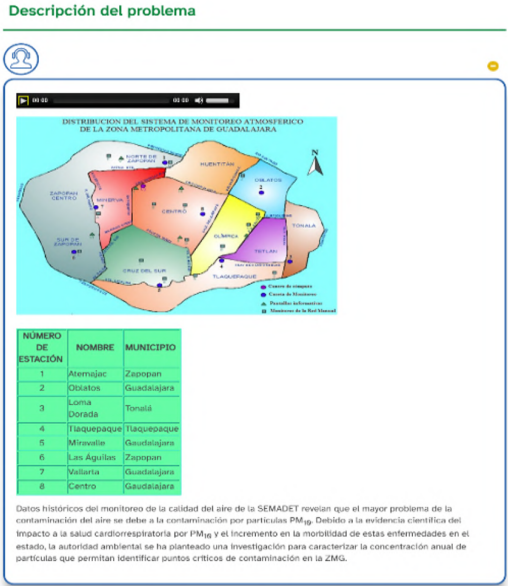
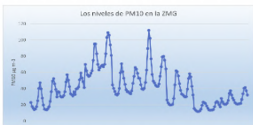


Figura 9*Actividad “Rellenar Huecos”*

Rellenar huecos

Leer el párrafo que aparece abajo y completar las palabras que faltan.



Para el estudio la SEMADET aplicará un diseño [], donde el valor crítico de contaminación será el promedio anual o []. La estación de monitoreo que corresponde a un total de 8 distribuidas en los principales municipios de la ZMG será el [] con 8 [] de prueba. La contaminación por PM_{10} se analiza cada hora del día por lo que se tienen de 24 [] en cada estación de monitoreo. Algunas de las fuentes de variabilidad no controladas o [] que podrían afectar el nivel de PM_{10} serían, la ubicación de industrias cementeras y suelos sin pavimentar en las zonas de estudio que podrían afectar la [] natural del contaminante analizado.

Así el modelo matemático propuesto tendría como Y_i la concentración promedio anual de [], si sería la media [] de PM_{10} en toda la ZMG, si el número de [], y finalmente ϵ_i sería el error [] o fuentes de variabilidad no controladas.

Las [] que se someterán a prueba con una [] estadística del 0.05 serían: []; Los niveles de contaminación por PM_{10} en las distintas zonas de la ciudad [] diferentes. Haz: Los niveles de contaminación por PM_{10} en las distintas zonas de la ciudad [] diferentes.

Enviar

En la segunda subsección, “Análisis de datos con STATGRAPHICS”, se incluye un video tutorial sobre el análisis e interpretación del diseño unifactorial utilizando el software STATGRAPHICS (Figura 10). En el video se enfatiza en la captura de los datos, la ejecución, análisis, interpretación y validación del diseño mediante el análisis gráfico de los supuestos de varianza constante, independencia y distribución normal de los residuales (Figura 11).

Figura 10*Video tutorial sobre uso del Statgraphics***Análisis de datos con STATGRAPHICS**

Para saber más

Para saber más consulta el video tutorial [Diseño unifactorial en SG](#)

Finalmente, en la subsección tres, “Contaminación por PM_{10} ”, se incluye la liga a la base de datos de la concentración promedio diaria de PM_{10} con la que se desarrolla el proyecto (Figura 12). Así como una guía (Figura 13) que contiene las especificaciones para la elaboración del reporte de investigación que se deberá entregar en formato PDF para su evaluación (Figura 14).

Figura 11
Captura de datos, análisis e interpretación y validación de resultados del diseño unifactorial

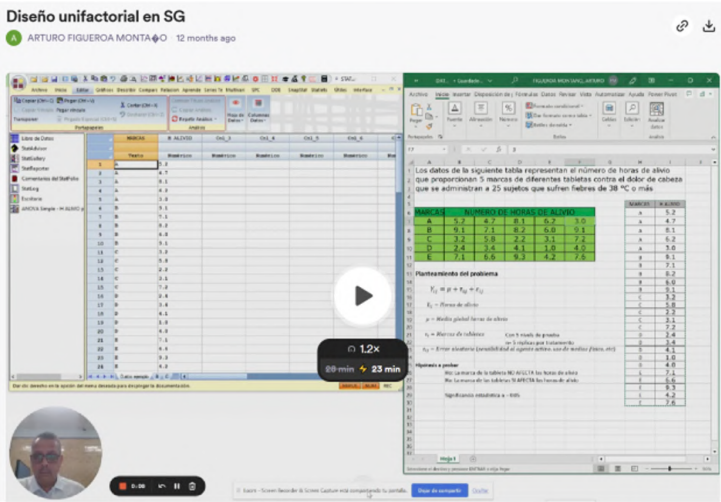


Figura 12
Base de datos de la concentración promedio diaria de PM₁₀

Contaminación por PM₁₀



Uso STATGRAPHICS

• Análisis e interpretación

Utiliza los Datos PM₁₀ para realizar el análisis e interpretación de los mismos.

UBICACION	PM10
1. ATENAUAC	23
2. ATENAUAC	38
3. ATENAUAC	15
4. ATENAUAC	14.2
5. ATENAUAC	14.8
6. ATENAUAC	17.8
7. ATENAUAC	25.1
8. ATENAUAC	40.2
9. ATENAUAC	47.2
10. ATENAUAC	20.7
11. ATENAUAC	28.3
12. ATENAUAC	19.7
13. ATENAUAC	14.5
14. ATENAUAC	14.2
15. ATENAUAC	14.6
16. ATENAUAC	13.8
17. ATENAUAC	15.3
18. ATENAUAC	17.7
19. ATENAUAC	24.3
20. ATENAUAC	86.2
21. ATENAUAC	45.3
22. ATENAUAC	52.8
23. ATENAUAC	45.8
24. ATENAUAC	39
25. ATENAUAC	20.8
26. OBLATOS	36.2
27. OBLATOS	35.7
28. OBLATOS	20.4
29. OBLATOS	20.3
30. OBLATOS	25.9
31. OBLATOS	31.3
32. OBLATOS	36.2
33. OBLATOS	40.2
34. OBLATOS	57.1
35. OBLATOS	50.4
36. OBLATOS	42.5
37. OBLATOS	88.6
38. OBLATOS	13.4

Figura 13
Liga de la Guía para Reporte

+ Reporte

Elabora un reporte atendiendo los puntos listados en el documento [Guía para reporte](#)
El entregable es un archivo PDF que deberás subir a la asignación del classroom de la asignatura

Figura 14
Especificaciones para la elaboración del reporte de investigación

La Secretaría del Medio Ambiente y Desarrollo Territorial del Estado de Jalisco (SEMADET) recientemente desarrolló una investigación para identificar zonas críticas de contaminación por partículas PM_{10} en las principales municipios de la Zona Metropolitana. Para ello utilizó los promedios horarios anuales que brindan estaciones de la Red de Monitoreo de la calidad del aire que se muestran en la tabla.

Tabla 1. Concentración promedio horaria anual de la concentración de partículas PM_{10}

ESTACIÓN	PROMEDIO HORARIO	ESTACIÓN	PROMEDIO HORARIO	ESTACIÓN	PROMEDIO HORARIO	ESTACIÓN	PROMEDIO HORARIO	ESTACIÓN	PROMEDIO HORARIO	ESTACIÓN	PROMEDIO HORARIO
13	36.3	70	44.6	83.6	36	16.5	37				
18	35.7	87	40.8	44.9	22.6	19.6	23				
14.7	30.4	87	36.6	36.7	23.3	17.6	27				
15.2	29.3	55	33	30	19.7	13.7	26				
15.8	26.6	55	32.2	46.4	23	11.6	26				
12.6	45.6	59	43.6	43.6	20.6	17.6	27				
25.3	46.2	54	41.2	42.9	27.6	16.7	25				
42.2	48.2	72	59.5	89.5	44.7	19.1	8				
47.4	37.2	95	70.7	112	92	28.6	31				
39.7	20.4	95	63.8	102.1	63.9	22.6	32				
28.3	42.3	83	52.8	76.7	56.6	24.3	28				
10.7	33.6	70	45.8	37.5	40	18.5	25				
14.3	32.6	83	28.6	46.4	37.9	15.7	22				
14.3	31.1	66	36.1	47	33.4	13.6	27				
13.8	36	68	36.2	44.1	32.6	19.3	2				
15.3	32.2	69	34.2	42.8	23.3	13.5	27				
17.7	30.6	67	33.7	45.7	28.6	13.7	21				
20.3	40.1	73	37.3	45.6	33.1	15.1	21				
36.2	43.1	83	46.5	55.3	39.7	17.6	24				
40.3	40.8	131	50.2	87	34.5	16.6	31				
52.3	39.2	139	66.3	79.2	58.3	26.3	46				
45.9	33.5	136	64.3	79.8	54.5	23.3	41				
19	48.6	94	58.9	75.1	42.9	29.6	37				
29.8	41.3	81	52.9	64.3	35.3	17.5	32				

Debido a la evidencia científica y al incremento en la mortalidad de enfermedades cardiovasculares, en el 2019 la Organización Mundial de la Salud demandó a los países la necesidad de hacer ajustes a los valores normados debido al incremento en las muertes por enfermedades cardiovasculares en todo el mundo. México el 27 de octubre de 2021, publicó modificaciones a la NOM-025-SSA1-2021 y establece periodos de reducción cada tres años a partir de la publicación de la norma. Así para el periodo 2021-2024, la concentración promedio horaria anual deberá ser $356 \mu\text{g m}^{-3}$.

INSTRUCCIONES: Con ayuda de STATGRAPHICS analiza los datos, para posterior a ello elabora un reporte de los resultados de la investigación siguiendo la secuencia del siguiente listado:

1. PLANTAMIENTO DEL PROBLEMA:
 - Inspecciona el nombre del diseño experimental, y expresa el modelo matemático esperando cada uno de los términos del mismo.
 - Cuál es la variable respuesta
 - Especifica el factor controlado, sus niveles, y el número de réplicas
 - Escribe las hipótesis a probar
 - Menciona la significancia estadística de la prueba de hipótesis
2. TABLA ANOVA
 - Describe las fuentes de variabilidad analizadas en el diseño
 - Contrasta el valor de la F-superfuerza (F-c) con el valor de la F-crítica (F-tabla), así como la probabilidad de cometer un error a la hora de rechazar la H_0
 - Interpreta las conclusiones del análisis de varianza, enfatizando la aceptación o rechazo de H_0 y la confiabilidad estadística
3. CONTRASTE DE SUPUESTOS (PRE-TEST)
 - En base a los resultados de ANOVA verifica si es necesario el análisis estadístico complementario que te permita la identificación de puntos críticos por contaminación de PM_{10} , en
 - Interpreta los resultados haciendo énfasis en la definición de los grupos homogéneos y las diferencias estadísticamente significativas.
4. VERIFICACIÓN DEL MODELO MATEMÁTICO
 - Escribe el modelo matemático en base a los resultados obtenidos para:
 - Verifica de forma gráfica el cumplimiento del supuesto de homocedasticidad
 - Verifica de forma gráfica el cumplimiento del supuesto de independencia
 - Verifica de forma gráfica el cumplimiento del supuesto de distribución normal de los residuos

NOTA: El listado de apartados tiene como propósito guiar la secuencia lógica del análisis e interpretación del diseño experimental. Realiza un reporte en formato libre pero siguiendo la secuencia en cada uno de los apartados, sin haciendo una redacción fluida como por ejemplo:

En el presente estudio se realizó un diseño factorial para identificar zonas críticas de contaminación por PM_{10} en la ZMG. El modelo matemático del diseño está dado por: $Y = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_{ij} + \epsilon_{ijk}$, donde Y es la variable respuesta, μ es el factor controlado correspondiente a H_0 , α_i son los niveles de H_0 y β_j son los niveles de H_1 .

Las hipótesis a probar son una significancia estadística de H_0 y H_1 y se concluye que H_0 es rechazada y H_1 es aceptada.

El entregable es la reporte en formato PDF

La cuarta sección, “Proyecto.Video”, enlista las especificaciones que debe cumplir el producto final (Figura 15), un video que utilice alguna de las aplicaciones libres, como Loom (Figura 16), donde el alumno, de manera individual, presente los hallazgos de su investigación mediante una presentación en Powerpoint.

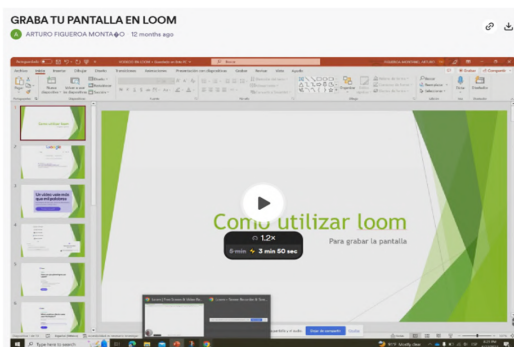
Figura 15
Especificaciones producto final

Proyecto. Video

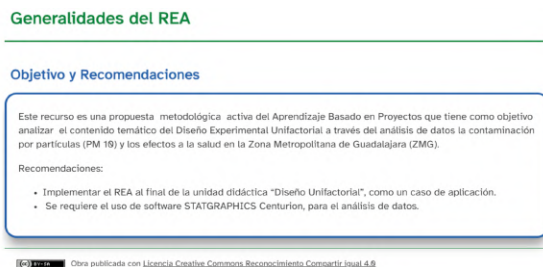
Hallazgos

Consulta el video tutorial de Loom ([Graba tu pantalla](#)) y posterior a ello realiza un video donde comuniques de forma detallada los hallazgos de tu investigación en un power point bajo la siguiente secuencia:

- Presentación del problema
- Tabla ANOVA, interpretación
- Prueba de rangos múltiples y apoyo gráfico
- Verificación de supuestos
- Conclusiones y recomendaciones para protegernos de la mala calidad del aire

Figura 16*Tutorial. Cómo utilizar Loom*

La última sección es “Generalidades el REA”, que describe el objetivo del recurso didáctico y da recomendaciones para su aplicación (Figura 17).

Figura 17*Generalidades del REA*

Implementación

El proceso de implementación del REA se llevó a cabo de la siguiente manera: en el calendario 2023B se implementó en cuatro grupos de las licenciaturas en Químico Farmacéutico Biólogo, Química y Ciencias de materiales, así como en las ingenierías de Química e Industrial del Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías de la Universidad de Guadalajara. En el calendario escolar 2024A se repitió la implementación para las licenciaturas en Química y Químico Farmacéutico Biólogo, al igual que en Ingeniería Industrial.

El REA fue distribuido por asignación de tarea en Classroom, donde se compartió la dirección URL para elaborar de forma individual y autónoma el proyecto “Identificación de puntos críticos de contaminación por partículas PM_{10} en la ZMG”. El tiempo para la entrega de los productos finales fue de 10 días, y correspondían a un reporte con la presentación e interpretación de los resultados en formato PDF y un video haciendo la presentación,

interpretación y discusión de resultados con base a una serie de diapositivas generadas en PowerPoint.

Figura 18
Criterios para la evaluación de productos generados por el REA

ENTREGABLES:

1. REPORTE PROYECTO FINAL:

➤ Título del problema a resolver

➤ Segunda línea tu nombre completo

➤ Introducción (breve descripción de la problemática)

➤ Objetivos

➤ Materiales y método (muy importante documentar el proceso del experimento con imágenes o fotografías)

➤ Resultados presentar los datos: especificar el nombre y modelo del diseño, la serie de hipótesis a poner a prueba, tabla ANOVA con interpretación y soporte gráfico, prueba de rangos múltiples (de ser necesaria), verificación de supuestos, conclusiones generales.

2. VIDEO PRESENTACIÓN POWER POINT (máximo 10 minutos):

➤ Título

➤ Nombre completo

➤ Presentación del problema

➤ Objetivos

➤ Nombre y modelo del diseño experimental

➤ Hipótesis a someter a prueba

➤ Tabla ANOVA e interpretación de resultados, prueba de rangos múltiples (de ser necesaria) con apoyo gráfico, verificación de supuestos y conclusiones generales.

EVALUACIÓN PRESENTACIÓN (5 puntos cada rubro)

CRITERIO	PUNTAJE	OBSERVACIONES
Cumple formato de presentación: Título y autor del trabajo, Presentación del problema, Objetivos, Modelo del diseño experimental, Hipótesis a someter a prueba, tabla ANOVA e interpretación de resultados, prueba de rangos múltiples (de ser necesaria) con apoyo gráfico, verificación de supuestos y conclusiones generales.		
Explica los resultados del ANOVA		
Utiliza soporte gráfico		
Verifica los supuestos y concluye de manera clara las mejores condiciones de su experimento y hace recomendaciones		

PONDERACIÓN PROYECTO FINAL

-Reporte cubriendo todos los lineamientos (10 puntos)

-Video de la presentación cumpliendo cada uno de los requisitos (20 puntos)

Los productos entregados por los alumnos fueron de gran calidad. Estos reflejaban el cumplimiento de los objetivos de cada una de las actividades planteadas en el REA (tabla 1), desde la reflexión y concientización del problema de estudio hasta el análisis, interpretación y recomendaciones de acuerdo con los hallazgos encontrados. En la Figura 19 y Figura 20 se muestra la evidencia del trabajo realizado por los estudiantes.

Figura 19
Evidencia del reporte

ASIGNATURA: DISEÑO DE EXPERIMENTOS
ALUMNO: J. PROFESOR

CICLO: 2023B

CARRERA: LQU

ASIGNATURA: DISEÑO DE EXPERIMENTOS
ALUMNO: J. PROFESOR

CICLO: 2023B

CARRERA: LQU

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La Secretaría del Medio Ambiente y Desarrollo Territorial del Estado de Jalisco (SEMADET) recientemente desarrolló una investigación para identificar zonas críticas de contaminación por partículas PM10 en los principales municipios de la Zona Metropolitana. Para ello utilizó los promedios horarios anuales que brindan las 8 estaciones de la Red de Monitoreo de la calidad del aire que se muestran en la tabla:

	Estaciones							
	Atemajac	Ocotlán	L.Dorada	Tlaquepaque	Miravalle	Águilas	Valarta	Centro
Promedio horario	23	36.2	70	44.6	52.6	26	15.5	27.9
	18	35.7	62	40.3	44.9	22.4	13.6	23.7
	15.7	30.4	57	36.6	39.7	20.5	12.4	21.3
	14.2	29.3	55	33	39	19.7	11.7	20.4
	14.8	29.9	56	32.2	40.4	20	11.8	20.6
	17.8	31.5	59	33.9	47.5	20.6	12.5	22.1
	25.1	36.2	62	40.2	62.9	27.8	14.5	25.3
	40.2	48.2	75	59.5	89.5	44.7	19.3	34
	47.2	57.1	95	70.7	112	62	23.3	37.4
	39.7	50.4	95	60.8	102.1	60.9	22.6	32.2
	28.3	42.5	83	52.8	76.7	55.6	21.5	28.1
	19.7	33.6	70	45.3	37.5	46	18.6	25.8
	14.5	32.6	63	38.6	49.4	37.9	15.7	22.6
	14.2	31.1	66	36.1	47	33.4	13.6	21.4
	13.8	36	68	36.2	44.1	32.4	13.3	21
	15.3	32.9	69	34.4	42.8	30.8	13.5	21.2
Promedio horario	17.7	39.6	67	33.7	42.7	29.6	13.5	21.3
	24.3	40.1	70	37.3	45.6	30.1	14.3	21.8
	36.2	42.1	83	46.5	55.3	39.4	17.8	26.6
	49.3	50.8	103	55.2	87	52.5	22.8	33.7
	52.3	59.2	109	66.1	79.2	58.3	24.1	40.5
	45.9	53.1	106	64.1	79.9	54.6	23.1	41.5
	39	48.6	94	58.9	75.1	42.9	20.2	37.4
	29.8	41.3	81	52.9	64.3	32.1	17.5	32.1
	Este diseño de experimentos se está realizando con el objetivo de encontrar la zona que tiene menor concentración de partículas PM10, por lo tanto, una zona menos contaminada y que cuenta con una mejor calidad del aire.							

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El nombre del diseño experimental que se realizará es el unifactorial. El modelo matemático correspondiente es el siguiente:

$$y_i = \mu + \tau_i + \epsilon_i$$

donde:

y_i = variable respuesta

μ = efecto global

τ_i = factor controlado

ϵ_i = error aleatorio

Para este estudio se definió a la variable respuesta como el promedio anual horario de la concentración de partículas PM10, el factor controlado son las 8 diferentes estaciones que se monitorearon. Se utilizaron 8 niveles de prueba con 24 réplicas cada uno, ya que se monitoreaba cada hora del día. La significancia estadística con la que se corrió este modelo fue de 0.05, y el estadístico de prueba utilizado es F-Fisher.

Para este diseño las hipótesis planteadas son las siguientes:

- Hipótesis nula (H_0) = La estación de monitoreo NO influye en el promedio horario anual de partículas PM10.
- Hipótesis alternativa (H_A) = La estación de monitoreo SÍ influye en el promedio horario anual de partículas PM10.

TABLE ANOVA:

Fuente	Suma de Cuadrados	GI	Contraste Medio	Resaca-F	Valor-P
Estaciones	47612.8	7	6815.97	52.30	0.0000
Error	31142.4	184	169.252		
Total (Corr.)	92106.2	191	487.467		

Interpretando los resultados de la tabla anterior podemos notar que el valor P es decir, menor a 0.05. Según la evidencia estadística se puede rechazar la hipótesis nula con un 95% de confiabilidad estadística, y el error que se puede producir al rechazar la hipótesis nula es de 0.01%, el cual es muy bajo.

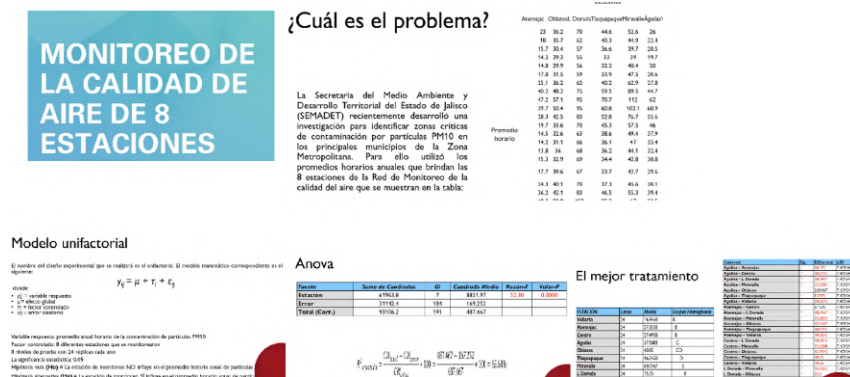
Para conocer el porcentaje de variabilidad observada que se puede explicar con el factor controlado procedemos a calcular la $R^2_{ajustada}$:

$$R^2_{ajustada} = \frac{CM_{total} - CM_{error}}{CM_{total}} \cdot 100 = \frac{487.467 - 167.252}{487.467} \cdot 100 = 65.68\%$$

Según la $R^2_{ajustada}$ se concluye que la estación de monitoreo explica el 65.68% de la variabilidad

Figura 20

Evidencia del análisis e interpretación de datos, en formato de video



Evaluación

Una vez diseñado y creado el REA, se implementó y se realizaron dos evaluaciones, una por pares, con ayuda de profesores, y otra con estudiantes. Ambas evaluaciones tenían la finalidad de identificar oportunidades de mejora del REA, teniendo como objetivo el aprendizaje y la participación activa.

Evaluación por pares

La evaluación por pares, en su esencia, busca garantizar la calidad y la validez de trabajos académicos, investigaciones y contribuciones intelectuales mediante la revisión crítica de expertos en el campo respectivo. Este proceso no solo ayuda a validar la veracidad y la relevancia de la información presentada, sino que también promueve la mejora continua al ofrecer retroalimentación constructiva a los autores.

La evaluación por pares se llevó a cabo mediante una encuesta de 48 preguntas que consideraban aspectos como la claridad y relevancia del contenido, la accesibilidad para diferentes usuarios, la adecuada licencia y respeto de los derechos de autor, la calidad pedagógica que promueva el aprendizaje efectivo, la diversidad y adaptabilidad a diferentes contextos, la facilidad de uso y navegación, y la retroalimentación de los usuarios que respalde la utilidad y mejora continua. La serie de preguntas se construyó tomado como referencia la Norma UNE-71262, que establece los criterios de calidad de los materiales educativos (Fernández, 2017). La norma funciona como una plantilla fundamental para establecer y analizar, tanto en términos cuantitativos como cualitativos, la calidad de los recursos educativos digitales. Los criterios establecidos facilitan la medición de la efectividad pedagógica del material, la eficiencia tecnológica y la utilidad en términos de accesibilidad.

El propósito principal es orientar a los creadores en la producción de recursos educativos digitales, a los usuarios en su elección y a los evaluadores en su apreciación.

Para una mejor comprensión de los resultados, se cuantificaron los resultados de los aspectos a evaluar de la siguiente forma: “SI” = 2 puntos, “Parcialmente” = 1 punto y “NO” = 0. A partir de ello, se calculó un índice para cada pregunta donde

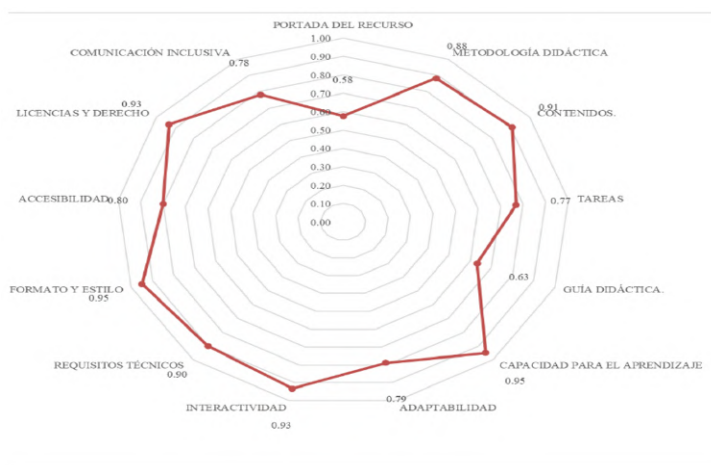
$$\text{índice} = \frac{\sum \text{valores observados}}{\sum \text{valores totales esperados}}$$

Valores del índice ≥ 0.80 indican fortaleza y valores < 0.80 indican un aspecto a mejorar en el REA.

La Figura 21 muestra los resultados obtenidos, entre los que se distinguen con la mayor fortaleza y un índice > 0.90 el formato y estilo, la capacidad para el aprendizaje, la interactividad, licencias y derechos, contenidos y requisitos técnicos. De forma similar, las fortalezas del REA con un índice mayor a 0.80, pero menor a 0.90, se refirieron a la accesibilidad y a la metodología didáctica.

Por otro lado, destacaron los elementos de la siguiente secuencia como oportunidades de mejora, mostrados de mayor a menor: guía didáctica > tareas > comunicación inclusiva > adaptabilidad. Se puede referir un índice promedio global del REA de 0.83.

Figura 21
Evidencia



Producto de los resultados anteriores se realizaron cambios en el REA, como anexar instrucciones, revisar que las ligas estuvieran activas e incluir un apartado de generalidades con la finalidad de proporcionar el objetivo y recomendaciones del REA.

Resultados de la experiencia docente

Los resultados de la experiencia docente de la aplicación del REA se pueden referir como altamente significativos en relación al planteamiento del problema, el análisis e interpretación de resultados. Lo anterior se constata en la presentación individual del proyecto por medio del video donde los estudiantes muestran seguridad y dominio del tema, además de que hacen recomendaciones precisas que los llevan a identificar puntos críticos de contaminación por partículas PM_{10} en la ZMG. Lo anterior empodera a los estudiantes con conocimientos prácticos para valorar la exposición y disminuir los riesgos que representa este contaminante a su salud.

Los proyectos previstos en el REA con base en la metodología ABP fueron desarrollados de manera satisfactoria, permitiendo que los estudiantes pudieron resolver el problema. Sin embargo, de acuerdo con los resultados obtenidos, se recomienda a quienes hagan uso del REA anexar a las actividades el desarrollo de una puesta en común donde los estudiantes identifiquen y discutan sobre las posibles fuentes de contaminación de PM_{10} en su zona de residencia. A partir de ello se puede obtener como producto final de la actividad cooperativa un decálogo sobre la identificación de fuentes de contaminación por PM_{10} para hacer recomendaciones para la prevención y disminución de riesgos a la salud por exposición a dichas partículas.

Los resultados de la rúbrica de evaluación, mostrada en la Figura 6, se pueden referir como altamente significativos, pues los estudiantes fueron capaces de entregar reportes escritos que atienden la secuencia lógica del análisis e interpretación del diseño unifactorial. El referente para la construcción de la rúbrica fue el Modelo de Evaluación Auténtica de Wiggins, 1990. Este modelo se centra en la capacidad del estudiante para aplicar lo que ha aprendido en situaciones nuevas y realistas. Los estudiantes son evaluados en tareas que tienen relevancia más allá del aula, lo que permite una evaluación más significativa y contextualizada de su aprendizaje. Los criterios de creación de la rúbrica reflejan las habilidades y conocimientos que los estudiantes deben demostrar, como su capacidad para identificar variables controladas, desarrollar una hipótesis, diseñar un experimento para probar esa hipótesis, recoger y analizar datos, e interpretar y presentar sus resultados. De manera importante, la presentación de los hallazgos de su proyecto por medio de un video contribuyó a la aplicación de teorías a situaciones reales con una buena interpretación de resultados, al desarrollar habilidades de pensamiento crítico que facilitaron la elaboración de conclusiones pertinentes a la problemática de estudio.

Conclusiones

La creación del REA resultó una experiencia enriquecedora, pues se trabajó desde la planeación, selección y creación de materiales, la guía

didáctica y el diseño de la presentación del recurso, buscando que todos estos elementos contribuyan al objetivo del REA. Al evaluar el REA se encontraron oportunidades de mejora sobre las que se realizaron modificaciones para tener una mejor versión de este. Con la implementación del REA se pudo apreciar que el estudiante adquiere mayor experiencia en el análisis de datos de un diseño unifactorial, además, por la naturaleza de los datos se permitió reflexionar sobre la calidad del aire en su entorno, visualizando cómo la variación de los datos a través de un ANOVA puede ser explicada por distintos componentes.

En general, el tener un material de apoyo como este REA ayudó a mejorar el aprendizaje por parte del estudiantado. Para el profesorado representó una herramienta innovadora que permite trabajar con un enfoque en metodologías activas para el aprendizaje, buscando que el estudiante tenga una experiencia que propicie su aprendizaje y en el que él o ella se vea como responsable de este. Una de las ventajas de este recurso es que puede ser implementado de manera presencial, a distancia o híbrida.

Referencias

- Badii, M.H., Castillo, J., Rodríguez, M., Wong, A., & Villalpando, P. (2007). Diseños experimentales e investigación científica. *InnOvaciOnes de NegOciOs* 4(8), 283–330.
- Box, J. F. (1980). R.A. Fisher and the Design of Experiments, 1922–1926. *The American Statistician*, 34(1), 1–7. <https://doi.org/pqbv>
- Durakovic, B. (2017). Design of Experiments Application, Concepts, Examples: State of the Art. *Periodicals of Engineering and Natural Sciences*, 5(3), 421–439.
- Fernández, P.C.A.M. (2017). *UNE 71362: Calidad de los materiales educativos digitales*. <https://bit.ly/3FtVg3z>
- González E.H. (2024). Recursos educativos abiertos de bajo costo para promover la participación democrática e inclusiva de los estudiantes en la clase de ciencias. *Revista de Innovación en Enseñanza de las Ciencias*, 6(1), 180–195. <https://doi.org/10.5027/reinnec.V6.I1.139>
- Ilzarbe, L., Álvarez, M.J., Viles, E., & Tanco, M. (2008). Practical applications of design of experiments in the field of engineering: A bibliographical review. *Quality and reliability Engineering International*, 24, 417–429. <https://doi.org/10.1002/qre.909>
- Rodríguez, B.I. (2022). Recursos Educativos Abiertos (REA) y el aprendizaje de la matemática. *Tesla Revista Científica*, 2(1), e19. <https://doi.org/pqbw>
- Rodríguez, N. E., & Zepeda, R. (2022). La transdisciplinariedad de los recursos educativos abiertos, una alternativa para generar metacognición a nivel posgrado. *RIDE Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 13(25). <https://doi.org/10.23913/ride.v13i25.1237>

- Yepes V.P. (2013). *Definiciones básicas del diseño de experimentos*. Universidad Politécnica de Madrid. <https://victoryepes.blogs.upv.es/2013/04/24/>
- Wiggins, G. (1990). The Case for Authentic Assessment. *Practical Assessment, Research, and Evaluation* 2(1): 2. <https://doi.org/10.7275/ffb1-mm19>