



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA

**LA LUDIFICACIÓN COMO ESTRATEGIA
NEURODIDÁCTICA DE APRENDIZAJE EN
QUÍMICA ANALÍTICA**

TESIS

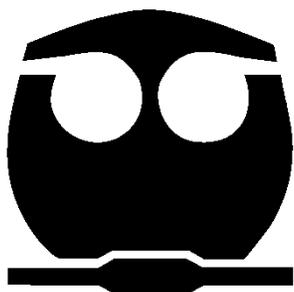
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
QUÍMICO

PRESENTA

JUAN FELIPE BARRÓN SIERRA

CIUDAD UNIVERSITARIA, CD. MX

2022





Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

JURADO ASIGNADO:

PRESIDENTE:	PROFESORA:	SILVIA CITLALLI GAMA GONZÁLEZ
VOCAL:	PROFESORA:	AGUEDA ELENA CENICEROS GÓMEZ
SECRETARIO:	PROFESORA:	NORMA RUTH LÓPEZ SANTIAGO
1^{ER} SUPLENTE:	PROFESORA:	ERIKA IVONNE VILLAGRANA MACIAS
2^{DO} SUPLENTE:	PROFESOR:	EVERARDO TAPIA MENDOZA

SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA:

LABORATORIO 3B, EDIFICIO A, FACULTAD DE QUÍMICA, UNAM

ASESORA DEL TEMA:

DRA. NORMA RUTH LÓPEZ SANTIAGO

SUSTENTANTE:

JUAN FELIPE BARRÓN SIERRA

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Universidad Nacional Autónoma de México por la oportunidad de desarrollarme profesionalmente para poder aportar mis conocimientos a la sociedad y poder retribuirle todo aquello que aprendí dentro de sus instalaciones.

Agradezco a la Dra. Norma Ruth López Santiago por permitirme trabajar con ella, brindarme su apoyo, tomarse el tiempo y confiar en mí a lo largo de este trabajo. Siempre le estaré agradecido.

Agradezco a la Dra. Agueda Elena Ceniceros Gómez por su ayuda, sugerencias y consejos durante el desarrollo de este trabajo.

A mi sinodal la M. en Ciencias Silvia Citlalli Gama González por sus correcciones, comentarios y sugerencias.

A los grupos escolares de Analítica Experimental III de los semestres 2021-II, 2022-I y 2022-II por permitirme trabajar con ellos y por su participación en esta investigación.

A la Dirección General de Asuntos del Personal Académico (DGAPA) de la UNAM por la beca otorgada para la realización de esta investigación a través del proyecto ***PE201022 Propuestas didácticas basadas en metodologías activas para la enseñanza-aprendizaje de la Química Analítica.***

DEDICATORIAS

Agradezco a Dios porque nunca me faltó sustento, por guiarme en este camino y por poner en mi vida a todas las personas que me han acompañado durante esta etapa de mi vida.

Dedico este trabajo a mis padres Juan Francisco Barrón Moreno y Eugenia Ángela Sierra López quienes son las personas más importantes de mi vida. Gracias por apoyarme en todo; por sus sacrificios, por madrugar todos los días conmigo, por escucharme y por siempre estar ahí para mí. A toda mi familia y en especial a mi hermana Itandehui, a mi tía Isaura, a mis primos Joshua y Pedro, a mi abuelo Raymundo y a mi abuela Felipa que descanse en paz; por todo el amor, la confianza, la comprensión, las risas, el llanto y la fortaleza que me dieron para continuar. Les amo con toda mi alma.

También dedico este trabajo a todas mis amistades, a mis *ajolotes*, a mis *motomamis* por estar conmigo siempre y permitirme estar presente en sus vidas. Tódes ustedes me hicieron crecer profesional, emocional y como ser humano. Por todas las pláticas, las cervezas, los cigarros, los chistes, la ayuda y el consuelo que hicieron más llevadero este camino. No diré nombres específicos porque todes y cada una de ustedes estuvieron ahí para mí de maneras y formas diferentes. *Us estimo moltíssim.*

Tabla de contenido

RESUMEN	X
INTRODUCCIÓN.....	XI
OBJETIVOS	XIV
I. MARCO TEÓRICO	1
1 Neurociencias	1
1.1 Neuroeducación	3
1.2 Neurodidáctica y Ludificación.....	4
2 Ludificación.....	5
2.1 Evaluación	8
2.2 Tipos de Ludificación.....	9
2.3 Elementos de la Ludificación.....	10
2.4 Tipo de Participantes.....	12
2.5 Objetivos y Herramientas Pedagógicas de la Ludificación	14
2.6 Motivación y Recompensas	17
2.7 Elementos del Diseño de Actividades Lúdicas	20
2.8 Proceso y Herramientas para la Ludificación.....	21
II. ESTADO DEL ARTE DE LA LUDIFICACIÓN EN EL APRENDIZAJE DE LAS CIENCIAS.....	28
3 Aprendizaje Mecánico y Conflicto Cognitivo	28
4 Ludificación en Química	30
III. METODOLOGÍA	32
5 Enfoque	32
6 Población y Muestra.....	32
7 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.....	32
8 Fases de Implementación.....	34

9	Planeación Didáctica General	37
IV.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	40
10	Preámbulo de las Actividades Lúdicas Realizadas	40
11	Validación de las Actividades Lúdicas Propuestas	44
11.1	Nivel de Dificultad (ρ)	44
11.2	Índice de Discriminación (D)	46
11.3	Resultados de la Validación de las Actividades Lúdicas	47
12	Resultados de la Actividad Lúdica 1 Los Parámetros de Desempeño Contratiempo	48
13	Resultados de la Actividad Lúdica 2 <i>El Formulario de la VMA</i>	53
14	Resultados para la Actividad Lúdica 3 ¿Qué tanto sabes sobre la Validación de Métodos Analíticos?	55
15	Resultados de la Actividad Lúdica 4 El Último Reto de la VMA	60
16	Fortalezas, Oportunidades y Perspectivas del Proyecto	66
17	Propuesta Metodológica para el Diseño y Aplicación de Actividades Lúdicas	69
17.1	Fases de Implementación	70
17.2	Puntos clave a considerar	71
	CONCLUSIONES.....	79
	BIBLIOGRAFÍA	81
	ANEXO A	85
	ANEXO B	87
	ANEXO C	95
	ANEXO D	99

LISTADO DE TABLAS

TABLA 1. RELACIÓN ENTRE OBJETIVOS Y ÁREAS	15
TABLA 2. COMPARATIVO: TAXONOMÍA DE BLOOM VS REVISIÓN DE ANDERSON-KRATHWOHL	16
TABLA 3. RELACIÓN DE LA MECÁNICA, DINÁMICA Y MOTIVACIÓN EN LA LUDIFICACIÓN.....	21
TABLA 4. EJEMPLOS DE APLICACIONES PARA LUDIFICAR	23
TABLA 5. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	35
TABLA 6. PLANEACIÓN DIDÁCTICA GENERAL.....	38
TABLA 7. ACTIVIDADES LÚDICAS PROPUESTAS PARA ANALÍTICA EXPERIMENTAL III.....	42
TABLA 8. ESCALA DEL NIVEL DE DIFICULTAD (P).....	45
TABLA 9. ESCALA DEL ÍNDICE DE DISCRIMINACIÓN (D)	46
TABLA 10. VALIDACIÓN DE LAS ACTIVIDADES LÚDICAS POR EL PANEL DE EXPERTAS.....	47
TABLA 11. CARACTERÍSTICAS DE LOS GRUPOS ESCOLARES (ACTIVIDAD LÚDICA 1).....	48
TABLA 12. RESULTADOS DE LA ACTIVIDAD LÚDICA 1	49
TABLA 13. ENCUESTA DE OPINIÓN ESTUDIANTIL PARA LA ACTIVIDAD LÚDICA 1. RESULTADOS	52
TABLA 14. CARACTERÍSTICAS DE LOS GRUPOS ESCOLARES (ACTIVIDAD LÚDICA 2).....	53
TABLA 15. ENCUESTA DE OPINIÓN ESTUDIANTIL PARA LA ACTIVIDAD LÚDICA 2. RESULTADOS	54
TABLA 16. CARACTERÍSTICAS DE LOS GRUPOS ESCOLARES (ACTIVIDAD LÚDICA 3).....	55
TABLA 17. RESULTADOS DE LA ACTIVIDAD LÚDICA 3	56
TABLA 18. ENCUESTA DE OPINIÓN ESTUDIANTIL PARA LA ACTIVIDAD LÚDICA 3. RESULTADOS	59
TABLA 19. CARACTERÍSTICAS DE LOS GRUPOS ESCOLARES (ACTIVIDAD LÚDICA 4).....	61
TABLA 20. RESULTADOS DE LA ACTIVIDAD LÚDICA 4	61
TABLA 21. ENCUESTA DE OPINIÓN ESTUDIANTIL PARA LA ACTIVIDAD LÚDICA 4. RESULTADOS	64
TABLA 22. ACTIVIDADES DESARROLLADAS EN LAS FASES DEL PROYECTO.	71

LISTADO DE FIGURAS

FIGURA 1. PARTES DEL SISTEMA LÍMBICO	2
FIGURA 2. JERARQUÍA DE LOS ELEMENTOS DEL JUEGO	11
FIGURA 3. CUADRANTES DE LOS TIPOS DE JUGADORES	13
FIGURA 4. MODELO DE GAMIFICACIÓN CANVAS.....	27
FIGURA 5. CICLO SUCESIVO DE UN PROYECTO INVESTIGACIÓN-ACCIÓN.	70
FIGURA 6. DISEÑO DEL PROYECTO INVESTIGACIÓN-ACCIÓN.	70

Listado de Gráficos

GRÁFICO 1. NIVEL DE DIFICULTAD POR ÍTEM PARA LA ACTIVIDAD LÚDICA 1	50
GRÁFICO 2. ÍNDICE DE DISCRIMINACIÓN POR ÍTEM PARA LA ACTIVIDAD LÚDICA 1.....	51
GRÁFICO 3. NIVEL DE DIFICULTAD POR ÍTEM PARA LA ACTIVIDAD LÚDICA 3	57
GRÁFICO 4. ÍNDICE DE DISCRIMINACIÓN POR ÍTEM PARA LA ACTIVIDAD LÚDICA 3.....	58
GRÁFICO 5. NIVEL DE DIFICULTAD POR ÍTEM PARA LA ACTIVIDAD NÚMERO 4.....	62
GRÁFICO 6. ÍNDICE DE DISCRIMINACIÓN POR ÍTEM PARA LA ACTIVIDAD LÚDICA 4.....	63

Resumen

En el presente trabajo se muestran los resultados de la aplicación de diferentes propuestas lúdicas en el curso de Analítica experimental III, las cuales en su conjunto tuvieron como objetivo *facilitar en los estudiantes la adquisición de conocimientos de validación de métodos analíticos a través de actividades lúdicas*. El proyecto fue de investigación-acción con enfoque mixto.

La metodología seguida constó de un ciclo reiterativo de cuatro fases. La primera fase consistió en la búsqueda de información sobre los procesos de ludificación en educación, plataformas digitales para ludificar y sobre el contenido temático de las unidades del temario de Analítica Experimental III. En la segunda fase se llevó a cabo el diseño de las propuestas lúdicas: el planteamiento de los objetivos, la selección de la plataforma y la actividad para ludificar, el desarrollo de los recursos adicionales a las propuestas, la creación de los instrumentos para la validación de las actividades y la recolección de la opinión estudiantil. En la tercera fase del ciclo fue en la aplicación de las actividades lúdicas propuestas a los estudiantes y la obtención de sus opiniones sobre las propuestas presentadas. La última fase se compuso de la corrección manual de los resultados, la determinación del nivel de dificultad y el índice de discriminación de los ítems de las actividades lúdicas implementadas y el contraste de los resultados finales con la opinión de los estudiantes para determinar si las actividades cumplieron con sus objetivos pedagógicos y con los objetivos de esta investigación.

A partir de los resultados de las actividades lúdicas, el nivel de dificultad y el índice de discriminación, así como con las encuestas de opinión, se concluye que las propuestas lúdicas lograron facilitar la adquisición de conocimientos de la validación de métodos analíticos, las cuales permitieron a los estudiantes reforzar y evaluar los conocimientos fundamentales de validación de métodos analíticos de una manera divertida, novedosa y llamativa.

Palabras clave: *Neuroeducación, estrategias neurodidácticas, gamificación, ludificación educativa, ludificación en química, aprendizaje de conocimientos teóricos y metodológicos de química analítica, validación de métodos analíticos.*

Introducción

La Ludificación (del latín *ludos*, juego) se refiere al proceso mediante el cual se integran los elementos de los juegos de manera intencional y metódica, en diferentes actividades humanas con el propósito de desarrollar una actitud o comportamiento (Le Maire, Dalcq, Colaux-Castillo, Fauconnier, & Verpoorten, 2017). Esta va más allá de las intenciones de un juego, ya que, mientras el juego tiene el único propósito de divertir, la ludificación en educación tiene como propósito estimular el interés de los educandos por los temas a aprender dentro de las clases a través de la motivación, ajustándose a las necesidades que presentan los estudiantes, tanto individual como colectivamente. La ludificación en ciencias y, específicamente hablando, la ludificación en química analítica es un campo que aún se está explorando, sobre todo en el área digital y los espacios virtuales.

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Contexto

Dentro del plan de estudios de la carrera de Química que se imparte en la Facultad de Química (consulta: <https://quimica.unam.mx/ensenanza/licenciaturas/quimica/>), la asignatura Analítica Experimental III (AEIII) se encuentra en el 8° semestre de la carrera, con una seriación directa con la asignatura de Analítica Experimental I. AEIII es una asignatura práctica que tiene como objetivo introducir a los estudiantes en el desarrollo y validación de métodos analíticos (VMA), tanto de técnicas clásicas como instrumentales de análisis. Durante el curso, los estudiantes revisan los principios teóricos necesarios tales como los conceptos clave, los parámetros de desempeño, el manejo de datos y los criterios de aceptación para ser empleados en el desarrollo experimental del método analítico propuesto para ser validado. Dada la relevancia y las implicaciones que conlleva la VMA en la formación profesional de los y las estudiantes de Química, es de suma importancia proporcionar las herramientas adecuadas para que los futuros profesionistas sepan aplicar los conocimientos adquiridos en este curso, ya que la VMA está involucrada en prácticamente cualquier actividad humana debido a la necesidad de obtener resultados confiables en todos

los campos relacionados con la química: investigación científica y tecnológica, industria, salubridad, administración jurídica y legal, entre otras.

Planteamiento del Problema

De acuerdo con el perfil de egreso de la carrera de Química, se espera que las y los egresados sean profesionistas con una formación sólida en las diferentes disciplinas de la química, capaces de aplicar sus competencias en la industria, generar nuevos conocimientos, analizar la información de manera crítica y que posean un alto sentido de responsabilidad, ética y honestidad (<https://quimica.unam.mx/ensenanza/licenciaturas/quimica/#perfil-de-egreso>). Los egresados tienen un deber moral y ético de confirmar que los métodos que se proponen cumplen con las características establecidas para garantizar la calidad de los productos y servicios que se ofrecen, con base en las necesidades de los clientes, en los estándares establecidos por la industria y en los valores permitidos por la legislación para no causar un impacto negativo dentro de la vida de la población, la flora, la fauna y el medio ambiente, entre otras posibles repercusiones. Así mismo, deben tener el criterio analítico y saber aplicarlo para determinar si un método empleado proporciona resultados confiables y demostrar que el laboratorio, empresa o centro de investigación cuenta con la capacidad, insumos, instrumentos y personal calificado para poder llevarlo a cabo. Entender y saber ejecutar la VMA es una competencia con suma relevancia dentro del campo laboral y la búsqueda de empleo, por ejemplo, en el sitio web *opcionempleo* donde se ofertan puestos de trabajo en México y en otros países del mundo, para el mes de abril de 2022 había casi 700 ofertas de trabajo para Químicos y carreras afines que tuvieran los conocimientos para validar métodos analíticos y generar la documentación pertinente con fundamento en las normas y regulaciones pertinentes (opcionempleo, 2022).

El mercado laboral para los profesionistas es día con día y a cada momento, más escaso y con más competencia por conseguir un trabajo, en el que los empleos estables con salarios elevados exigen tener más habilidades, aptitudes y experiencia o por el contrario, en donde los trabajos que no exigen tanto ofrecen empleos precarios, por lo que es una labor importante de las y los docentes de Analítica

Experimental III el proporcionar a los estudiantes todas las herramientas, los estímulos y la ayuda que requieren para formar egresados y egresadas preparadas para poder construir una carrera profesional de calidad con la que podrán desenvolverse en el mundo laboral. Los conceptos básicos de la validación de métodos analíticos deben estar bien aprendidos para que los estudiantes sean capaces de aplicar y extrapolar toda la información que reciban y puedan tomar decisiones que, de una forma u otra, tendrán un impacto importante.

Con los cambios tecnológicos, generacionales, sociales, políticos y económicos, la enseñanza de la Química debe evolucionar en sí misma, dejando atrás los métodos tradicionales basados en la memorización mecánica de los conceptos teóricos y en el manejo operacional de los instrumentos sin que los estudiantes tengan una participación activa, de comprender el porqué de cada cosa y cómo se relaciona el nuevo vocabulario y los nuevos conceptos con el conocimiento previo con el que cuentan hasta el momento de cursar Analítica Experimental III. Las herramientas didácticas a desarrollar deben ser novedosas y que generen en los estudiantes una motivación para resolverlas, además que deben plantearse para generar un ambiente tranquilo donde tengan la posibilidad de equivocarse y ser guiados hacia la solución de un problema sin ser severamente juzgados ni se vean vulnerados de manera emocional, ya que llevarlos a situaciones desagradables podría causar un rechazo hacia el conocimiento nuevo, alejándonos del objetivo principal: que los estudiantes aprendan (Benavides & Flores, 2019).

Objetivos

Objetivo general

Facilitar en los estudiantes la adquisición de conocimientos de validación de métodos analíticos a través de actividades lúdicas.

Objetivos particulares

1. Diseñar actividades lúdicas novedosas y llamativas a través de plataformas digitales, enfocadas en promover interés en los estudiantes por la validación de métodos analíticos.
2. Determinar si las actividades propuestas facilitaron la adquisición de conocimientos de validación de métodos analíticos.
3. Presentar una propuesta metodológica para el diseño, aplicación y evaluación de actividades lúdicas que faciliten la adquisición de conocimientos de validación de métodos analíticos.

I. Marco Teórico

1 Neurociencias

Las Neurociencias son un campo de estudio multidisciplinario que se encarga de estudiar y analizar el sistema nervioso para comprender el comportamiento humano. Diversas ramas de conocimiento estudian el sistema nervioso desde diferentes enfoques y perspectivas, por ejemplo, la fisiología estudia la estructura celular del cerebro, la bioquímica estudia la composición, la organización y las reacciones químicas que el cerebro lleva a cabo ante un estímulo, la psicología investiga la organización y los cambios cerebrales ocurridos durante un aprendizaje, una acción o una vivencia, etc. Desde su surgimiento durante la segunda mitad del siglo XX, las Neurociencias se han enfocado particularmente en el funcionamiento de la memoria y el aprendizaje. A nivel fisiológico, el aprendizaje puede ser descrito mediante cambios estructurales y de funcionamiento cerebral (Squire, y otros, 2008). Las Neurociencias nos han permitido conocer que el cerebro está en constante cambio estructural cuando está bajo un proceso de aprendizaje, sin importar la edad o madurez de la persona. Otro gran aporte es comprender que las emociones y sentimientos intensifican o reducen un aprendizaje debido al estímulo de las redes neuronales, reforzando las conexiones neuronales (De la Barrera & Donolo, 2009).

Antes del surgimiento de las Neurociencias, las emociones cotidianas (desde la alegría hasta el miedo) eran un enigma para la humanidad, ya que no se comprendía el origen fisiológico, químico o psicológico de estas mismas. Hoy en día sabemos que las emociones están reguladas por un conjunto de respuestas cerebrales periféricas, autónomas y hormonales. Las emociones generan un estímulo sensorial regulado por diferentes estructuras cerebrales, siendo la amígdala, el hipotálamo y el tallo cerebral las más involucradas (López, Valdovinos de Yahya, Méndez, & Mendoza, 2009).

En 1878, Paul Pierre Broca describió un borde curvado de la corteza cerebral, al cual llamó *lóbulo límbico* e identificó características fisiológicas y anatómicas diferentes a otras partes del cerebro, sin embargo, no tenía claro cuál era su función.

Fue hasta 1937, cuando el fisiólogo norteamericano James Papez sugirió que el lóbulo límbico es el encargado de las emociones (lo cual fue confirmado en 1949 por el fisiólogo Paul MacLean). Fisiológicamente, el sistema límbico consta de dos giros cerebrales concéntricos que rodean el cuerpo calloso (el Giro Cingulado y el Giro Parahipocampal), la formación hipocampal, la amígdala, el hipotálamo y el área septal, Figura 1. Sus funciones principales son la regulación de las funciones autónomas (frecuencia cardíaca, presión arterial, etc.), la memoria espacial, la memoria de largo plazo, el hambre, la sed, el ciclo del sueño, los sueños, el deseo sexual y las emociones (Rajmohan & Mohandas, 2007).

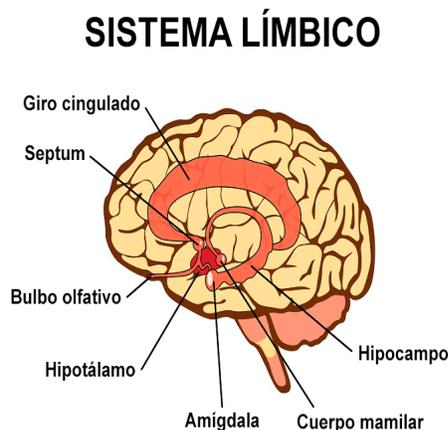


Figura 1. Partes del sistema límbico
Muñoz, S. (2020) *El Sistema Límbico* [Ilustración].
Recuperado de: <https://www.psicoadictiva.com/blog/sistema-limbico-anatomia-memoria-emociones/>

El sistema límbico es el responsable de la respuesta emocional ante los estímulos. Se encarga de asociar diversas emociones a una situación vivida para evitar futuras experiencias dolorosas o para buscar experiencias placenteras. El sistema límbico es el filtro de los aprendizajes y por este motivo, los profesores deben tomar consciencia sobre las emociones de sus alumnos; así como los alumnos deben saber gestionar sus emociones para obtener los mejores beneficios durante el curso. Las estrategias didácticas deben estar relacionadas hacia las emociones de los estudiantes a través de propuestas sencillas, prácticas y novedosas que les permitan desarrollar motivación al realizarlas. La repetición reflexiva, el estímulo a diferentes sentidos sensoriales y un ambiente sano también son relevantes para mejorar el

aprendizaje. Por otro lado, un ambiente donde exista tensión, sentimientos de amenaza, aburrimiento o desinterés, inhibe parcial o totalmente el aprendizaje. Un gran problema es que actualmente (a pesar de los avances en neurodidáctica) el sistema educativo sigue sin tomar en cuenta cómo el cerebro realmente aprende, así como sigue sin considerar las diferencias químicas, fisiológicas o socioculturales existentes en el cerebro de cada estudiante (Benavides & Flores, 2019).

Con los avances tecnológicos en técnicas de exploración cerebral (como la electroencefalografía, las imágenes cerebrales, la resonancia magnética cerebral, entre otras), es posible observar cuáles son las áreas del cerebro que se activan cuando pensamos, hablamos, calculamos o aprendemos. Actualmente se sabe que el cerebro tiene la capacidad de remodelarse y cambiar todo el tiempo (plasticidad), creando nuevas conexiones neuronales o suprimiendo las que no son necesarias, con el objetivo de aprender o memorizar nuevos conceptos. También se tiene conocimiento de la existencia de las neuronas espejo, que son de una alta especificidad y se encuentran repartidas por todo el cerebro. Estas neuronas se encargan de imitar las acciones realizadas por otros individuos, especialmente con los individuos de nuestra especie. Las neuronas espejo fundamentalmente se encargan del aprendizaje de la vida social, la empatía, la comunicación, los gestos, los vínculos afectivos, los ademanes además que nos permiten entender el mundo a través de la vista y la imaginación. Estos conocimientos sobre la fisiología cerebral permiten aclarar qué ocurre durante la motivación y la memorización (Huc & Vicent-Smith, 2017).

1.1 Neuroeducación

La Neuroeducación, definida por Huc y Vicent-Smith (2017), es la adaptación de la metodología pedagógica enfocada al funcionamiento del cerebro para mejorar el aprendizaje y la memorización. La Neuroeducación no sólo ha transformado la manera en la que aprendemos, sino que también ha transformado el papel del docente dentro del aula. En el pasado, se creía que los estudiantes eran quienes debían adaptarse al profesor, causando en muchos casos desánimo, pesadez e incluso incomprensión para quienes no lograran adaptarse al docente, sin embargo,

los estudiantes no dependen del docente: es este quien depende de los estudiantes. La Neuroeducación nos dice que los profesores, en vez de ser personas con mayor jerarquía cuyo papel es juzgar y evaluar, deben ser orientadores que promuevan un ambiente sano de diálogo que permita a los estudiantes desarrollarse con libertad y autonomía. El profesor, como guía, debe adaptarse a cada uno de sus estudiantes y ser capaz de desarrollar al máximo sus capacidades a través de la exploración, los retos, la comunicación, la toma de decisiones, etc. Estas herramientas le permitirían al docente el poder reconocer a los estudiantes que tengan algún tipo de discapacidad, problemas emocionales o problemas de comunicación. Estas grandes responsabilidades hacen que los docentes sean un pilar importante en la construcción de nuestras sociedades, porque son ellos quienes (directa o indirectamente) moldean nuestro cerebro (McGuire, 2019).

El surgimiento de las Neurociencias ha abierto el debate ante los modelos educativos anteriores. Es cierto que el sistema tradicional de enseñanza es obsoleto, pero incluso antes de que naciera la Neuroeducación, la comunidad académica ya contaba con una gran aliada: la Pedagogía. A pesar de que existe una gran controversia entre pedagogía y neurociencias, ambas han llegado a las mismas conclusiones a través de diferentes caminos: el aprendizaje mejora cuando el estudiante siente emociones positivas. La relación estrecha entre la neurociencia, la psicología y la pedagogía nos ha permitido obtener el máximo provecho de estas tres ciencias en beneficio de mejorar la enseñanza (Pherez, Vargas, & Jerez, 2018).

1.2 Neurodidáctica y Ludificación

La Neurodidáctica, como fruto de la interdisciplinariedad, estudia y diseña las estrategias didácticas con base en el funcionamiento y desarrollo cerebral. A través de estas actividades, el docente es capaz de sembrar aprendizajes más profundos, detectar casos que requieran la asesoría de un especialista y ayudar al estudiante en su camino de conocimiento, autocrítica e independencia (Pherez, Vargas, & Jerez, 2018). Aubin (2020) nos habla sobre diez principios en la Neurodidáctica desarrollados por Eric Jensen en 2010. Estos son:

1. El cerebro es un órgano maleable, por lo que se puede inducir la formación de nuevas neuronas y redes neuronales a través del desarrollo de aptitudes cognitivas y emocionales.
2. La actividad física, el receso y el movimiento voluntario dentro del salón de clases reduce el estrés, promueve la neurogénesis y estimula el aprendizaje.
3. Las condiciones sociales de los estudiantes influyen su vida escolar y su desarrollo académico.
4. El estrés agudo y el crónico tienen un impacto negativo en el comportamiento y el aprendizaje.
5. Cada cerebro es único y diferente en su maduración. Una educación variada debe ser ofrecida con base en las aptitudes, talentos e intereses de cada estudiante.
6. El exceso de contenido y tiempo para dar instrucciones satura la memoria de trabajo, causando que los procesos de memoria y aprendizaje se dificulten.
7. El entrenamiento artístico tiene un impacto positivo en el aprendizaje y las aptitudes emocionales, sociales y cognitivas.
8. Las emociones influyen en el aprendizaje y la escuela debería enseñar las aptitudes emocionales y sociales apropiadas para mejorar el desarrollo académico del estudiante.
9. Los desórdenes y problemas de aprendizaje pueden ser mejorados e incluso superados por la plasticidad cerebral si existen programas de educación compensatoria.
10. La memoria no es fija, es maleable. Recordar lo que ha sido aprendido requiere práctica continua y revisión de contenidos.

2 Ludificación

La Ludificación (del latín *ludus*, juego) o *gamificación* (del inglés *game*, juego) se refiere al proceso en el cual los elementos y mecanismos de los juegos son intencional y metódicamente insertados en las actividades humanas con el fin de mejorar o desarrollar una actitud o un comportamiento determinado. La Ludificación aplicada en actividades de aprendizaje puede generar un nivel superior de motivación, el cual permite que los estudiantes se interesen más por el tema a

aprender. La Ludificación permite llegar a un estado tan alto de felicidad que se encuentra en la experiencia óptima (Le Maire, Dalcq, Colaux-Castillo, Fauconnier, & Verpoorten, 2017). La Teoría de la Experiencia Óptima, del Estado Flujo o Teoría del *Flow* fue propuesta por Mihaly Csikszentmihalyi en 1975 como el estado en el que una persona se encuentra tan absorta en una actividad placentera y disfrutable que el tiempo pasa sin que se note y los pensamientos fluyen sin alguna oposición. Para lograr ese estado, los materiales didácticos deben tener metas alcanzables con cierta dificultad, objetivos claros, un espacio que nos permita total concentración, retroalimentación directa e inmediata, una sensación de control que erradique el miedo al fracaso. Esta experiencia óptima o *flow* permite una pérdida de autoconciencia, permitiendo que el ego de los estudiantes desaparezca para que mejore la concentración, se favorezca el trabajo en equipo y en algunos casos, se puede lograr la inhibición cognitiva (Castro, 2020).

Para lograr el estado flujo, es necesario que la actividad escolar no sea tan fácil ni demasiado difícil. Debe existir una correlación entre el nivel de habilidades de los estudiantes y el nivel de los retos a los que se enfrentarán: si estos niveles no coinciden, el aburrimiento podría llegar pronto. El estado de flujo se relaciona directamente con la motivación, por lo que es de interés para la neurodidáctica y como elemento a tomar en cuenta para el desarrollo de la Ludificación en la escuela. El estado flujo se puede crear si la Ludificación está bien desarrollada, la mecánica de la actividad es accesible para todos, que no sea lineal ni que haya retos largos, debe haber espacios entre reto y reto, los estudiantes deben tener un objetivo concreto y alcanzable, evitando la frustración, el enojo o la molestia. También es pertinente recibir un comentario por parte de los estudiantes para modificar la actividad para otros cursos (Sanz & Vergara, 2008).

La Ludificación es un elemento importante en el salón de clases, debido a que nos prepara para actuar de forma espontánea ante un problema, nos permite interactuar directamente con el tema a revisar e inclusive, nos permite equivocarnos de manera sana, sin frustraciones o sin miedo a las consecuencias. La Ludificación podría confundirse fácilmente con una forma más de jugar, sin embargo, los juegos tienen un único propósito: la diversión; en cambio la Ludificación tiene objetivos de

aprendizaje ya planteados, ajustables conforme a las necesidades grupales e individuales de cada estudiante (Sanz & Vergara, 2008). La Ludificación consta de puntos clave que lo diferencian de otro tipo de técnicas de enseñanza:

- Debe contar con retos a superar con diversas habilidades por parte de los estudiantes, por lo que el juego no debe tener una solución sencilla o evidente porque conllevaría a la pérdida del estado flujo.
- Debe tener reglas claras y sencillas, que permitan al estudiante saber qué está permitido, qué es sancionable, qué retos vendrán, el premio al ganador o que pasa si pierde. Las reglas eliminan la incertidumbre del juego y promueve la participación.
- Debe existir interacción, ya sea interacción estudiante-contenido, estudiante-estudiante, etc. La interacción promueve el intercambio de ideas, cambio de perspectivas, entre otras.
- La recompensa es quizá el factor determinante para que la Ludificación sirva exitosamente. Debe ser una recompensa inmediata y no necesariamente una calificación: puede ser mayor tiempo para la entrega de una tarea, más minutos en una exposición, premios físicos (comida, ropa, etc.), más ayuda para un tema en concreto.
- La Ludificación debe saber medir el impacto que pretende generar a través de los juegos. Puede ser pequeño y básico para refrescar la memoria o puede ser más complejo y desarrollar conceptos, habilidades y actitudes al mismo tiempo.
- La Ludificación debe ser utilizada de forma prudente, es decir, no todas las actividades didácticas deben ser lúdicas porque podría comenzar a verse como una imposición artificial y perdería el impacto. Es una herramienta más de todas las posibilidades a desarrollar.
- La Ludificación puede emplearse de forma combinada con otras técnicas, metodologías y teorías. Se debe usar una mezcla de materiales que nos permitan lograr los objetivos de la mejor forma posible.

La Ludificación al ser incorporada como herramienta de enseñanza-aprendizaje, también influye en la relación docente-estudiante. Además, siempre se deberá tomar en cuenta si existen otros materiales didácticos que sean más adecuados para cierto tema o para consolidar aprendizajes. Aunque parezca obvio, la Ludificación debe ser construida con base en las necesidades y habilidades de los estudiantes (Serrat, SA).

2.1 Evaluación

La Neurodidáctica de forma adicional a la enseñanza, también nos invita a replantear la forma de evaluar, puesto que hoy en día la evaluación es una parte negativa que aún dificulta todo el panorama que la Neuroeducación trae. Los exámenes, las calificaciones o el informar a los padres y/o tutores provocan, en gran medida, estrés, nerviosismo, sentimientos de amenaza y angustia, los cuales en este punto sabemos que afectan negativamente al sistema límbico causando que los aprendizajes se pierdan o se bloqueen. Debemos tratar las fallas y los errores como herramientas que permitan al estudiante reflexionar, comprender y reafirmar el aprendizaje. El docente deberá regular las actividades escolares para que los estudiantes superen los obstáculos. Los métodos de evaluación tradicionales sólo se enfocan hacia la capacidad que tiene una persona en retener un conocimiento durante cierto tiempo (porque ni siquiera toma en cuenta si será un recuerdo a corto o largo plazo); la neurodidáctica nos lleva indiscutiblemente a replantearnos qué es lo que realmente debemos evaluar y cómo podemos lograrlo (Pherez, Vargas, & Jerez, 2018).

El objetivo de la evaluación para el docente es el poder recolectar información a partir de los estudiantes y de su desarrollo individual y colectivo en el aula para ajustar los métodos educativos dentro del contexto en el que se sitúan. Desde el enfoque neuroeducativo, una evaluación apropiada es aquella que permite a los estudiantes el reflexionar sobre su proceso de aprendizaje a partir de sus aciertos y errores. La evaluación debe ser completa, diversificada, ética y que no sólo debe tener en cuenta el aprendizaje de los conceptos clave, sino que también debe tomar en consideración la capacidad de los estudiantes en aplicar los procedimientos y metodologías

enseñadas fuera del contexto del aprendizaje original y la manera en la que los estudiantes reaccionan frente a estos estímulos (Catalayud, 2018).

El éxito de la Ludificación no sólo recae sobre la organización neurodidáctica de las actividades lúdicas, sino que también lo hace sobre las recompensas, beneficios y ventajas que deben formar parte de dichas actividades. Los estímulos ofrecidos por el ambiente causarán respuestas en los estudiantes, las cuales (sean recompensadas o castigadas) provocarán que se refuercen o que sean suprimidas a través de las emociones que estos estímulos generen. La repetición de ciertas respuestas permite aprender o desaprender conductas ya aprendidas, lo cual nos permitiría, por ejemplo, romper los patrones del aprendizaje mecánico para empezar a inculcar una nueva forma de aprendizaje. El comportamiento es una relación esencial entre el ambiente y las acciones de una persona y este es fortalecido por las consecuencias que dicho comportamiento produce. Dentro de los salones y especialmente en el área de las ciencias exactas, buscamos que se genere el pensamiento científico y otro tipo de comportamientos que permitan desarrollarlo. En las actividades lúdicas se pretende enseñar a través de la generación de la motivación mediante juegos, por lo que las recompensas funcionan como refuerzos positivos para generar dicha motivación. En una sociedad construida sobre la meritocracia y la obtención de beneficios tangibles, la satisfacción de ganar no causa suficiente motivación, por lo que el sistema de recompensas debe ir más lejos (Menezes, y otros, 2014).

2.2 Tipos de Ludificación

En general, la Ludificación puede ser aplicada en cualquier contexto. Mendoza y Fernández (2016) proponen la siguiente clasificación, con base en el público para el cual está dirigida la actividad lúdica:

- **Ludificación Externa:** está enfocada al marketing y las ventas, ya sea para atraer nuevos clientes o mantener a los clientes ya existentes.
- **Ludificación Interna:** enfocada a recursos humanos dentro de una empresa, ya sea para mejorar la productividad, enganchar a los trabajadores, aligerar el ambiente laboral, etc.

- **Ludificación para Modificar Comportamientos:** se enfoca en cambiar costumbres, conocimientos o comportamientos de un grupo social para cumplir un objetivo determinado. Es utilizado en medio ambiente, salubridad y educación.

La Ludificación en ambientes educativos es diferente a la desarrollada en ambientes empresariales, Kapp (2013) dice que la Ludificación en educación con base en su estrategia de aplicación puede dividirse en dos tipos:

- **Ludificación Estructural:** es la aplicación de los elementos de los juegos para impulsar al estudiante a través del contenido sin alterar o cambiar el contenido en sí. El contenido no se vuelve un juego, sólo la estructura que lo conforma. Su principal objetivo es que el estudiante se motive a empaparse del tema, a revisar y que aprenda a través de recompensas. Los elementos más comunes para este tipo de Ludificación son el sistema de puntos, los logros, los niveles y el estatus.
- **Ludificación de Contenido:** es la aplicación de los elementos del juego directamente al contenido para hacerlo más similar a un juego. Por ejemplo, creando una narrativa a la actividad, retos, listas de objetivos, entre otros.

2.3 Elementos de la Ludificación

Debido a que la Ludificación toma directamente características de los juegos, es primordial entender cómo se construyen estos mismos. Un juego, definido por Franch (S.F.) es *un sistema plástico y ficticio de entretenimiento que está formado por una o varias metas y una serie de reglas y desafíos que hay que superar para poder ganar*. Franch también diferencia entre jugar y juego, ya que jugar puede realizarse con cualquier herramienta, circunstancia, persona o lugar, en cambio el juego está delimitado por las reglas y una meta concreta para ganar.

Para comenzar a diferenciar el juego de *jugar*, se debe crear un *círculo mágico*, es decir, comenzar a crear la realidad ficticia en la que se llevará a cabo el juego (personajes, ambiente, escenografía, condiciones, personificaciones, etc.). Cuando el juego es llevado a cabo por dos o más personas, todos los participantes deberán

llegar al acuerdo de respetar el círculo mágico creado porque si una persona sale de esta realidad ficticia, los límites del círculo desaparecen y se pierde el sentido del juego. A su vez, el círculo mágico puede tener un gran impacto en la realidad, como por ejemplo los juegos de apuestas que crean su círculo mágico a través de barajas, fichas, entre otras cosas y cuyo impacto al ganar o perder es con dinero. Es por eso por lo que el círculo mágico debe estar bien establecido, porque el juego puede afectar la vida real de cada jugador (Franch, S.F.).

Los juegos (*y por ende la Ludificación*) tiene tres elementos principales: la mecánica, la dinámica y los componentes. La Mecánica se encarga del funcionamiento del juego, es decir, las reglas y la parte activa del juego. La Dinámica se encarga de cómo se pone en marcha la mecánica, es decir, la parte emocional, de relaciones sociales, la motivación, limitaciones y la evolución del juego. Finalmente, los Componentes son los recursos y herramientas que utilizamos para diseñar y llevar a cabo un juego (Alejaldre & García, 2015). En la Ludificación, estos tres elementos están jerarquizados como se muestra en la Figura 2.

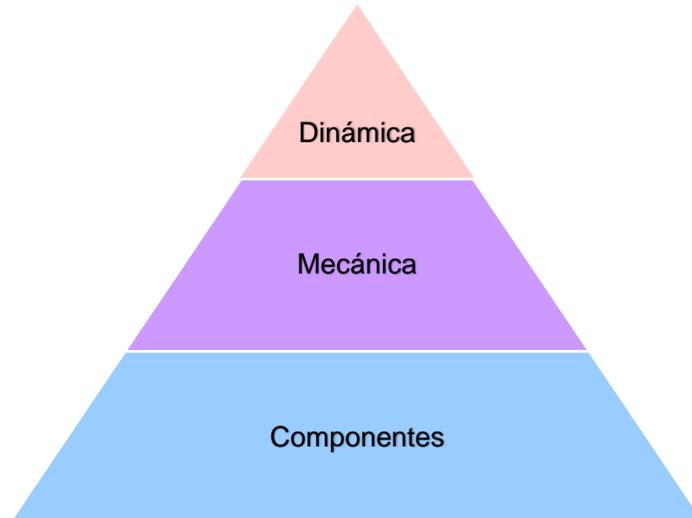


Figura 2. Jerarquía de los Elementos del Juego
Adaptado de Araújo, 2016, p. 95

En esta jerarquía, los componentes son la parte material que conforma y moldea a la mecánica del juego. Sin componentes no existe el juego. La mecánica está en un plano superior porque es el responsable de la involucración de los estudiantes dentro del juego. Finalmente, la dinámica es el elemento más abstracto, puesto que es en

este elemento en donde se lleva a cabo la motivación, las emociones, la competitividad y el aprendizaje. Es importante señalar que los juegos deben tener bien estructuradas las relaciones entre los tres elementos, los objetivos a lograr y un contexto bien desarrollado, porque si una parte falla o no queda clara, puede afectar el proceso del juego (Araújo, 2016).

2.4 Tipo de Participantes

Dentro del ambiente, la actividad lúdica en sí misma debe plantear las reglas, la mecánica y la dinámica a seguir, por lo que el docente ya no es quien establece las reglas ni se encarga de hacer que los estudiantes respeten las reglas. Como la actividad lúdica es, de cierta manera, autosostenible, el docente toma un papel de guía dentro de ella. Su trabajo durante la actividad no es el de juzgar ni de evaluar, es más bien la de un aliado de los estudiantes para que avancen dentro de la actividad sin problemas, regulando el tiempo de duración, resolviendo problemas técnicos o de formato, aclarando dudas operacionales u orientando a los estudiantes para que se mantenga una atmósfera de satisfacción y competencia sana: el docente debe crear un espacio propicio para el aprendizaje a través de la ludificación (Bonvin, 2018).

Al momento de desarrollar *cualquier actividad* que esté basada en los juegos, es necesario entender que no todas las personas responden de la misma manera ante uno. Existirán estudiantes más competitivos y buscarán ganar a toda costa mientras que otros preferirán divertirse sin preocuparse de lograr la meta. Richard Bartle, en su libro *Hearts, Clubs, Diamonds, Spades: Players Who suit MUDs*, identifica cuatro categorías de jugadores, los cuales originalmente llamó como los cuatro palos de la baraja francesa: trébol, pica, corazón y diamante; sin embargo, debido a que eran ambiguos, decidió cambiarle el nombre a *asesinos, conquistadores, exploradores y socializadores*. Para describirlos, Bartle utilizó un sistema de cuadrantes, basándose en dos ejes: el eje *actuar-interactuar* y el eje *jugadores-mundo*. El eje *actuar-interactuar* se basa en los jugadores que prefieren actuar sobre los objetos directos y tangibles mientras están los jugadores que prefieren las interacciones con el sistema del juego y el elemento dinámico. En el eje *jugador-mundo*, se divide entre

quienes prefieren disfrutar el juego en compañía o quienes prefieren hacerlo de forma individual o solitaria (Castilla, 2015). Con base en los ejes, los tipos de participantes se dividen cuatro cuadrantes, como se puede visualizar en la Figura 3.

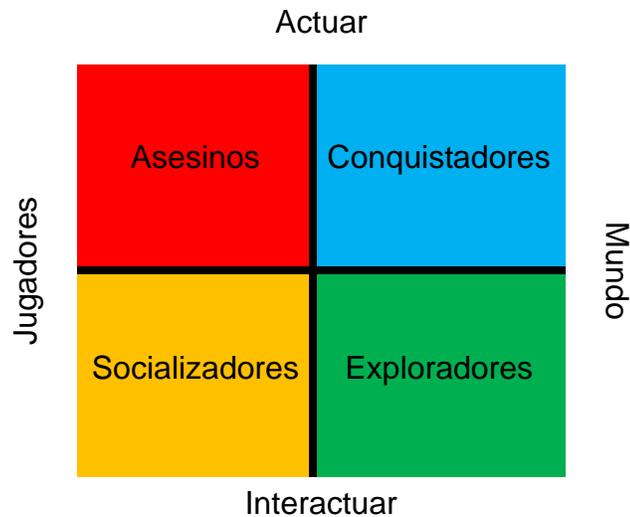


Figura 3. Cuadrantes de los Tipos de Jugadores

- **Conquistadores** (cuadrante actuar-mundo): se centra en buscar logros demostrables y su único interés es ganar, por lo que pueden ignorar las dinámicas y mecánicas del juego habiendo ganado la actividad. No les importa el resto de los participantes. Se recomiendan actividades que cambian constantemente. Les atrae el desafío.
- **Asesinos** (cuadrante actuar-jugadores): buscan someter y tener el control de la actividad y del resto de los participantes. No les importa el juego, sino imponerse por encima de todos y divertirse con el estrés del resto. Se debe tener cuidado con tener demasiados asesinos en un juego porque puede ser muy nociva la experiencia, pero pueden ayudar a equilibrar la personalidad de los conquistadores. Les atrae la competencia.
- **Socializadores** (cuadrante interactuar-jugadores): se interesan en formar alianzas y conexiones con los participantes para que puedan obtener beneficios o ayuda y también son capaces de darla. Se preocupan por entablar comunidades y usualmente toman los roles de moderadores, organizadores, árbitros o papeles diplomáticos. Les atrae el compañerismo.

- **Exploradores** (cuadrante interactuar-mundo): son los más curiosos de los cuatro cuadrantes, puesto que les gusta indagar, moverse y descubrir dentro del círculo mágico del juego. Pierden el interés si los juegos son sencillos o si ya han explorado todo, por lo que suponen un reto ya que es el tipo de jugador que exige mayor complejidad que el resto. Les atrae el descubrimiento.

A pesar de que Bartle ha categorizado los tipos de jugadores, debemos recordar que el comportamiento humano es más complejo de lo que podríamos pensar, por lo que habrá jugadores que puedan encajar en dos o más cuadrantes, o incluso habrá quienes no encajen en ninguno (Castilla, 2015; Franch, S.F.).

2.5 Objetivos y Herramientas Pedagógicas de la Ludificación

En la Ludificación, establecer los objetivos es la parte más difícil y la que requiere mayor cuidado de realizar, puesto que todas las herramientas, actividades y metas que hagamos, deben ayudarnos a cumplir el objetivo. Bermeo, Guerrero y Rodríguez (2018) clasifican a los objetivos dentro de la pedagogía en cuatro niveles:

- **Primer Nivel:** objetivos planteados a comportamientos simples y expresados de forma física.
- **Segundo Nivel:** se plantean comportamientos más complejos, se expresan con verbos tales como *hacer, computar, identificar, etc.*
- **Tercer Nivel:** corresponde a comportamientos que requieren operaciones mentales más complejas, se expresan con verbos como *analizar, comparar, relatar, interpretar, etc.*
- **Cuarto nivel:** es en donde se exige la comprensión total de conceptos, se expresa con verbos como *inferir, prever, descubrir, discutir, reorganizar, etc.*

Los objetivos en la enseñanza deben alcanzar los campos cognoscitivo y afectivo con base en un análisis de comportamiento, puesto que nos permitirá elaborar la mejor manera de realizar pruebas de verificación del aprendizaje. En la Tabla 1 se presenta la relación que hay entre diferentes tipos de objetivos y las diferentes áreas a desarrollar dentro de la educación (Bermeo, Guerrero, & Rodríguez, 2018).

Taxonomía de Bloom-Anderson-Krathwohl

En 1956, el pedagogo Benjamin Bloom propuso un conjunto de modelos jerarquizados para clasificar objetivos de aprendizaje, en tres diferentes dominios: afectivo, psicomotor y cognitivo, siendo este último de especial interés en educación. El dominio cognitivo se dividió en seis subniveles: conocimiento, comprensión, aplicación, análisis, síntesis y evaluación. Aunque el modelo fue aceptado por la pedagogía y la psicología educativa, en 2001, Lorin Anderson y David Krathwohl realizaron una revisión de la taxonomía de Bloom, tomando en cuenta las críticas que recibió el modelo de Bloom desde su creación (Wilson, 2016). En la Tabla 2 se muestran las diferencias entre la Taxonomía de Bloom y la versión revisada de Anderson y Krathwohl:

Tabla 1. Relación entre objetivos y áreas

Objetivos	Cognoscitiva	Psicomotriz	Afectiva
Memorización	Se relaciona con el aprendizaje de memoria de nombres, fechas, datos, formas.	Representados por verbalización o mentalización de operaciones psicomotrices. Movimientos simples.	Retener la memoria de conceptos de valores de comportamiento socio moral, ético, religioso, con base en normas.
Secuencia	Orden y secuencia de las palabras, símbolos, fórmulas, secuencias lógicas, fases de fenómenos	Verbalización de operaciones psicomotrices de movimientos complejos.	Memorización de códigos de clasificación de valores, normas de comportamiento.
Explicación	Requiere explicar o comprender el significado de lo memorizado.	Consiste en solicitar justificativos respecto un movimiento o la secuencia de varios movimientos.	Comprender y criticar lo memorizado. Explicar el contenido de símbolos y mensajes.
Ejecución	Interpretación, transferencia, análisis, síntesis, comparación, generalización o integración.	Ejecución de tareas psicomotrices, realiza movimientos con mayor eficacia y destreza.	Poner en práctica los valores aprendidos en la vida real.
Divergencia	Emisión de conceptos propios, elaboración de planes inéditos, interpretaciones originales, actividades.	Perfeccionamiento de una tarea psicomotriz, eficacia, seguridad y movimientos en armonía.	Análisis crítico de normas y valores con sentido de profundización.

Adaptado de Bermeo, Guerrero y Rodríguez (2018) pp 47-48

Anderson, Krathwohl et al. (2001) además proponen un nuevo eje que puede ser combinado con la revisión de la Taxonomía de Bloom, Tabla 2. El eje nuevo propuesto es la dimensión del conocimiento y consta de cuatro partes:

Tabla 2. Comparativo: Taxonomía de Bloom vs revisión de Anderson-Krathwohl

	<i>Taxonomía de Bloom (1956)</i>	<i>Revisión de Anderson-Krathwohl (2001)</i>
Nivel Bajo	<u><i>Conocimiento</i></u> Recordar o recuperar el material previamente aprendido.	<u><i>Memorizar</i></u> Reconocer o traer de vuelta el conocimiento desde la memoria. Es cuando la memoria es utilizada para producir o recuperar definiciones, hechos o listas, o recitar información previamente aprendida.
	<u><i>Comprensión</i></u> La habilidad de retener o construir un significado a partir de un material.	<u><i>Comprender</i></u> Construir significados a partir de diferentes tipos de funciones siendo escritos, mensajes gráficos, interpretación, ejemplificación, inferencia, comparación, explicación, resumir o clasificación.
	<u><i>Aplicación</i></u> La habilidad de usar o implementar el material aprendido en situaciones concretas.	<u><i>Aplicar</i></u> Realizar o usar un procedimiento a través de la ejecución y la implementación. Se relaciona a las situaciones en donde el material aprendido es usado a través de productos, tales como modelos, presentaciones, entrevistas o simulaciones.
Nivel Alto	<u><i>Análisis</i></u> La habilidad de descomponer o distinguir las partes de un material en sus componentes para que la estructura pueda comprenderse mejor.	<u><i>Analizar</i></u> Descomponer materiales y conceptos en partes, determinar cómo están relacionadas y como están interconectadas. Se relaciona con diferenciar, organizar, atribuir, distinguir o crear diagramas, representaciones gráficas o tablas.
	<u><i>Síntesis</i></u> La habilidad de juntar las partes para crear un conjunto coherente o único.	<u><i>Evaluar</i></u> Realizar juicios basados en criterios y estándares a través de la revisión y crítica. Las críticas, recomendaciones y reportes son algunos productos que pueden ser creados para demostrar el proceso de evaluación.
	<u><i>Evaluación</i></u> La habilidad de juzgar, revisar y criticar el valor de un material para un propósito dado	<u><i>Crear</i></u> Poner elementos juntos para formar un conjunto coherente o funcional, reorganizar elementos en un nuevo patrón o estructura a través de la generación, planeación o producción. Este proceso es la función mental más difícil de llevar a cabo.

Adaptado de Wilson (2016) pp 3-4.

- **Conocimiento Factual:** engloba los elementos básicos que los expertos usan para comunicarse dentro de sus disciplinas académicas, entenderlas y organizarlas sistemáticamente. En estudiantes, contiene los elementos que se deben conocer para estar familiarizados con la disciplina a estudiar. Requiere un nivel bajo de abstracción. Incluye términos, símbolos o imágenes específicas para comprender una disciplina.

- **Conocimiento Conceptual:** incluye el conocimiento de categorías y clasificaciones, así como la relación que existe entre ellas. Incluye esquemas, modelos y teorías para mostrar como una materia en particular está estructurada y organizada en una manera sistemática y funcional.
- **Conocimiento Procesal:** es el cómo hacer las cosas, por lo que incluye metodologías, técnicas, algoritmos, habilidades y ejercicios de rutina. También incluyen los criterios utilizados para determinar qué procedimiento es el más adecuado de utilizar.
- **Conocimiento Metacognitivo:** es el conocimiento que tiene una persona sobre el conocimiento que ya posee. Se relaciona con el nivel de autoconsciencia sobre los pensamientos, razonamientos y procedimientos que tiene una persona.

A partir de lo propuesto por Bloom y la posterior revisión de Anderson-Krathwohl, el planteamiento de objetivos en actividades lúdicas (y académicas en general) nos permite tener claro desde qué nivel de aprendizaje y desde qué tipo de conocimiento queremos desarrollar la actividad, cuál es el propósito de esta y cuáles son los logros, metas y resultados que esperamos que los estudiantes sean capaces de alcanzar. Un objetivo bien planteado permite a los estudiantes tener la mayor claridad posible para resolver cualquier material didáctico y, entre más claridad tengan los estudiantes, los resultados serán más genuinos y realistas (Ferrando, 2015).

2.6 Motivación y Recompensas

La motivación, definida por Escobar, González y Hernández (2011), es aquello que impulsa a una persona a realizar el esfuerzo para satisfacer sus necesidades individuales y de esta manera rendir exitosamente para la consecución de los objetivos y metas de la organización. Existen dos tipos de motivación:

1. **Motivación Intrínseca:** la persona realiza una actividad debido a la satisfacción interna que le proporciona. Se deriva de intereses propios y de factores internos, por lo que no se necesita un incentivo o un castigo para que realice dicha actividad, ya que la actividad es la recompensa.

2. **Motivación Extrínseca:** la persona realiza una actividad debido a las consecuencias o recompensas que le trae realizarla, ya sea por el incentivo que recibirá o por la sanción que quiere evitar.

Debido a que existen dos tipos de motivaciones, también se puede hablar de dos tipos de recompensas (intrínsecas y extrínsecas). Las recompensas intrínsecas no requieren de un reconocimiento externo ya que la experiencia es gratificante y es la que impulsa a realizar las acciones (Escobar, González y Hernández, 2011). Este tipo de motivación se clasifica en:

- **Recompensa Intrínseca de Tarea:** se da durante la realización de una tarea o actividad. La persona está motivada porque es una acción que le gusta hacer y, por ende, se esfuerza en hacerla.
- **Recompensa Intrínseca de Potencia:** ocurre cuando una persona siente que tiene todas las capacidades y destrezas para realizar exitosamente una actividad, a pesar de que la actividad no sea de su agrado.
- **Recompensa Intrínseca de Misión:** deriva a partir de la sensación de avanzar en conjunto hacia un objetivo superior y que se encuentra a mayor plazo de tiempo. La persona se dedica arduamente en realizar las tareas asignadas para poder acercarse a este objetivo.

Las recompensas extrínsecas son las recompensas tangibles que las personas esperan recibir al llevar a cabo una acción. Es un reconocimiento material proporcionado por quien organiza las actividades. Dependiendo del ambiente en el que se desarrollen, las recompensas extrínsecas pueden ser monetarias, no pecuniarias (basadas en reconocimiento de estatus social), entre otras (Escobar, González, & Hernández, 2011). Aunque los sistemas de recompensas extrínsecas e intrínsecas tanto en el ambiente laboral como en otro tipo de espacios tienen los mismos fundamentos psicológicos, es importante señalar que las recompensas deben adecuarse a los espacios en los que serán proporcionadas. En el caso de los juegos, y en especial en la Ludificación, los sistemas de recompensa deben apegarse a las estrategias didácticas y académicas. En las actividades lúdicas, las recompensas son utilizadas para satisfacer la necesidad de los estudiantes de sentir

que están haciendo bien la actividad y como forma de retroalimentación instantánea. Pedraz (2018) recomienda los siguientes sistemas de recompensas dentro de la Ludificación:

- **Recompensas simples:** los mensajes cortos del estilo “¡Bien hecho!”, recursos visuales o recursos de audio dentro de los juegos permiten saber al usuario que está haciendo un buen trabajo o que ha fallado.
- **Sistemas de Puntuación:** el puntaje sirve como medidor del desempeño del usuario dentro del juego. Entre mayor puntuación haya, mayor éxito sentirá el jugador. En ocasiones, el puntaje determina otro tipo de recompensas.
- **Juegos Continuados:** son aquellos en donde aparecen “vidas” que pueden ir aumentando en cantidad o que se pueden recuperar mientras el juego avanza y el usuario se desempeña bien. También se recomienda el uso de juegos contrarreloj cuya recompensa sea ganar tiempo.
- **Puertas de Acceso:** en este tipo de recompensas, se ganan “llaves” a través de la exploración dentro del juego, las cuales permiten avanzar a otros niveles, como ocurre en los *Escape Room*.
- **Recompensas Estéticas:** la ambientación del juego, la cual incluye música, videos o imágenes permiten al usuario disfrutar el juego. Este tipo de recompensas no satisfacen del todo al jugador, pero si se usa en conjunto con otro tipo de recompensas se puede generar un gran impacto.
- **Poderes:** la recompensa se basa en adquirir ventajas que permitan al usuario completar las misiones de manera más rápida o eficiente. En ambientes lúdicos, este tipo de recompensas pueden tener un impacto en la vida real, exceder los límites del juego o entorpecer las actividades del resto de usuarios, por lo que deberán planearse con mayor cautela.
- **Recursos:** mientras el usuario va ganando, va adquiriendo recursos que le permiten obtener mayor ventaja, tal como ocurriría con los sistemas monetarios, fichas, etc.
- **El Fin como Objetivo:** un juego con objetivos claros siempre motivará al usuario. Se deben proponer objetivos a corto, mediano y largo plazo para que los jugadores tengan una sensación de avance progresivo.

Las recompensas, si bien son excelentes motivadores, no deben ser utilizadas indiscriminadamente, ya que las recompensas constantes comienzan a generar una sensación de costumbre, aburrimiento y monotonía. Se recomienda iniciar con recompensas pequeñas e ir aumentando el nivel de recompensa a lo largo de la actividad. Otra manera de evitar la costumbre a recibir recompensas es darlas de manera aleatoria para que los usuarios tengan una incertidumbre y estén sorprendidos de lo inesperado (Pedraz P. , 2018).

Consideraciones Importantes en el Uso de Recompensas

Las actividades lúdicas deben trabajar con dos tipos de motivadores para poder ser herramientas exitosas. Una parte (y la más obvia) es cuando se dan recompensas tangibles o materiales, tales como premios, ventajas o puntos extras (motivadores extrínsecos), sin embargo, enfocarse en este tipo de motivadores puede convertirse en un gran problema, puesto que genera frustración en los estudiantes que no ganen, así como también el grupo puede comenzar a ver las premiaciones como una rutina que después se volverá una obligación o, en el peor de los casos, podría generar competencias violentas o agresivas. Un motivador utilizado en la Ludificación es el reconocimiento. Reconocer los logros de los estudiantes satisface necesidades internas y personales de cada uno de ellos. El reconocimiento tiene la capacidad de ajustarse a cada persona, de hacerla sentir importante y especial, siendo más importante que los motivadores extrínsecos. Se debe lograr un equilibrio perfecto entre los premios y los reconocimientos, puesto que ambas en conjunto podrían enriquecer de mejor manera nuestras actividades (Pedraz & Rodríguez, 2016).

2.7 Elementos del Diseño de Actividades Lúdicas

La Ludificación es una herramienta persuasiva que procura influir en el comportamiento del usuario al activar la motivación a través de actividades lúdicas. Para comenzar a diseñar una actividad lúdica, se deben tener claros los objetivos del uso de dicha herramienta, los cuales deben estar basados en las investigaciones previas sobre el comportamiento de los usuarios y cómo pretendemos que esta herramienta sea aplicada. La Ludificación traducirá el objetivo de la actividad hacia un sistema que debe ser compatible con la motivación de los usuarios. Los elementos

de los juegos y en especial la mecánica del juego, será la responsable de la construcción de la actividad lúdica, mientras que la parte dinámica del juego se encargará del efecto causado por la mecánica en la experiencia de cada jugador y que corresponderá con una motivación en particular. En la Tabla 3 se puede visualizar la correlación que existe entre diferentes elementos del juego y la motivación del usuario (Blohm & Leimesister, 2013).

Tabla 3. Relación de la Mecánica, Dinámica y Motivación en la Ludificación

Elementos del Juego		Motivación
Mecánica	Dinámica	
Investigación	Exploración	Curiosidad Intelectual
Sistema de puntos, insignias, trofeos	Colección	Logro
Clasificación por puntos	Competencia	Reconocimiento Social
Puntajes, niveles, puntos de reputación	Adquisición de Estatus	Reconocimiento Social
Tareas Grupales	Colaboración	Intercambio Social
Presión de tiempo, tareas, misiones	Reto	Estimulación Cognitiva
Avatares, mundos virtuales, intercambio virtual	Desarrollo/Organización	Autodeterminación

Adaptada de Blohm y Leimesister (2013)

2.8 Proceso y Herramientas para la Ludificación

Antes de desarrollar las actividades lúdicas se debe tener en cuenta el contexto en el que se desarrollarán. La Ludificación no logrará los objetivos esperados si no está diseñada con base en la situación en la que será aplicada y si no se toma en cuenta las características de los usuarios. La Ludificación no siempre puede ser utilizada como herramienta en todos los contextos académicos, Araújo (2016) propone que sea utilizada en los siguientes casos:

- Motivar a los estudiantes a progresar durante el curso y para que se involucren en el contenido del curso.
- Influenciar el comportamiento del estudiante en el aula.
- Guiar a los estudiantes para innovar con base en los temas aprendidos.
- Animar a los estudiantes a desarrollar competencias autónomamente o a adquirir conocimientos.
- Enseñar nuevos contenidos.

Debemos considerar que la Ludificación es, en general, útil para aquellos momentos en los que se requiera resolver preguntas significativas, para practicar de forma libre lo que fue aprendido y cuando se quiere generar satisfacción al realizar una acción determinada (Araújo, 2016). Es importante recordar que la Ludificación no es exclusivamente un juego, ya que su finalidad no es sólo entretener. Para que cualquier actividad sea considerada un juego, esta debe contar con una meta, reglas, retroalimentación y la participación voluntaria del jugador y, aunque la Ludificación recupera estos elementos para aplicarlos dentro de los espacios académicos, también posee características que la diferencian de otras actividades recreativas, tales como la creación de una narrativa para el juego y la generación de personajes (papel que toman los jugadores) para que participen en dicha narrativa, desafíos y misiones, recompensa, competencia y retroalimentación instantánea. Todos estos elementos deben estar enfocados en generar los estímulos requeridos para promover la motivación y con esta, el aprendizaje (Ludos Pro, 2019).

Aplicaciones y Recursos Digitales para Ludificar

Fernández (2019) nos recomienda algunas plataformas digitales gratuitas que nos permiten ludificar de diferentes maneras, dependiendo de las necesidades que el profesor o los estudiantes requieran para la actividad lúdica propuesta. Algunas de las plataformas para ludificar se muestran en la Tabla 4.

Principio para el Diseño de Actividades Lúdicas

Marache-Francisco y Brangier (2013) proponen seis principios que permiten regular el proceso del diseño de actividades lúdicas. Estos principios son:

- **Libertad de Elección:** la actividad debe permitir al usuario la libertad de ejercer su voluntad, de moverse, desarmar, reconstruir, etc.
- **Beneficios y Significados:** las influencias de la actividad deben ser relevantes, tanto para el profesor que espera buenos resultados, como para los usuarios en sí mismo. Una actividad sin elementos significativos podría generar una mala percepción o que sea ignorada por ellos.

Tabla 4. Ejemplos de Aplicaciones para Ludificar

Aplicación	Descripción	Código QR
 Kahoot!	Permite la creación de cuestionarios o la utilización de cuestionarios ya creados, los cuales son respondidos en tiempo real y a contrarreloj. Proporciona un sistema de ranking, además que da retroalimentación instantánea.	
 Educaplay	Es una plataforma que permite la creación de diferentes actividades lúdicas, desde videos-tests hasta crucigramas y sopas de letras.	
 Cerebriti	Es una plataforma que permite a los estudiantes la creación de juegos educativos, así como resolver los juegos creados por otros usuarios.	
 Brainscape	Es una aplicación que permite diseñar o encontrar tarjetas o <i>flashcards</i> que permiten repasar y memorizar conceptos aprendidos en clase.	
 Pear Deck	Es una plataforma que permite mejorar las presentaciones, debido a que envía material extra (imágenes, preguntas, material de apoyo) en tiempo real a los estudiantes a medida que avanza la presentación de un tema.	
 Classcraft	Permite a los profesores crear un videojuego con sus reglas, un mundo y una narrativa que permite avanzar por niveles a través de misiones y en cooperación para ganar puntos.	
 Edmodo	Es una red social con fines educativos, que permite crear retos y ejercicios; así como asignar puntajes a los estudiantes que participen en las actividades publicadas.	
 Quizizz	Similar a Kahoot, permite la creación de cuestionarios en tiempo real, sin embargo, Quizizz permite la incorporación de imágenes y audios.	
 Genially	Es una plataforma que permite la creación de imágenes, infografías y algunas actividades lúdicas (cuestionarios, tableros, juegos de mesa, Escape room).	

- **Experiencia Personalizada:** las diferentes personalidades de los usuarios pueden llevar a diferentes diseños, por lo que deberán ser lo más personalizados posible.
- **Interacción a Largo Plazo:** se debe diseñar conforme a la evolución de la interacción que se crea entre la herramienta lúdica y la mente, especialmente con los elementos motivacionales.
- **Anticipación a Efectos Secundarios No Deseados:** los efectos no deseados pueden incluir estrés inducido por presión de requerimientos eficientes, pérdida de la sensación de privacidad y credibilidad, burlando las reglas del sistema o con enfocarse sólo en la cantidad de recompensas en vez de la calidad del trabajo.
- **Material Legal y Ético:** se debe tomar en cuenta el contexto legal existente, como por ejemplo la privacidad de datos, los intereses de los usuarios y otro tipo de confidencialidades.

Modelos para la Ludificación

Modelo 6D

El modelo 6D es una metodología diseñada por Dan Hunter y Kevin Werbach el cual define todos los pasos necesarios para desarrollar una actividad gamificada (a nivel empresarial, social o educativo) sin enfocarse únicamente en las herramientas que serán utilizadas en la actividad. Los pasos tienen un orden cronológico, es decir, el segundo paso no puede hacerse sin tener establecido el primero, y así sucesivamente. Los seis pasos del modelo 6D, descritos por Pinilla (2019) son:

1. **Definir Objetivos:** establecer metas que se quieren cumplir, los comportamientos requeridos, qué tipo de interacciones habrá, tipos de intercambios, etc.
2. **Distinguir Conductas Clave:** se debe determinar qué es lo que pretendemos que el usuario haga en la actividad. En este paso se definen cuáles son los resultados que queremos obtener, los indicadores de que los resultados son

los esperados, cómo mediremos los resultados, el número de participantes, las dimensiones espaciotemporales de la actividad, etc.

3. **Describir Jugadores:** la actividad gamificada se debe diseñar con base en los jugadores. Se debe enfocar en el tipo de jugadores con los que se cuenta para que la experiencia gamificada pueda satisfacer sus necesidades.
4. **Desarrollar Ciclos de Actividad:** los juegos tienen estructuras repetitivas o bucles que terminan en distintos resultados. Existen los bucles de enganche y los bucles progresivos:
 - Bucle de Enganche: se basa en la aparición constante de recompensas y retroalimentación que lleva al jugador a mantenerse motivado y seguir en el bucle. Si el jugador no se siente motivado, entonces se mantiene en un bucle sin salida puesto que no puede continuar.
 - Bucle Progresivo: definen la forma en la que se desarrolla el juego de principio a fin y su objetivo es procurar que el jugador llegue hasta la cima a través de diferentes obstáculos.
5. **¡Diviértete!**: la Ludificación debe ser divertida y atractiva si no, se pierde la atención del usuario. Debe estar adecuada a los tipos de jugadores y al espacio en el que se llevará a cabo. Se recomienda no dar diversión de forma intensa y prolongada, sino de forma moderada y que permite tener al jugador enganchado. No se debe olvidar que las actividades lúdicas son *como* juegos y las personas participan en ellas porque les resulta entretenidas.
6. **Determinar herramientas:** es en este punto donde se deben elegir las herramientas que serán útiles para las actividades. Se debe seleccionar los componentes, la mecánica y la dinámica del juego utilizando como base los cinco puntos anteriores.

Modelo de Gamificación Canvas

El modelo de gamificación Canvas (o GMC por sus siglas en inglés *Gamification Model Canvas*) es una adaptación del modelo Canvas, una herramienta diseñada por Alexander Osterwalder en 2004 utilizado en el ambiente laboral para la gestión estratégica y el reconocimiento de los aspectos clave de una empresa y la relación entre ellos. Su adaptación en Ludificación permite la descomposición de los juegos

en elementos más simples para simplificar el diseño de las actividades a ludificar. El modelo cuenta con 9 apartados en una tabla que permite visualizar de manera global los elementos fundamentales de las actividades. Cada apartado es flexible, por lo que podemos adaptarlo a cada herramienta que desarrollemos (Caparrós, 2017). Caparros (2017) nos proporciona algunas recomendaciones para completar el modelo canvas en gamificación. El modelo de gamificación canvas explicado en cada uno de sus apartados se presenta en la Figura 4.

Modelo de Gamificación Canvas

Fecha:

Iteración:

Diseñado para:

Diseñado por:

Nombre del proyecto:

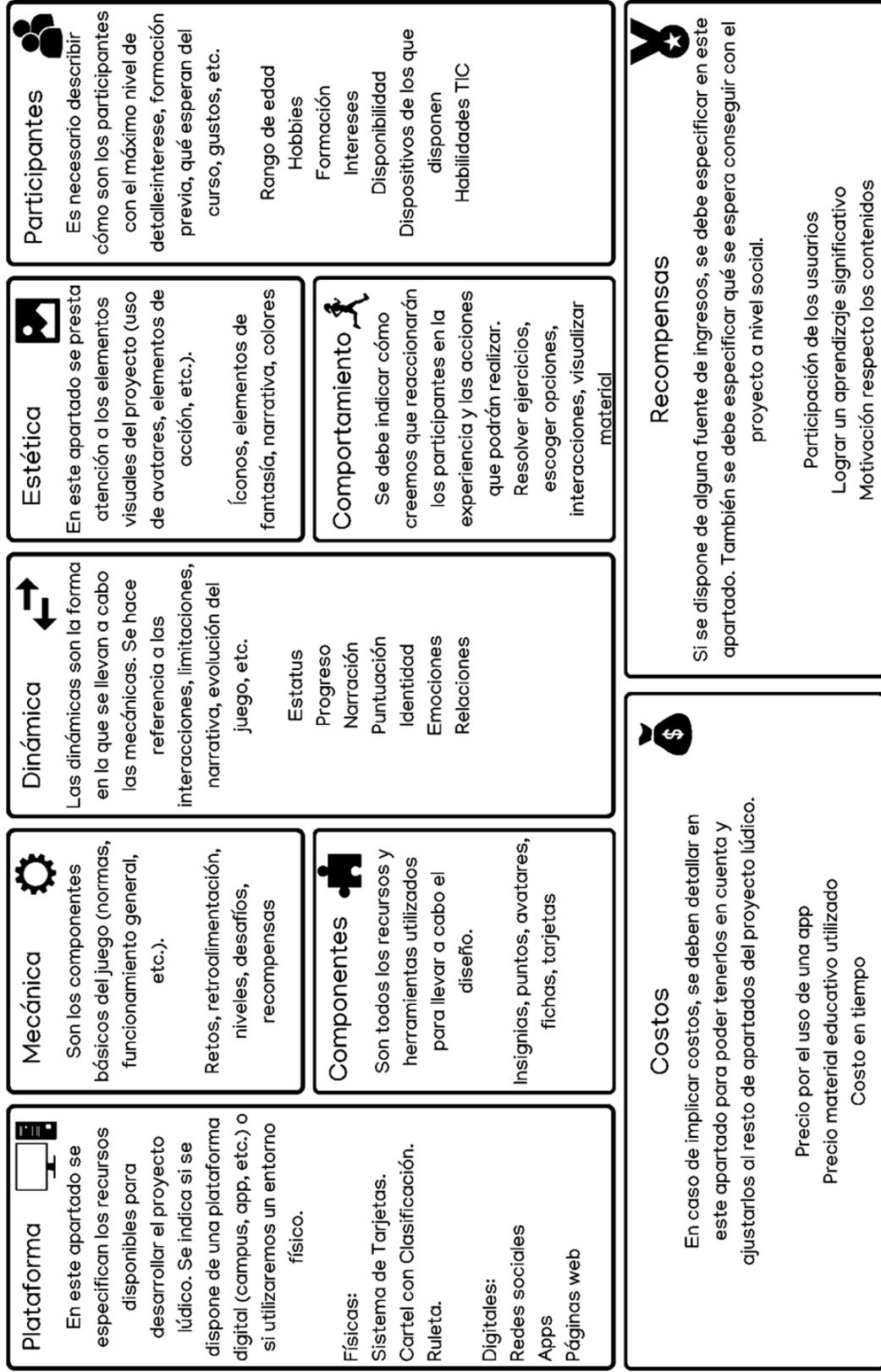


Figura 4. Modelo de Gamificación Canvas

II. Estado del Arte de la Ludificación en el Aprendizaje de las Ciencias

3 Aprendizaje Mecánico y Conflicto Cognitivo

Las Ciencias Naturales (física, biología, química, etc.) son especiales en comparación de otras ciencias, artes y humanidades, ya que educativamente tienen estigmas, prejuicios y heridas emocionales que han afectado a la sociedad durante generaciones. Estos miedos nacieron y se han mantenido porque durante varias décadas la enseñanza de las ciencias ha sido construida con base en el aprendizaje mecánico, es decir, memorizar repetida y sistemáticamente la información sin comprenderla o enlazarla con otros conocimientos adquiridos de forma previa, teniendo como único propósito la aprobación de las evaluaciones. Este tipo de aprendizaje genera severos problemas a largo plazo, tales como una retención deficiente de los conocimientos o una nula capacidad de aplicar los temas adquiridos en situaciones más complejas o recientes.

La memorización repetida de los temas científicos se vuelve más dañina cuando no se ven temas de manera progresiva o existen saltos en el temario porque se pierde la continuidad del aprendizaje, causando que en los temas posteriores se generen vacíos o los temas no sean comprensibles debido a la falta de información. El aprendizaje mecánico desde los niveles básicos de la educación genera un *efecto dominó* en el cual los estudiantes siguen aprendiendo mecánicamente durante los niveles educativos más avanzados, llegando con conocimientos insuficientes a las carreras universitarias (González, 2005).

Los problemas del aprendizaje mecánico no terminan ahí, los estudiantes de asignaturas científicas adquieren fácilmente los aprendizajes que tienen similitud con lo que han memorizado anteriormente; el problema comienza cuando hay conflictos cognitivos. Un *conflicto cognitivo* ocurre cuando el estudiante aprende algo nuevo que parece contradictorio contra algo que ya sabía. Este desequilibrio cognitivo no causara actividad cerebral de aprendizaje inmediato. Esto ocurre porque el cerebro toma como “error” el aprendizaje contradictorio y lo desecha, generando una

dificultad ante un cambio conceptual de lo ya aprendido. Una forma de solucionar un conflicto cognitivo y poder aprender algo contradictorio a lo que ya se conocía es la inhibición cognitiva. La inhibición cognitiva es la capacidad del cerebro para controlar las respuestas automáticas y detenerse a razonar lo que está ocurriendo.

Para enseñanza de las ciencias, la idea del cambio conceptual se basa quizá más sobre un proceso de inhibición que sobre un proceso de reestructuración de los conocimientos previos es particularmente interesante. Desde el punto de vista de Masson (2007), es deseable que las investigaciones por venir en neurodidáctica de las ciencias se enfoquen en la importancia de la inhibición en el aprendizaje de las ciencias y después sobre las formas de enseñar que favorezcan esta inhibición (Masson, 2007).

La enseñanza de las ciencias siempre ha sido particular debido a que está estructurada de manera teórico-experimental, posee un gran número de conceptos abstractos, requiere aprender a pensar de manera científica, entre otras características particulares. La transmisión de conocimientos se lleva a través del aprendizaje de los conceptos básicos y de la experimentación guiada en los laboratorios (Fleischmann & Ariel, 2016). La Ludificación en la enseñanza de Ciencias es un campo que aún se está desarrollando, sobre todo en el área digital. Podemos encontrar diversas actividades y experiencias lúdicas a través de diferentes plataformas digitales donde hay adaptaciones a los juegos de mesa clásicos, enfocadas a la enseñanza de la química a nivel primaria, secundaria y preparatoria (Écija, 2019).

En esta nueva era, el auge de los dispositivos digitales ha cambiado el tipo de estudiantes en cualquier grado académico, siendo consumidores natos de la tecnología y del internet. La Ludificación (y en especial la Ludificación Digital) permitirá a los estudiantes estar preparados para los retos del porvenir. Estas herramientas didácticas permiten presentar problemas con alta complejidad similares a la realidad para que puedan ser resueltos sin temor a la equivocación o como práctica de las habilidades. Aunque las simulaciones digitales en las carreras científicas no son nuevas, el propósito de estas simulaciones es sólo parecerse a la

vida real, en cambio, la Ludificación permite un acercamiento a la realidad, genera motivación y se estructura de tal manera que sea progresiva, proporcione retroalimentación y permita ser resuelto desde diferentes rutas. El aprendizaje lúdico en ciencias sería el siguiente paso en la educación de la ciencia porque permite el entendimiento de conceptos científicos, genera interés en la investigación y mantiene el entusiasmo para aprender ciencias (Fleischmann & Ariel, 2016).

4 Ludificación en Química

Écija (2019) en su trabajo para titulación de maestría en educación, propone diversos juegos para la enseñanza de química para la secundaria en España. Uno de ellos es una adaptación del *Escape Room*, un juego en donde a cada participante o equipo se le proporcionan diferentes pistas y enigmas que deben resolver en un tiempo determinado. Las pistas que Écija diseñó en su actividad se basan en el peso atómico, científicos importantes en la química, modelos atómicos, una adaptación de *Batalla Naval* con la tabla periódica, la recreación de moléculas con dulces y preguntas sobre temas vistos anteriormente.

Quintanal (2016) desarrolló en España un juego basado en el programa de televisión gastronómico español *Top Chef* en donde cada estudiante debía resolver a contrarreloj la nomenclatura de diversas moléculas de manera individual para ganar privilegios (por ejemplo, comodines para los exámenes) y después en equipos para ganar puntos extra.

Díez (2019) creó en España, a través de la aplicación *Seasons Canapin* una baraja de 108 cartas en total, las cuales nombró *Quimicards* con base en los elementos químicos, personajes importantes y algunos eventos relevantes dentro de la historia de la Química para que sirvieran como método de aprendizaje de algunos conceptos clave.

Mechó (2019) hizo en España una adaptación del juego *Clue* en un laboratorio donde a través de diversas pistas con base en el número de Avogadro, relación molar, peso atómico y estequiometría se debe resolver el asesinato.

Por la parte tecnológica, Mechó (2019) desarrolló una aplicación llamada *Chemistry Challenge* a través de la plataforma *App Inventor* del MIT (Instituto Tecnológico de Massachusetts) con la finalidad de enseñar y repasar los símbolos químicos, la nomenclatura de compuestos y el balanceo de ecuaciones químicas a través de diversos niveles en donde aumenta progresivamente la dificultad de los juegos. A su vez, propone el uso de plataformas digitales como *Jclíc* o *Kahoot* para el desarrollo de cuestionarios en internet a contra reloj, en su ejemplo desarrolla el material para enseñar la ley de conservación de la materia o para repasar temas de estequiometría. También propone un *Escape Room* digital mediante la generación de candados digitales que guardan beneficios y cuyos códigos de acceso se obtienen a través de la resolución de diferentes preguntas.

Mellor y otros (2018) desarrollaron en Estados Unidos un juego virtual llamado *Safer Chemical Design* construido con base en los 12 principios de la química verde. Este juego virtual permite incorporar el aprendizaje teórico sobre una reacción orgánica, la toxicidad y el manejo de residuos, la utilización del material de laboratorio y las propiedades fisicoquímicas de reactivos y productos, para que los estudiantes puedan explorar diferentes escenarios, diseñar nuevas metodologías, obtener resultados y razonar cada uno de los pasos seguidos. Este juego virtual puede ser utilizado en casa como forma de repaso a los temas vistos en el laboratorio o como forma de prepararse antes de realizar un experimento.

Martins (2020) en Brasil utiliza como herramienta la página web *wordwall.net*, la cual permite crear preguntas de forma interactiva con diversos diseños, desde crucigramas, relación de columnas, llenar palabras faltantes, cuestionarios, entre otros. Martins utiliza el juego *Whack-a-mole* el cual se trata de golpear topos con un mazo. La dinámica consiste en lanzar una pregunta sobre reacciones ácido-base o reacciones óxido-reducción y el estudiante deberá pegarle al topo que posea la respuesta correcta antes de que se acabe el tiempo.

III. Metodología

5 Enfoque

El enfoque de la investigación es mixto. El diseño es de tipo investigación-acción con visión tecnocientífica, ya que es necesaria la intervención activa de los participantes, en ciclos repetidos y secuenciales de identificación, planificación, implementación, análisis y evaluación para determinar cuáles son las necesidades y los principales problemas de aprendizaje de los estudiantes, los cuales permitirán el desarrollo y la mejora de las actividades lúdicas propuestas (Hernández Sampieri, Fernández, & Baptista, 2014).

6 Población y Muestra

La población comprende a los estudiantes de la carrera de Química en la Facultad de Química que cursan la materia de Analítica experimental III.

La muestra para la investigación comprendió a los estudiantes que cursaron la asignatura de Analítica Experimental III en los semestres 2021-II (grupos A y B), 2022-I (grupos C y D) y 2022-II (grupos E y F). A causa de la pandemia ocasionada por el virus SARS-CoV-2, los estudiantes cursaron de manera virtual la asignatura, con excepción del grupo F del semestre 2022-II que cursó la asignatura de manera híbrida. Así mismo se debe mencionar que durante el semestre 2021-II, la comunidad escolar de la Facultad de Química realizó una protesta estudiantil con un paro de actividades académicas durante el periodo abril-julio de 2021, afectando la situación académica de los estudiantes que cursaron durante dicho semestre. Debido a que la selección de la muestra no depende de la probabilidad sino de las características propias de la investigación, la muestra es de tipo no-probabilístico (Hernández Sampieri, Fernández, & Baptista, 2014).

7 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

El enfoque de la investigación requiere el desarrollo e implementación de instrumentos que recolecten datos cuantitativos y datos cualitativos para poder analizar ambos resultados de manera conjunta e integrada. Para la obtención de la

opinión de los participantes y del panel de expertas en el temario de la asignatura de Analítica Experimental III, se desarrollaron encuestas específicas para evaluar cada actividad lúdica propuesta.

El desarrollo de las encuestas fue realizado a través de la plataforma *Google Forms*, mediante preguntas tipo Likert y preguntas abiertas dirigidas para obtener retroalimentación sobre la aplicación de las actividades lúdicas y poder identificar las fortalezas, las debilidades y las mejoras que deben ser aplicadas a cada actividad lúdica; con el propósito de realizar las correcciones pertinentes a cada herramienta pedagógica para obtener su versión final definitiva. Un extracto de las encuestas aplicadas al panel de expertas y a los participantes se visualiza en el Anexo A.

En la Tabla 5 se presentan los instrumentos diseñados para la obtención de la opinión del panel de expertas en validación de métodos analíticos y de los estudiantes. Las encuestas para la validación de la actividad fueron respondidas de manera obligatoria por el panel de expertas en VMA, y de forma previa a la aplicación de las actividades a los grupos, lo que permitió su mejora. Mientras que las encuestas estudiantiles fueron respondidas de manera *voluntaria y anónima*, para que las opiniones fueran lo más objetivas posibles. Al ser respondidas de esta forma, el número de respuestas de estas pueden ser diferente con respecto al número de participantes de la actividad lúdica.

Un ejemplo de las encuestas completas realizadas a través de la plataforma Google Forms se puede consultar a través de los siguientes códigos QR, los cuales tienen acceso libre y permanecerán abiertos hasta Junio de 2023:

Encuesta realizada por el panel de expertas para la actividad lúdica "*Los Parámetros de Desempeño a Contratiempo*"



Encuesta realizada por los estudiantes
para la actividad lúdica "*El Formulario
de la VMA*"



8 Fases de Implementación

Para poder llevar a cabo la investigación, se propuso una serie de etapas diseñadas a partir de la información recopilada dentro del marco teórico y el estado del arte. Las etapas desarrolladas para la investigación fueron:

A. Búsqueda de Información

En esta fase, se realizó una revisión bibliográfica sobre los procesos para la ludificación, la búsqueda y selección de plataformas digitales que permitieron el diseño, la implementación y la obtención de resultados para la evaluación del desarrollo académico de los estudiantes que resolvieron las actividades lúdicas propuestas. Durante esta primera fase también se hizo la selección de temas de la asignatura de Analítica Experimental III a partir del temario de la materia y de las unidades temáticas para las cuales se desarrolló la actividad lúdica.

B. Diseño y Planeación de la Propuesta Lúdica

En esta fase inició el proceso de la creación de la actividad lúdica. Al ser una herramienta pedagógica se elaboró una planeación didáctica que permitió esquematizar los objetivos de la actividad, el contenido temático, el mecanismo de aplicación de la actividad y la señalización de los recursos necesarios para dicha actividad. Se comenzó la redacción de las preguntas o ítems que formaron parte de la actividad lúdica a partir de la información seleccionada en la fase anterior, así como la propuesta de la duración total de la actividad, las reglas o instrucciones a seguir, la manera de aplicar la actividad (sincrónica o asincrónica) y el momento en el cual debería ser aplicada la actividad lúdica. Además del diseño de la actividad lúdica, se hizo el diseño y desarrollo de las encuestas para el panel de expertas y para los estudiantes que fueron proporcionadas para evaluar la actividad lúdica.

Tabla 5. Instrumentos de recolección de datos

Tipo de Instrumento	Nombre del Instrumento	Características	Encuestados
Encuesta de Validación 1	Evaluación de la Actividad Lúdica <i>Los Parámetros de Desempeño Contratiempo</i>	Es una encuesta de elaboración propia para la validación de la actividad lúdica " <i>Los Parámetros de Desempeño a Contratiempo</i> " cuyo objetivo es conocer la opinión de un panel de expertas en la validación de métodos analíticos sobre la actividad lúdica a evaluar. La encuesta se dividió en dos secciones: opinión sobre las preguntas teóricas y opinión general de la actividad lúdica. La encuesta completa se encuentra en la plataforma Google Forms.	Panel de tres expertas en VMA
Encuesta Estudiantil 1	Evaluación de la Actividad Lúdica <i>Los Parámetros de Desempeño a Contratiempo</i>	Es una encuesta de elaboración propia para obtener la opinión de los estudiantes sobre la actividad lúdica. Se preguntó cuál era su opinión respecto al nivel de dificultad percibido, si el tiempo para responder fue el adecuado, la redacción, el número de preguntas totales; así como los sentimientos generados por la actividad, si les gustó o desagradó algo de la actividad, si sentían que la actividad les permitía reforzar su aprendizaje del tema revisado, así como una pregunta donde podían opinar de manera libre. La encuesta completa se encuentra en la plataforma Google Forms.	34 estudiantes que resolvieron la actividad lúdica <i>Los Parámetros de Desempeño a Contratiempo</i> .
Encuesta de Validación 2	Evaluación de la Actividad Lúdica <i>El Formulario de la VMA</i>	Es una encuesta de elaboración propia para la validación de la actividad lúdica " <i>El Formulario de la VMA</i> " cuyo objetivo es conocer la opinión de un panel de expertas en la validación de métodos analíticos sobre la actividad lúdica a evaluar. La encuesta se dividió en dos secciones: opinión sobre las parejas de tarjetas y opinión general de la actividad lúdica. La encuesta completa se encuentra en la plataforma Google Forms.	Panel de dos expertas en VMA
Encuesta Estudiantil 2	Evaluación de la Actividad Lúdica <i>El Formulario de la VMA</i>	Es una encuesta de elaboración propia para obtener la opinión de los estudiantes sobre la actividad lúdica. Se preguntó cuál era su opinión respecto al nivel de dificultad percibido, si el tiempo para responder fue el adecuado, la redacción, el número de preguntas totales; así como los sentimientos generados por la actividad, si les gustó o desagradó algo de la actividad, si sentían que la actividad les permitía reforzar su aprendizaje del tema revisado, así como una pregunta donde podían opinar de manera libre. La encuesta completa se encuentra en la plataforma Google Forms.	Seis estudiantes que resolvieron la actividad lúdica <i>El Formulario de la VMA</i>

Tabla 5. Instrumentos de recolección de datos (continuación)

Tipo de Instrumento	Nombre del Instrumento	Características	Encuestados
Encuesta de Validación 3	Evaluación de la Actividad Lúdica <i>¿Qué tanto sabes sobre la Validación de Métodos Analíticos?</i>	Es una encuesta de elaboración propia para la validación de la actividad lúdica <i>¿Qué tanto sabes sobre la Validación de Métodos Analíticos?</i> cuyo objetivo es conocer la opinión de un panel de expertas en la validación de métodos analíticos sobre la actividad lúdica a evaluar. La encuesta se dividió en tres secciones: opinión sobre las preguntas teóricas, opinión sobre las preguntas prácticas y opinión general de la actividad lúdica. La encuesta completa se encuentra en la plataforma Google Forms.	Panel de tres expertas en VMA
Encuesta Estudiantil 3	Evaluación de la Actividad Lúdica <i>¿Qué tanto sabes sobre la Validación de Métodos Analíticos?</i>	Es una encuesta de elaboración propia para obtener la opinión general de los estudiantes sobre la actividad lúdica. Se preguntó cuál era su opinión respecto al nivel de dificultad percibido, si el tiempo para responder fue el adecuado, la redacción, el número de preguntas totales; así como los sentimientos generados por la actividad, si les gustó o desagradó algo de la actividad, si sentían que la actividad les permitía reforzar su aprendizaje del tema revisado, así como una pregunta donde podían opinar de manera libre. <i>La encuesta completa se encuentra en la plataforma Google Forms.</i>	20 estudiantes que resolvieron la actividad lúdica <i>¿Qué tanto sabes sobre la Validación de Métodos Analíticos?</i>
Encuesta de Validación 4	Evaluación de la Actividad Lúdica <i>El Último Reto de la VMA</i>	Es una encuesta de elaboración propia para la validación de la actividad lúdica <i>"El Último Reto de la VMA"</i> cuyo objetivo es conocer la opinión de un panel de expertas en la validación de métodos analíticos sobre la actividad lúdica a evaluar. La encuesta se dividió en tres secciones: opinión sobre las preguntas teóricas, opinión sobre las preguntas prácticas y opinión general de la actividad lúdica. La encuesta completa se encuentra en la plataforma Google Forms.	Panel de dos expertas en VMA
Encuesta Estudiantil 4	Evaluación de la Actividad Lúdica <i>El Último Reto de la VMA</i>	Es una encuesta de elaboración propia para obtener la opinión de los estudiantes sobre la actividad lúdica. Se preguntó cuál era su opinión respecto al nivel de dificultad percibido, si el tiempo para responder fue el adecuado, la redacción, el número de preguntas totales; así como los sentimientos generados por la actividad, si les gustó o desagradó algo de la actividad, si sentían que la actividad les permitía reforzar su aprendizaje del tema revisado, así como una pregunta donde podían opinar de manera libre. La encuesta completa se encuentra en la plataforma Google Forms.	24 estudiantes que resolvieron la actividad lúdica <i>El Último Reto de la VMA</i>

C. Implementación de la Actividad Lúdica

Durante esta fase, la actividad lúdica propuesta y desarrollada con base en lo realizado en las fases anteriores fue implementada en los grupos de la asignatura de Analítica Experimental III. Debido a la pandemia causada por el virus SARS-CoV-2 y el posterior regreso a actividades presenciales, la mayor parte de las aplicaciones de las actividades lúdicas pudieron ser implementadas de manera remota a través de diferentes plataformas digitales tales como la plataforma para videollamadas Zoom o a través de comunicación asincrónica a través de correos electrónicos y las aplicaciones lúdicas empleadas para el desarrollo de la actividad propuesta. Esta es la fase más breve con respecto al resto de las fases.

D. Evaluación de la Propuesta Lúdica

La última fase de implementación consta en la recolección de datos a través de las encuestas y los resultados de la actividad lúdica en sí misma. A partir de las encuestas respondidas por el panel de expertas y por los estudiantes participantes, se realizó un análisis de la actividad lúdica para la toma de decisiones, es decir, para saber si la actividad como estaba diseñada logró estimular la adquisición de conocimientos de validación de métodos analíticos o bien efectuar las mejoras y correcciones necesarias para lograrlo-. Al final de esta fase se decidió si la actividad lúdica se quedaría de manera definitiva o si debiese regresar a la primera fase para hacer las modificaciones pertinentes para dejar la herramienta lúdica definitiva.

9 Planeación Didáctica General

En el momento de desarrollar actividades didácticas, se deben describir de manera explícita cuáles son los elementos y los objetivos contemplados que formarán parte del proceso de enseñanza con los estudiantes. Se debe organizar tomando como referencia el temario de la asignatura, la programación de actividades escolares y los objetivos dentro del plan de estudios de la institución correspondiente. Diseñar una planeación didáctica garantiza que el docente y los estudiantes cuenten con una guía estructurada que sea capaz de orientar las actividades a desarrollar durante el curso (Alonso, 2009). En la Tabla 6 se presenta la planeación didáctica general de las

cuatro actividades lúdicas propuestas para este trabajo de investigación. Las propuestas didácticas y las fichas canvas de cada actividad por separado se muestran en el Anexo B.

Tabla 6. Planeación Didáctica General

Asignatura	Analítica Experimental III
Nivel académico	Licenciatura
Temas Abordados	<ul style="list-style-type: none"> • Parámetros de la VMA • Definiciones Características principales • Fórmulas implicadas • Consideraciones experimentales para tomar en cuenta para su estimación. • Selección, desarrollo e implementación de métodos analíticos. • Introducción a la Validación de Métodos Analíticos. <ul style="list-style-type: none"> ○ Componentes y Herramientas de la VMA ○ Parámetros de la VMA • Manejo e interpretación de datos de validación de métodos analíticos.
Títulos de las actividades lúdicas	<p>Actividad 1: Los Parámetros de Desempeño a Contratiempo</p> <p>Actividad 2: El Formulario de la VMA</p> <p>Actividad 3: ¿Qué tanto sabes sobre la Validación de Métodos Analíticos?</p> <p>Actividad 4: El Último Reto de la VMA</p>
Duración de la actividad	<p>Actividad Lúdica 1. Máximo 30 minutos</p> <p>Actividad Lúdica 2. Máximo 10 minutos</p> <p>Actividad Lúdica 3. Máximo una hora y media</p> <p>Actividad Lúdica 4. Máximo una hora</p>
Planeación de las Actividades de Aprendizaje	
Objetivo General	Evaluar y reforzar los conocimientos adquiridos durante el curso de Analítica Experimental III.
Forma de Organización	Versátil: individual o en equipo.
Recursos	<p>Dispositivos con acceso a internet (computadora, teléfono inteligente, tableta, etc.).</p> <p>Base de datos con los cálculos requeridos para las actividades lúdicas 1 y 4.</p>
Descripción de Actividades	Los estudiantes deben entrar a la plataforma donde se va a desarrollar la actividad a través de un dispositivo con acceso a internet. Dentro de la aplicación y con un código de acceso (en el caso de <i>Quizizz</i>), los estudiantes podrán responder la actividad durante el tiempo acordado. En el caso de las Actividades 3 y 4, los estudiantes cuentan con problemas aplicados que deben resolver con las bases de datos proporcionadas.
Producto Solicitado	<p>-Hoja de cálculo con el manejo de datos para la resolución de los problemas de las Actividades Lúdicas 3 y 4.</p> <p>-Formulario con los parámetros de desempeño para la Actividad Lúdica 3.</p>

Tabla 6. Planeación Didáctica General (continuación)

Forma de Evaluación	<p>La evaluación se llevó a cabo a través del puntaje obtenido en la actividad. La asignación del mismo se llevó a cabo de la siguiente forma:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Calificación automática de las misma por la plataforma. 2) Revisión, y en su caso, la corrección manual por parte del docente a partir los puntajes asignados por la plataforma. 3) Asignación del puntaje final.
Ambiente Virtual	
Ambiente virtual	<p>Plataformas digitales empleadas: <i>Quizizz, Kahoot y Educaplay</i>, permiten la generación de cuestionarios con diferentes tipos de preguntas (abiertas, cerradas, de opción múltiple, etc.). Además, permiten que el cuestionario pueda ser a contrarreloj o dirigido por el profesor, así como la obtención de resultados que permitan evaluar cada una de las actividades.</p>
Estrategias de Comunicación	
<p>Estrategias de comunicación síncronas Durante la sesión de clase se explicó la mecánica de la Actividad Lúdica, así como su aplicación. En caso de que un estudiante haya tenido problemas durante la aplicación de cada Actividad Lúdica, notificó al profesor para encontrar soluciones.</p>	
<p>Estrategias de comunicación asíncronas Durante la actividad a desarrollar, el profesor estuvo al pendiente del correo electrónico por si algún estudiante haya llegado a tener dudas, problemas o comentarios al momento de abrir la plataforma, entrar al cuestionario o durante el desarrollo de la actividad.</p>	
<p>Mensajes para los/las estudiantes De manera sincrónica se le hizo saber a los estudiantes que se realizaría una Actividad Lúdica sobre los temas revisados recientemente. Se les recordó que, si ocurre algún problema o situación imprevista durante la aplicación de la actividad correspondiente, el profesor respondería de la manera más adecuada posible para atender los problemas surgidos.</p>	

IV. Análisis y Discusión de Resultados

10 Preámbulo de las Actividades Lúdicas Realizadas

La Universidad es un espacio en donde los estudiantes adquieren conocimientos teóricos y prácticos con el fin de formarse como ciudadanos capaces de participar en las dinámicas sociales y económicas de la comunidad. Los futuros profesionistas deben tener una formación integral, con el propósito de saber identificar los problemas actuales dentro de cada disciplina y poder proponer soluciones que beneficien al ser humano y a su entorno. Es necesario desarrollar nuevos recursos didácticos, basados en los fundamentos de la neuroeducación, para promover que los egresados de la carrera de Química logren tener un conocimiento completo dentro del área de química analítica y, específicamente hablando, dentro de la validación de métodos analíticos.

El confinamiento causado por la pandemia de COVID-19 obligó a la educación a tomar nuevos rumbos y perspectivas: particularmente dio cabida al uso y empleo exclusivo de Tecnologías de la información y comunicación como medio para respetar el distanciamiento social establecido como medida sanitaria preventiva, sin detener la enseñanza.

Y es justo a hora, en tiempos de la digitalización de la educación que se debe apostar por la búsqueda y selección de plataformas que permitan el diseño y la aplicación de materiales novedosos que proporcionen a las y los estudiantes de Química el apoyo requerido para que adquieran el conocimiento completo en materia de química analítica, sin importar si se toma el curso en modalidad presencial, a distancia o manera híbrida. Si seguimos apostando por propuestas didácticas anticuadas, como la presentación de exposiciones con diapositivas inundadas de información que no permiten al estudiante salir de una posición pasiva, sin favorecer el desarrollo de otro tipo de habilidades o de poder aplicar con mayor facilidad los conocimientos adquiridos al momento de buscar la solución de un problema real.

La Ludificación, empleada como una estrategia didáctica basada en los fundamentos de la neuroeducación, es una opción para que los docentes tengan opciones que les permitan estimular la adquisición de conocimiento y despertar interés por aprender temas nuevos, consolidar los ya aprendidos, generar un lugar y que les permita divertirse mientras aprenden, porque como dice la neuroeducación: **el aprendizaje es mejorado cuando el estudiante siente emociones positivas** (Pherez, Vargas, & Jerez, 2018).

Durante el desarrollo de la investigación se desarrollaron **cuatro** actividades lúdicas, estructuradas a partir del contenido temático de la asignatura Analítica Experimental III. El propósito de dicha asignatura es introducir a los estudiantes de la carrera de Química en la Facultad de Química, UNAM a la Validación de Métodos Analíticos (VMA). Las actividades lúdicas se enfocan tanto en el fundamento teórico de la VMA como en el análisis de resultados a partir de la determinación de los diferentes parámetros de desempeño revisados en clase. El propósito de las actividades lúdicas estimular la adquisición de conocimientos de la VMA, reforzar y evaluar los conocimientos teóricos aprendidos en clase, las actividades lúdicas no están planteadas para sustituir de ninguna manera las actividades experimentales requeridas en la asignatura, puesto que el desarrollo experimental depende de la manipulación física y directa de instrumentos, materiales de laboratorio y sustancias químicas por parte de los estudiantes dentro de los espacios destinados para este fin.

Debido a la pandemia causada por el virus SARS-CoV-2, las actividades lúdicas fueron diseñadas para ser implementadas en ambientes virtuales, a través de diferentes aplicaciones y plataformas, sin embargo, las actividades pueden realizarse de manera presencial mediante cualquier dispositivo móvil con acceso a internet. Las plataformas digitales para ludificar fueron seleccionadas con base en los objetivos individuales planteados para cada actividad y a las herramientas y funciones disponibles de cada plataforma en sus versiones gratuitas (Anexo B). El desglose de los objetivos de cada actividad, así como los temas de la materia abordados, para el diseño de cada actividad lúdica se muestra en la Tabla 7.

Tabla 7. Actividades Lúdicas propuestas para Analítica Experimental III

Actividad Lúdica	Objetivo de la actividad	Temas abordados
Actividad Lúdica 1 <i>Los Parámetros de Desempeño a Contratiempo</i>	Consolidar los conocimientos de los parámetros de desempeño de un método analítico	<ul style="list-style-type: none"> • Parámetros de la VMA • Definiciones Características principales
Actividad Lúdica 2 <i>El Formulario de la VMA</i>	Reforzar el aprendizaje de las ecuaciones y operaciones necesarias para el cálculo de los parámetros empleados en la validación de métodos analíticos.	<ul style="list-style-type: none"> • Fórmulas implicadas • Consideraciones experimentales para tomar en cuenta para su estimación.
Actividad Lúdica 3 <i>¿Qué tanto sabes sobre la validación de métodos analíticos?</i>	Consolidar los conocimientos adquiridos sobre validación de métodos analíticos (VMA).	<ul style="list-style-type: none"> • Selección, desarrollo e implementación de métodos analíticos. • Introducción a la Validación de Métodos Analíticos. <ul style="list-style-type: none"> ○ Componentes y Herramientas de la VMA ○ Parámetros de la VMA • Manejo e interpretación de datos de validación de métodos analíticos.
Actividad Lúdica 4 <i>El Último Reto de la VMA</i>	Consolidar los conocimientos adquiridos durante el curso de Analítica Experimental III.	

Las Actividades Lúdicas 1, 3 y 4 fueron desarrolladas en la plataforma *Quizizz* ya que los objetivos individuales de estas actividades es *consolidar* el conocimiento adquirido hasta ese momento durante el curso de Analítica Experimental III. Una de las bondades de *Quizizz* es que permite desarrollar cuestionarios lúdicos interactivos con diferentes tipos de preguntas (abiertas, cerradas, selección múltiple, etc.) donde cada ítem puede ser cronometrado con diferentes tiempos. Es importante destacar que *Quizizz* como plataforma para ludificar la educación va mostrando los resultados de los estudiantes a medida que avanzan en la actividad, generando una tabla de posiciones con puntajes otorgados a los estudiantes que tienen la mayor cantidad de aciertos en el menor tiempo de respuesta; provocando una competencia entre los estudiantes y causando un estímulo de motivación por responder de manera rápida y certera. Además de los puntajes otorgados, la plataforma de *Quizizz* da recompensas por responder correctamente las preguntas; estas recompensas pueden ser variadas: eliminar opciones incorrectas de una pregunta de opción múltiple, congelar el tiempo de respuesta, dar el doble de puntos por una pregunta o la posibilidad de redención en una respuesta incorrecta y volver a responder el ítem.

La Actividad Lúdica 1 fue desarrollada en dos plataformas diferentes, *Kahoot* y *Quizizz* aunque la dinámica y la mecánica de la actividad se mantuvo intacta. *Kahoot* es una plataforma para ludificar que permite realizar cuestionarios interactivos de preguntas de opción múltiple para ser respondidos de manera sincrónica para todo un grupo de estudiantes. Esta manera de resolver cuestionarios permite a los estudiantes obtener retroalimentación instantánea porque, de manera similar a *Quizizz*, proporciona una tabla de posiciones donde los estudiantes que respondan correctamente el mayor número de ítem en el menor tiempo posible tienen mejores posiciones en el *pódium*. Con *Kahoot*, se presentó un inconveniente con la versión gratuita, ya que sólo permite 10 participantes por sesión interactiva, por lo que sólo pudo ser aplicado en un grupo control del semestre 2022-I con 7 participantes. Debido a estos problemas de logística, esta actividad lúdica fue trasladada a *Quizizz*, la cual permite desarrollar cuestionarios interactivos de manera similar a *Kahoot* para mayor cantidad de participantes en su versión gratuita. Las diferencias que existen entre la modalidad *En Vivo* de *Quizizz* y *Kahoot* es a nivel de estética entre las plataformas; además, *Kahoot* tiene la particularidad de que se necesitan dos dispositivos simultáneamente (una pantalla donde salen las preguntas y otra pantalla donde sólo aparecen las respuestas, en comparación con *Quizizz* donde preguntas y respuestas aparecen juntas). La discusión sobre la aplicación de la Actividad Lúdica 1 en dos diferentes plataformas se abordará de nuevo en la sección de resultados de la actividad.

La Actividad Lúdica 2 fue desarrollada en la plataforma *educaplay*, la cual permite crear actividades lúdicas con diferentes propuestas basadas en juegos clásicos, como el crucigrama, la sopa de letras, adivinanzas, etc. El modelo de juego seleccionado para esta actividad lúdica fue el *mosaico*. El mosaico es un juego que se podría describir como fichas al estilo *memorama* donde se tienen que emparejar cada ficha con la respuesta correcta en el menor tiempo posible. La plataforma de *educaplay* permite que los estudiantes puedan tener un cierto número de errores para resolver la actividad y si el estudiante comete esos errores, la actividad termina. Los estudiantes pueden repetir la actividad cuantas veces quieran, debido a que los objetivos de esta actividad es *reforzar* la memorización de las fórmulas matemáticas

involucradas en el cálculo y determinación de los parámetros de desempeño de la VMA (Anexo B).

Las cuatro actividades lúdicas fueron aplicadas en condiciones de contingencia sanitaria por el virus SARS-CoV-2, por lo que se **debe tener en consideración el impacto emocional, social y académico** que la contingencia causó en los estudiantes. Del mismo modo, se debe considerar el impacto negativo que el aislamiento social, las restricciones, las limitaciones y las situaciones personales, familiares, económicas y laborales que influyeron y afectaron la formación universitaria de los estudiantes durante el curso de Analítica Experimental III y el resto de los cursos impartidos en la Facultad de Química, UNAM.

11 Validación de las Actividades Lúdicas Propuestas

Evaluar una actividad permite conocer la calidad del material escolar desarrollado para que se obtengan los mejores beneficios: si la calidad de la actividad es baja, debe mejorarse hasta tener un nivel óptimo con base en las necesidades académicas de los estudiantes. Las actividades lúdicas diseñadas e implementadas fueron sometidas a dos criterios matemáticos de evaluación con el fin de poder determinar las fortalezas y las debilidades existentes en los materiales escolares y tener la oportunidad de someter a ciclos de correcciones sucesivas hasta obtener las actividades definitivas.

Tres de las cuatro actividades lúdicas propuestas toman como base el modelo de un cuestionario, por lo que la evaluación de dichas actividades debe tomarse como la evaluación pedagógica de los cuestionarios en general. De acuerdo con Backhoff, Larrazolo y Rosas (2000), la calidad de los reactivos de un cuestionario pueden evaluarse a través de dos parámetros estadísticos: el Nivel de Dificultad y el Índice de Discriminación; los cuales se presentan a continuación.

11.1 Nivel de Dificultad (p)

El Nivel de Dificultad (p) de un reactivo se define como la proporción de personas que responden correctamente un ítem y el número total de respuestas obtenidas

(Backhoff, Larrazolo, & Rosas, 2000). Como su nombre indica, el Nivel de Dificultad nos permite evaluar qué tan fácil o qué tan difícil fue un ítem en concreto para un grupo de estudiantes en específico. Conocer el Nivel de Dificultad de cada reactivo, así como Nivel de Dificultad media de un cuestionario, permite realizar los ajustes pertinentes, dependiendo del grado de dificultad que queremos para cada actividad. La fórmula para evaluar la Dificultad de un reactivo se representa mediante la ecuación:

$$\rho = \frac{A}{N}$$

Donde ρ representa el Nivel de Dificultad, A representa el número de aciertos de un reactivo y N representa el número total de respuestas de un reactivo. El intervalo del Nivel de Dificultad varía entre los valores de 0 y 1: es cero cuando no hay ningún acierto en el número total de respuestas por ítem y es 1 cuando todas las respuestas son aciertos. De acuerdo con Backhoff, Larrazolo y Rosas (2000), los valores obtenidos para el Nivel de Dificultad de cada reactivo se clasifican en una escala, la cual se describe en la Tabla 8:

Tabla 8. Escala del Nivel de Dificultad (ρ)

Nivel de Dificultad	
$\rho < 0.32$	Muy Difícil
$0.33 < \rho < 0.52$	Difícil
$0.53 < \rho < 0.73$	Media
$0.74 < \rho < 0.86$	Fácil
$0.86 < \rho$	Muy Fácil

Se debe considerar que el nivel de dificultad de un examen debe estar entre 0.50 y 0.60, mientras que la distribución de ítems por su dificultad debe seguir la siguiente proporción: 5% de ítems muy fáciles, 20% de ítems fáciles, 50% de ítems con dificultad media, 20% de ítems difíciles y 5% muy difíciles (Backhoff, Larrazolo, & Rosas, 2000).

11.2 Índice de Discriminación (D)

El Índice de Discriminación (D) permite evaluar la capacidad de un ítem para diferenciar entre los estudiantes que tienen las mejores puntuaciones de los que tienen las más bajas. Este índice se basa en que, los estudiantes que tuvieron más respuestas correctas en todo el cuestionario tienen mayor capacidad de contestar correctamente cada reactivo (Backhoff, Larrazolo, & Rosas, 2000). La fórmula para determinar el Índice de Discriminación es:

$$D = \frac{G_A - G_B}{G_x}$$

Donde D representa el índice de discriminación; G_A es el número de aciertos totales de cerca del 27% de los alumnos con la calificación final más alta, G_B es el número de aciertos totales de aproximadamente el 27% de los alumnos con la calificación final más baja y G_x es el número de estudiantes que haya en el grupo más numeroso (G_A o G_B). Con la fórmula matemática se observa que este índice puede tomar valores de -1 (cuando el grupo con mayores calificaciones no tiene aciertos y el grupo de menores calificaciones acierta en todo) o de +1 (cuando el grupo con mayores calificaciones tiene todos los aciertos y el grupo de menores calificaciones no acierta). De acuerdo con Backhoff, Larrazolo y Rosas (2000), los valores obtenidos para el Índice de Discriminación de cada reactivo se clasifican en una escala, la cual se describe en la Tabla 9.

Tabla 9. Escala del Índice de Discriminación (D)

Índice de Discriminación		
$D > 0.39$	Excelente	Conservar
$0.30 < D < 0.39$	Buena	Mejorar
$0.20 < D < 0.30$	Medio	Revisar
$0.00 < D < 0.19$	Pobre	Revisar a profundidad
$-1.0 < D < 0$	Pésimo	Descartar

Los resultados para el Nivel de Dificultad y el Índice de Discriminación son contrastados con los resultados recolectados por las encuestas de opinión de expertas en Validación de Métodos Analíticos y de opinión estudiantil para obtener

un panorama más amplio sobre la calidad de los materiales lúdicos propuestos. Ambas opiniones permiten identificar directamente oportunidades y debilidades existentes en los reactivos, tales como el tiempo de respuesta, una redacción suficiente, falta de claridad en las respuestas o incluso el grado de aceptación o rechazo que existe dentro de los grupos donde las actividades son aplicadas.

11.3 Resultados de la Validación de las Actividades Lúdicas

La validación de las actividades lúdicas se llevó a cabo a través de las encuestas de opinión, las cuales fueron respondidas por un panel de expertas en Validación de Métodos Analíticos.

Tabla 10. Validación de las Actividades Lúdicas por el panel de expertas

	<i>El número total de reactivos es...</i>	<i>La redacción es...</i>	<i>El tiempo para responder es...</i>	<i>El nivel de dificultad es...</i>	<i>Comentarios generales</i>
Act. Lúdica 1 <i>Los Parámetros de Desempeño a Contratiempo</i>	Bueno	Buena	Bueno	Medio	Esta actividad es adecuada para reafirmar conocimientos. Ajustar el tiempo de respuesta.
Act. Lúdica 2 <i>El Formulario de la VMA</i>	Bueno	Excelente	Bueno	Fácil	Es una buena actividad.
Act. Lúdica 3 <i>¿Qué tanto sabes sobre la Validación de Métodos Analíticos?</i>	Medio	Media	Medio	Medio	Las preguntas deben ser concretas. Mejorar redacción y signos de puntuación. El tiempo para resolver los problemas de cálculo es corto. El orden aleatorio de preguntas es adecuado.
Act. Lúdica 4 <i>El Último Reto de la VMA</i>	Bueno	Bueno	Medio	Medio	Es un buen reto para evaluar los conocimientos finales, Se debe agregar más tiempo a los problemas de cálculo. Se recomienda agregar más preguntas.

En las encuestas, las expertas revisaron cada uno de los reactivos que formaron parte de las cuatro actividades lúdicas propuestas y dieron su opinión con base en la

percepción general de cada actividad. A partir de los resultados de estas encuestas, las actividades lúdicas fueron corregidas *antes* de ser aplicadas a los estudiantes. Los resultados generales obtenidos para la validación para cada una de las actividades lúdicas se presentan en la Tabla 10 mientras que los resultados completos se presentan en el Anexo C. Es importante indicar que el criterio de evaluación *Índice de Discriminación* sólo puede ser evaluado a través de los aciertos de los estudiantes en cada actividad a partir de cálculos estadísticos.

12 Resultados de la Actividad Lúdica 1 Los Parámetros de Desempeño Contratiempo

La Actividad Lúdica 1 *Los Parámetros de Desempeño a Contratiempo* fue implementada en cuatro ocasiones en diferentes grupos escolares de los semestres 2022-I y 2022-II. Las características de cada grupo escolar se muestran en la Tabla 11. Los grupos escolares A y B no resolvieron esta actividad, ya que fue desarrollada e implementada en el semestre 2022-I.

Tabla 11. Características de los grupos escolares (Actividad Lúdica 1)

Semestre	Grupo	Fecha de Aplicación	Número de Estudiantes	Comentarios Adicionales
2022-I	C	13-09-2021	7	Debido a problemas de logística en <i>Kahoot</i> con su versión gratuita, la actividad lúdica definitiva fue trasladada a la plataforma <i>Quizizz</i> .
	D	21-09-2021	13	
2022-II	E	15-03-2022	15	Ambas actividades fueron realizadas en vivo, pero no de manera sincrónica, es decir, cada estudiante avanzó en el cuestionario de forma individual, con el objetivo de reducir los problemas en la plataforma causados por la conexión a internet de los participantes.
	F	21-02-2022	3	

La Actividad Lúdica 1 fue sometida a una revisión y validación por parte de un panel de expertas en Validación de Métodos Analíticos (VMA), a través de una encuesta de opinión para evaluar el nivel de dificultad de cada ítem, la redacción, el tiempo de respuesta, entre otras características. Los resultados completos recolectados en la encuesta de opinión del panel de expertas en VMA para la actividad se encuentra en el Anexo C. La Actividad Lúdica antes de ser resuelta por los estudiantes fue corregida a nivel ortográfico y de redacción.

En la Tabla 12 se muestran tanto los resultados para el Nivel de Dificultad e Índice de Discriminación, así como la calificación media obtenida para cada grupo control. Debido a que todos los ítems del cuestionario son preguntas cerradas (de opción múltiple o verdadero/falso), no fue necesario hacer ajustes a los resultados finales de cada estudiante. Se debe señalar que la Actividad Lúdica 1 es el primer contacto que los estudiantes tienen con *Quizizz*, por lo que puede haber dificultad en responder la actividad causados por contratiempos y problemas del uso y empleo de esta plataforma.

Tabla 12. Resultados de la Actividad Lúdica 1

Semestre	Grupo	N° de Participantes	Aplicación	Puntaje Medio*	ρ medio	D medio
2022-I	C	7	Sincrónica	59.82	0.60	0.23
	D	13		64.62	0.65	0.30
2022-II	E	15		76.67	0.77	0.31
	F	3		72.92	0.73	0.06
Media Total				68.51	0.69	0.23

***Base 100, ρ : Nivel de Dificultad, D: Índice de Discriminación**

Evaluando la actividad con base en el nivel de dificultad y el índice de discriminación, se obtiene que la Actividad Lúdica 1 tiene una media de nivel de dificultad de 0.69, por lo que la actividad es un cuestionario de dificultad *media* (de acuerdo con la escala presentada en la Tabla 8). Los grupos E y F resolvieron la actividad con las mejoras realizadas a partir de la aplicación de la actividad con los grupos C y D. Los resultados del último ciclo de aplicación mostraron un mejor puntaje grupal, un nivel de dificultad más fácil y una discriminación menor. En lo referente al *Nivel de Dificultad* del último ciclo de aplicación, la actividad presenta un valor de 0.77 (fácil) y 0.73 (regular) para los grupos E y F, respectivamente. A partir de estos resultados, se observa que la Actividad Lúdica 1 tiene un nivel de dificultad por encima del valor recomendado de 0.5-0.6 en el apartado *11.1 Nivel de Dificultad*. La proporción del nivel de dificultad de cada uno de los ítems obtenidos en el último ciclo de aplicación se muestra en el Gráfico 1.

Al evaluar la distribución de ítems por su dificultad, se observa que la actividad *no sigue* la tendencia esperada. El 37.5% de los ítems tiene una dificultad fácil, mientras que el 31.3% de los ítems tiene una dificultad muy fácil, en contraste con los valores recomendados de 20% y 5%, respectivamente. También se detecta que no hay ítems con un nivel de dificultad difícil. El porcentaje de ítems de dificultad media está muy por debajo del valor recomendado; por lo que se debe reducir la proporción de ítems muy fáciles con el propósito de aumentar la dificultad global de la actividad.

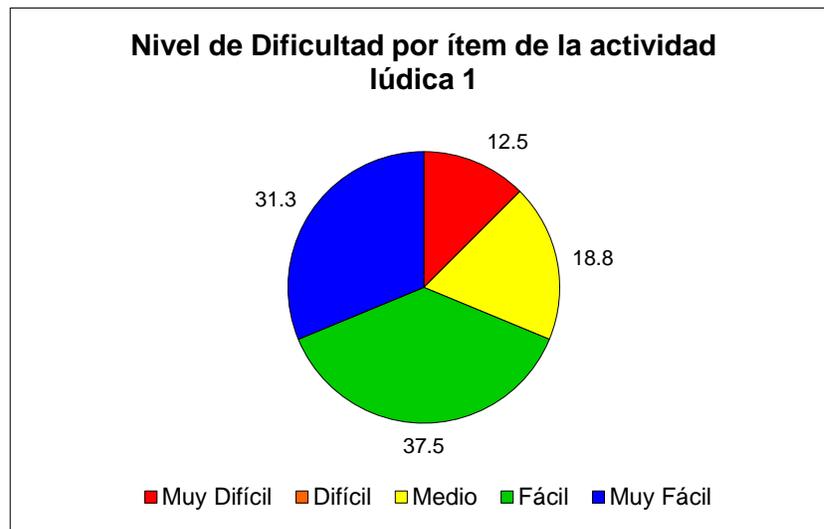


Gráfico 1. Nivel de Dificultad por ítem para la Actividad Lúdica 1

Los estudiantes tuvieron mayor facilidad en las preguntas relacionadas a las definiciones de los parámetros de desempeño con los que tenían una familiaridad previa desde las asignaturas experimentales anteriores, por ejemplo, el *intervalo de trabajo*, la *incertidumbre*, la *selectividad*, el *límite de detección*, entre otros. Tuvieron mayores dificultades con las definiciones de los parámetros y elementos de la VMA que se son revisados en esta asignatura o cuya definición es menos intuitiva que el resto de los conceptos, tales como la *repetibilidad*, la *robustez*, las *herramientas de la VMA*, entre otras.

La Actividad Lúdica demostró tener un índice de discriminación con valor medio de 0.23, lo cual indica que la actividad requiere ser *revisada* (ver la Tabla 9). A partir de los resultados obtenidos en el último ciclo de aplicación, se observa que la Actividad Lúdica 1 tiene un índice de discriminación *regular* (0.31) para el grupo E y *pobre*

(0.06) para el grupo F, con una media de ambos valores de 0.19. Se considera que la actividad debe ser revisada con detalle. El 56.25% de las preguntas deben ser revisadas a profundidad, mientras que el 21.50% de las preguntas deben ser descartadas o replanteadas. La proporción del índice de discriminación de los ítems en el último ciclo de aplicación se presenta en el Gráfico 2.

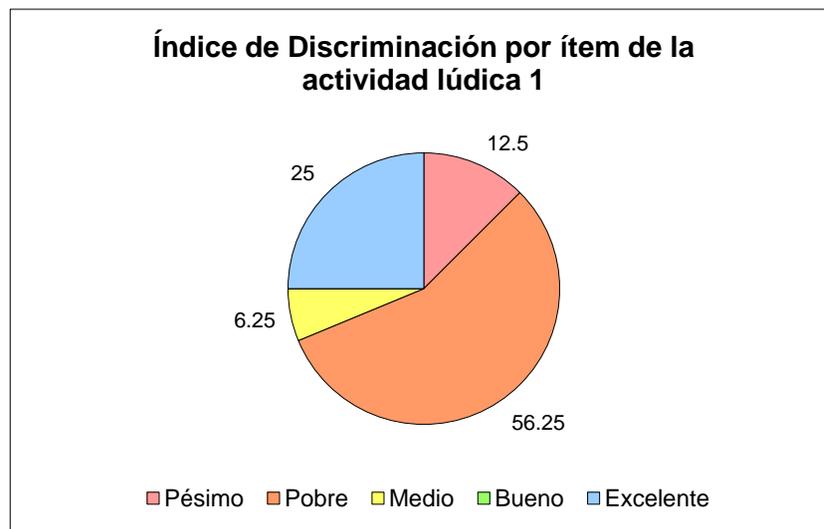


Gráfico 2. Índice de Discriminación por ítem para la Actividad Lúdica 1

Cada grupo escolar, después de haber realizado la Actividad Lúdica 1, contestó una encuesta de opinión estudiantil en donde se les preguntaba el grado de aceptación de la actividad. Las encuestas de opinión estudiantil fueron respondidas de manera opcional por los estudiantes que realizaron las actividades, por lo que el número de participantes en la actividad puede no corresponder con el número de estudiantes que contestaron la encuesta. A través de la encuesta de opinión, se identificaron las fortalezas y las oportunidades de mejora por hacer en la actividad. Los resultados generales obtenidos en la encuesta de opinión estudiantil se encuentran en la Tabla 13, mientras que los resultados completos se encuentran en el Anexo D. Al contrastar los resultados de la Actividad Lúdica con las encuestas de opinión, especialmente el Nivel de Dificultad calculado y el percibido, se detecta una tendencia de los estudiantes en percibir la actividad con una *mayor* dificultad de la que en realidad tiene.

Tabla 13. Encuesta de opinión estudiantil para la Actividad Lúdica 1. Resultados

Grupo	Número de Encuestados	Dificultad Calculada	Dificultad Percibida	Comentarios sobre el cuestionario
C	5	0.60 (media)	Media	-Muy didáctica, visual y de competencia para reforzar los conocimientos que se vieron en clase.
D	13	0.65 (media)	Media	-Muy divertida, sirve para darse cuenta si se están entendiendo los conceptos. -Me gustó mucho, pero sentí un poco de estrés por quedar en un mejor lugar.
E	13	0.77 (fácil)	Media	-Me gustó mucho. Siento que es diferente, que todos podemos participar y que no hay esa tendencia a que nos dé vergüenza, es divertido y muy útil... -Este tipo de actividades me ponen nerviosa y me desconcentraba al ver el tiempo, tuve que leer varias veces las preguntas.
F	3	0.73 (regular)	Media	-En general la actividad es buena, en cuanto a la redacción de las preguntas, como el hacerlo atractivo con comodines. -Me gusta que no sólo se enfoquen en un tipo de dinámica para las actividades.

A través de los comentarios de opinión estudiantil es posible conocer el nivel de aceptación de la actividad y, de forma indirecta, si la actividad cumple con el objetivo didáctico de consolidar los conocimientos de los parámetros de desempeño (Anexo B, Planeación didáctica de la Actividad Lúdica 1) y con el objetivo principal de esta investigación. Los comentarios de los estudiantes son mayoritariamente favorables (Anexo D) hacia el uso de la Actividad Lúdica como manera alternativa de reforzar conocimientos, ya que reciben retroalimentación inmediata (la cual permite que los estudiantes sepan cuáles temas tienen claros y cuáles requieren ser revisados), reciben recompensas dentro de la actividad por tener más aciertos y, lo más importante, divirtiéndose mientras resolvían la actividad. Además de estos comentarios, los estudiantes definieron la actividad como *un juego que les permite divertirse y reforzar los conceptos*, lo cual permite identificar que los estudiantes están reaccionando de manera favorable a estas propuestas lúdicas.

En cuanto a las mejoras los estudiantes expresaron la necesidad de tener mayor tiempo para responder cada uno de los ítems de la actividad. El tiempo para responder fue incrementado de 15 segundos (primer ciclo de aplicación, semestre

2022-I) al doble del tiempo para el segundo ciclo de aplicación y, aunque hubo mejores resultados, los estudiantes siguieron indicando que el tiempo de respuesta era lo que menos les agradaba de la actividad. Considerando los comentarios estudiantiles, se decidió que el tiempo para responder la actividad será fijado en 30 segundos.

A partir de los resultados de la actividad y los comentarios estudiantiles, se determinó que la Actividad Lúdica 1 logró generar motivación en los estudiantes y facilitó el reafirmar sus conocimientos globales de los parámetros de desempeño de la validación de métodos analíticos, tales como intervalo de trabajo, robustez, límite de detección y cuantificación, veracidad, recobro, entre otros.

13 Resultados de la Actividad Lúdica 2 *El Formulario de la VMA*

La Actividad Lúdica 2 *El Formulario de la VMA* fue implementada en dos ocasiones en diferentes grupos control de los semestres 2022-I y 2022-II. Las características de ambos grupos control se muestran en la Tabla 14.

Tabla 14. Características de los grupos escolares (Actividad Lúdica 2)

Semestre	Grupo	Modalidad	Fecha de Aplicación	Número de Estudiantes
2022-I	C	A distancia	27-09-2021	5
2022-II	F		21-02-2022	3

Después de verificar que la Actividad Lúdica 2 fue corregida y que se realizaron los ajustes necesarios, la actividad fuera resuelta por los estudiantes. Las características de esta actividad (basada en el juego de *memorama*), en las cuales sólo es posible juntar la definición del parámetro con su correspondiente fórmula con la oportunidad de tener múltiples intentos, no es posible determinar el nivel de dificultad ni el índice de discriminación a partir de los resultados obtenidos.

La selección de la plataforma y de la actividad lúdica se realizaron con base en los objetivos planteados para esta actividad, el cual es de *reforzar el aprendizaje de las ecuaciones y operaciones necesarias para el cálculo de los parámetros empleados en la validación de métodos analíticos*, por lo que los estudiantes no obtienen una

calificación numérica y sólo se marca como *entregada*, sin considerar el puntaje que proporcione la plataforma (puntaje basado en los errores totales dentro de la actividad y no en errores puntuales dentro de cada pareja). La única manera de evaluar el nivel de dificultad de esta actividad es con los datos recogidos en las encuestas de opinión, tanto la opinión de las expertas en VMA como la opinión de los estudiantes que la respondieron.

Los resultados generales de la encuesta de opinión estudiantil para la Actividad Lúdica 2 se muestran en la Tabla 15, mientras que los resultados completos se encuentran en el Anexo D. La encuesta de opinión estudiantil fue respondida de manera voluntaria, anónima y opcional por los estudiantes que realizaron las actividades, por lo que el número de participantes en la actividad puede no corresponder con el número de estudiantes que contestaron la encuesta.

Tabla 15. Encuesta de opinión estudiantil para la Actividad Lúdica 2. Resultados

Grupo	Número de Encuestados	Dificultad Percibida	Comentarios sobre el cuestionario
C	3	Media	-Me gustó, me ayudó a confirmar las fórmulas que había investigado. -Me gustan mucho este tipo de actividades didácticas.
F	3	Media	-Muy divertida, sólo habría que aclarar un poco las instrucciones. -En general esta actividad me gustó mucho, como un repaso a aspectos esenciales.

A través de los comentarios de opinión estudiantil es posible conocer el nivel de aceptación de la actividad y, de forma indirecta, si la actividad cumple con el objetivo didáctico de reforzar la memorización de las fórmulas de los parámetros de la VMA (revisar Anexo B, planeación didáctica de la Actividad Lúdica 2) y con el objetivo principal de esta investigación. Los comentarios de los estudiantes son mayoritariamente favorables (Anexo D) hacia el uso de esta actividad lúdica como manera alternativa de repasar las fórmulas estudiadas en clase. Los estudiantes consideraron que esta actividad es *creativa* y *divertida*. En los comentarios de mejora, los estudiantes consideraron que se debe hacer un ejemplo del uso de la plataforma y la manera de responder la actividad ya que fue poco claro o intuitivo la dinámica a seguir con el mosaico.

A partir de los resultados de la actividad y los comentarios estudiantiles, se determinó que la Actividad Lúdica 2 logró generar motivación en los estudiantes y facilitó el repaso de las principales fórmulas involucradas para el manejo de los datos experimentales y el cálculo de los valores de los parámetros de desempeño requeridos en el método analítico por validar, tales como el sesgo, la repetibilidad, la desviación estándar relativa (%DER), los límites de detección (LOD) y de cuantificación (LOQ), entre otros.

14 Resultados para la Actividad Lúdica 3 ¿Qué tanto sabes sobre la Validación de Métodos Analíticos?

La Actividad Lúdica 3 *¿Qué tanto sabes sobre la Validación de Métodos Analíticos?* fue implementada en seis ocasiones en diferentes grupos escolares de los semestres 2021-II, 2022-I y 2022-II

Tabla 16. Características de los grupos escolares (Actividad Lúdica 3)

Semestre	Grupo	Modalidad	Fecha de Aplicación	Número de Estudiantes	Comentarios Adicionales
2021-II	A	A distancia	01-07-2021	4	En este semestre, hubo una protesta estudiantil con paro de actividades académicas durante el periodo abril-junio.
	B		28-07-2021	5	
2022-I	C		04-10-2021	7	Ninguno
2022-II	E		24-05-2022	16	Este grupo realizó la actividad en equipos.
	F	Híbrido	28-05-2022	2	De acuerdo con el plan para el regreso a clases presenciales, este grupo llevó el curso de Experimental III de forma híbrida.

La Actividad Lúdica 3 *¿Qué tanto sabes sobre la Validación de Métodos Analíticos?* es del estilo *cuestionario* desarrollada en la plataforma *Quizizz*. El objetivo de esta actividad lúdica es *consolidar los conocimientos adquiridos sobre validación de métodos analíticos (VMA)*. Los estudiantes respondieron 17 preguntas con conceptos clave de la validación de métodos analíticos, así como cuatro problemas de cálculo y criterio analítico a partir de una base de datos. Antes de haber sido aplicada, la actividad fue corregida con base en los resultados obtenidos en la validación del panel de expertas (Anexo C). Después de realizar los ajustes necesarios, la actividad

fue resuelta por los estudiantes. En la Tabla 17 se muestran tanto los resultados para el Nivel de Dificultad e Índice de Discriminación, como la calificación media obtenida para cada grupo escolar.

Se debe tener presente que los resultados del semestre 2021-II no son concluyentes por la protesta estudiantil de cuatro meses. Durante este periodo, las actividades académicas no se desarrollaron de manera constante, considerando también el impacto negativo que hubo en las emociones de los estudiantes, derivados por la incertidumbre y descontento generado por dichos eventos. A pesar de las circunstancias, la aplicación de la actividad permitió visualizar diferentes tendencias en el desarrollo académico y en la detección de fortalezas y de oportunidades, las cuales fueron mejoradas y aplicadas en los siguientes semestres.

Tabla 17. Resultados de la Actividad Lúdica 3

Semestre	Grupo	N°de Participantes	Aplicación	Puntaje Medio*	ρ Medio	D Medio
2021-II	A	4	Asignada**	71.82	0.72	0.05
	B	5	Sincrónica	67.23	0.67	0.37
2022-I	C	7	Sincrónica	86.34	0.86	0.16
2022-II	E	16	Sincrónica	82.14	0.82	0.15
	F	2	Asignada**	69.05	0.69	0.19
Media Total				75.32	0.75	0.18

* Base 100, ρ : Nivel de Dificultad, D: Índice de Discriminación

** Por *Asignada* se refiere a que la actividad lúdica estuvo disponible durante un tiempo definido en donde los estudiantes podían entrar a la plataforma para resolverla en cualquier momento.

Una limitante detectada con *Quizizz* después de la aplicación de la Actividad Lúdica 3 en los grupos estudiantiles A y B, es la forma en que la aplicación asigna los puntajes de las preguntas de selección múltiple cuando son parcialmente correctas: marca el ítem como incorrecto. El mismo problema ocurre con las preguntas abiertas: la plataforma no puede determinar si lo que fue escrito por los estudiantes es correcto o incorrecto, por lo que se muestra al estudiante que su respuesta es *correcta*, sin

importar qué fue lo que respondió. Debido a estas limitaciones, los puntajes se revisaron de forma manual.

Esta actividad tiene una media de nivel de dificultad total de 0.75, por lo que la actividad es un cuestionario de dificultad **fácil** (de acuerdo con la escala presentada en la Tabla 8). Los grupos E y F resolvieron la actividad con las mejoras realizadas a partir de la aplicación de la actividad con los grupos A, B y C. En lo referente al *Nivel de Dificultad* del último ciclo de aplicación, el cual corresponde al semestre 2022-II, la actividad presenta un valor de 0.82 (fácil) y 0.69 (regular) para los grupos E y F, con una media de 0.76 para el último ciclo de aplicación. A partir de estos resultados, la Actividad Lúdica 3 tiene un nivel de dificultad por encima del valor recomendado de 0.50-0.60 en el apartado *11.1 Nivel de Dificultad*. La proporción del nivel de dificultad de cada uno de los ítems se muestra en el Gráfico 3.

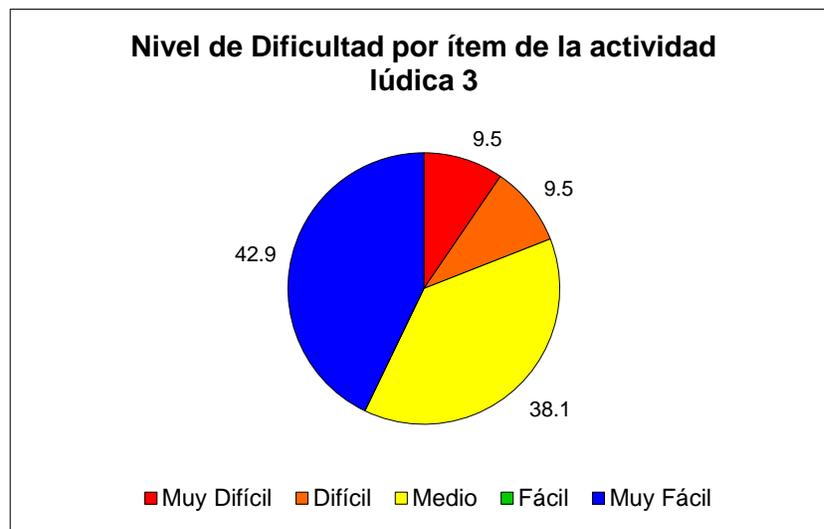


Gráfico 3. Nivel de Dificultad por ítem para la Actividad Lúdica 3

En el Gráfico 3 se observa que el 42.9% de los ítems tienen una dificultad muy fácil, cuando la recomendación indica que no deben pasar más del 5%, por lo que en esta actividad hay, al menos, ocho veces más ítems *muy fáciles* de lo recomendado. La proporción de ítems difíciles está por debajo de lo indicado, siendo del 9% en contraste con el 20% de ítems difíciles que debería tener una prueba óptima. A partir de estos resultados, se debe reducir la proporción de ítems muy fáciles, con el propósito de aumentar la dificultad global de la actividad. Los estudiantes tuvieron

mayor facilidad en las preguntas relacionadas a las definiciones de los parámetros de desempeño debido al estímulo generado por las Actividades Lúdicas 1 y 2; también mostraron una mayor familiaridad con el uso y empleo de la plataforma Quizizz. En las preguntas de problemas aplicados, los estudiantes tuvieron mayor facilidad en el cálculo de Curvas de Calibración, Límite de Detección y Límite de Cuantificación.

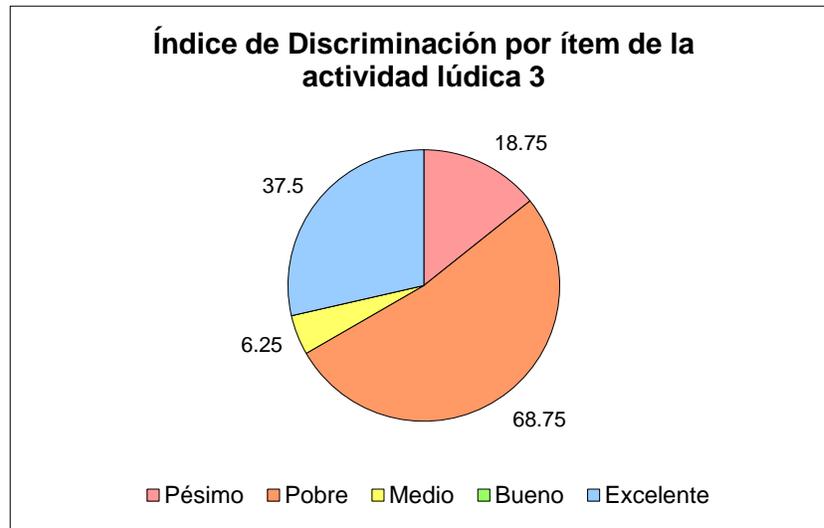


Gráfico 4. Índice de Discriminación por ítem para la Actividad Lúdica 3

La Actividad Lúdica 3 demostró tener un índice de discriminación con valor medio total de 0.18, lo cual indica que la actividad requiere ser *revisada* (ver la Tabla 9). A partir de los resultados obtenidos en el último ciclo de aplicación, se observa que la actividad tiene un índice de discriminación *pobre* para el grupo E (0.15) y para el grupo F (0.19), con una media de ambos valores de 0.17. Se considera que la actividad debe ser revisada con detalle. El 68.75% de las preguntas deben ser revisadas a profundidad, mientras que el 18.75% de las preguntas deben ser descartadas o replanteadas. La proporción del índice de discriminación de los ítems en el último ciclo de aplicación se presenta en el Gráfico 4. Los grupos E y F resolvieron la actividad con las mejoras realizadas a partir de la aplicación de la actividad con los grupos C y D. Los resultados del último ciclo de aplicación mostraron tener un puntaje menor, un nivel de dificultad más difícil y una mejor discriminación.

Cada grupo escolar, después de haber realizado la Actividad Lúdica 3, contestó una encuesta de manera opcional. A través de las respuestas, se identificaron las fortalezas y las oportunidades de mejora de la actividad. Los resultados generales obtenidos en la encuesta de opinión estudiantil se encuentran en la Tabla 18, los resultados completos se encuentran en el Anexo D.

Tabla 18. Encuesta de opinión estudiantil para la Actividad Lúdica 3. Resultados

Grupo	Número de Encuestados	Dificultad Calculada	Dificultad Percibida	Comentarios sobre el cuestionario
B	3	0.67 (media)	Media	-Fue una buena actividad de reposición, la página es muy entretenida y en general nos ayudó a subir unas cuantas décimas.
C	6	0.86 (fácil)	Difícil	-Una actividad bastante entretenida: le quita lo aburrido a hacer exámenes y a la vez refuerza los temas que aprendimos. -Me agrada bastante esta modalidad de actividades, siento que nos impulsa a aprender mejor en comparación a aprender de la manera tradicional.
E	9	0.82 (fácil)	Media	-Agradezco que se implementen este tipo de actividades, en lo personal me ayudó mucho en el aprendizaje y sentí más relajada la materia. -Estaría bien variar la plataforma o el tipo de actividad. Quizás un cambio de dinámica estaría mejor.
F	2	0.69 (media)	Media	-Me gustó mucho porque no se siente como un examen o evaluación, ya que es divertido hacerlas.

Al contrastar los resultados de la actividad lúdica con las encuestas de opinión, especialmente el Nivel de Dificultad calculado y el percibido, encontramos que los estudiantes tienen una tendencia a percibir la actividad con *mayor* dificultad con respecto al valor real, siendo un caso extremo la dificultad percibida por el grupo C, el cual percibió que la actividad tiene una dificultad *difícil* con respecto al valor real obtenido de 0.86, el cual que señala que es una actividad *fácil*.

A través de los comentarios de opinión estudiantil es posible conocer el nivel de aceptación de la actividad y, de forma indirecta, si la actividad cumple con el objetivo didáctico de facilitar la consolidación de los conocimientos (revisar Anexo B, planeación didáctica de la Actividad Lúdica 3) y con el objetivo principal de esta investigación. Los comentarios de los estudiantes son mayoritariamente favorables (revisar Anexo D) hacia el uso de la actividad lúdica como manera alternativa de

evaluar conocimientos, ya que reciben retroalimentación inmediata (la cual permite que los estudiantes sepan cuáles temas tienen claros y cuáles requieren ser revisados), reciben recompensas dentro de la actividad por tener más aciertos y, lo más importante, divirtiéndose mientras resolvían la actividad.

En cuanto a los comentarios de mejora, los estudiantes expresaron la necesidad de tener mayor tiempo para responder cada uno de los ítems de la actividad; así mismo, se debe seguir cuidando la redacción de las preguntas y hacer ligeros cambios en la dinámica de la aplicación de las actividades lúdicas para que no se vuelvan repetitivas. El tiempo para responder fue incrementado de 15 segundos (primer ciclo de aplicación, semestre 2021-I) al doble del tiempo para el tercer ciclo de aplicación (semestre 2022-II) en el caso de las preguntas teóricas. Las preguntas de cálculo y análisis de datos tuvieron un cambio en de tiempo de respuesta, de 10 minutos (ciclo 2021-II) a 15 minutos (ciclo 2022-II). Considerando los comentarios estudiantiles, se decidió que el tiempo para responder la actividad será fijado en un minuto para las preguntas teóricas y quince minutos para las preguntas de cálculos.

A partir de los resultados de la actividad y los comentarios estudiantiles, se determinó que la Actividad Lúdica 3 logró generar motivación en los estudiantes para adquirir y reafirmar sus conocimientos globales en la validación de métodos analíticos, tales como conceptos clave sobre la validación y verificación de métodos analíticos, las definiciones de algunos parámetros de desempeño, el manejo de datos experimentales con las fórmulas de los parámetros y la aplicación del criterio analítico desarrollado en el curso de la VMA.

15 Resultados de la Actividad Lúdica 4 El Último Reto de la VMA

La Actividad Lúdica 4 *El Último Reto de la VMA* fue implementada en cuatro ocasiones en diferentes grupos escolares de los semestres 2022-I y 2022-II. Las características de cada grupo escolar se muestran en la Tabla 19.

Tabla 19. Características de los grupos escolares (Actividad Lúdica 4)

Semestre	Grupo	Fecha de Aplicación	Número de Estudiantes	Comentarios Adicionales
2022-I	C	29-11-2021	5	La actividad fue realizada de forma asincrónica, es decir, cada estudiante avanzó en el cuestionario de forma individual, con el objetivo de reducir los problemas en la plataforma causados por la conexión a internet de los participantes. El grupo D realizó la actividad en parejas.
	D	30-11-2021	11	
2022-II	E	26-04-2022	16	
	F	30-05-2022	2	

La Actividad Lúdica 4 fue sometida a una revisión y validación por parte de un panel de expertas en Validación de Métodos Analíticos (VMA), a través de una encuesta de opinión, donde cada experta determinó el nivel de dificultad de cada ítem, la redacción, el tiempo de respuesta, entre otras características. Los resultados completos recolectados en la encuesta de opinión del panel de expertas en VMA para la actividad se encuentra en el Anexo C.

La actividad lúdica antes de ser resuelta por los estudiantes fue corregida a nivel ortográfico y de redacción. Una vez corregida y actualizada, fue resuelta por los estudiantes. En la Tabla 20 se muestran tanto los resultados para el Nivel de Dificultad e Índice de Discriminación, así como la calificación media obtenida para cada grupo control. Debido a que Quizizz evalúa erróneamente las preguntas abiertas y de selección múltiple, las puntuaciones fueron corregidas manualmente.

Tabla 20. Resultados de la Actividad Lúdica 4

Semestre	Grupo	N°de Participantes	Aplicación	Puntaje Medio*	ρ Medio	D Medio
2022-I	C	5	Sincrónica	61.00	0.61	0.20
	D	11		57.23	0.59	0.32
2022-II	E	16		56.32	0.57	0.42
	F	2		65.00	0.65	0.20
Media Total				59.89	0.60	0.28

*Base 100, ρ : Nivel de Dificultad, D: Índice de Discriminación

La Actividad Lúdica 4 tiene una media de nivel de dificultad total de 0.60, por lo que la actividad es un cuestionario de dificultad **regular** (de acuerdo con la escala presentada en la Tabla 8). Los grupos E y F resolvieron la actividad con las mejoras

realizadas a partir de la aplicación de la actividad con los grupos C y D. En lo referente al *Nivel de Dificultad* del último ciclo de aplicación, el cual corresponde al semestre 2022-II, la actividad presenta un valor de 0.57 (regular) para el grupo E y 0.64 (regular) para el grupo F, con una media de 0.61 para el último ciclo de aplicación. A partir de estos resultados, la Actividad Lúdica 4 tiene un nivel de dificultad ligeramente arriba del valor recomendado de 0.50-0.60 en el apartado 11.1 *Nivel de Dificultad*. La proporción del nivel de dificultad de cada uno de los ítems se muestra en el Gráfico 5.

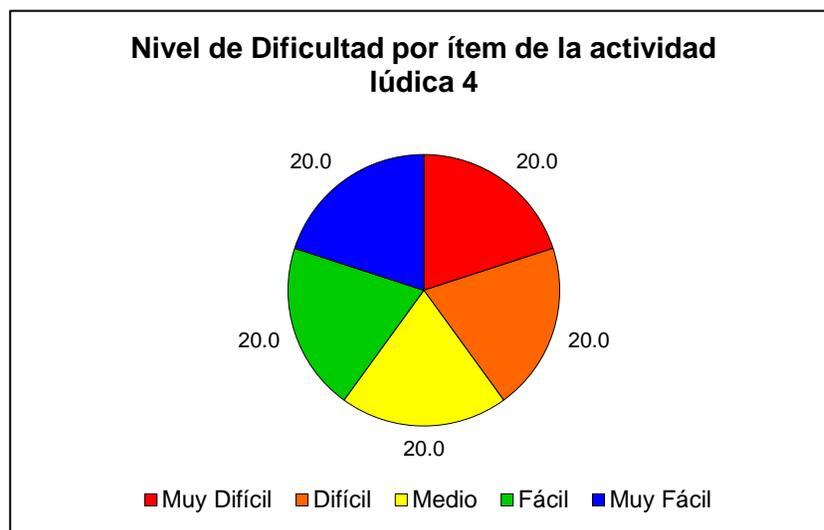


Gráfico 5. Nivel de Dificultad por ítem para la Actividad Lúdica 4

En el Gráfico 5 se observa que el nivel de dificultad de los ítems se distribuye equitativamente. A partir de estos resultados, se debe reducir la proporción de ítems *muy fáciles* y *muy difíciles*, con el propósito de aumentar ligeramente el valor de la dificultad global de la actividad. Los estudiantes tuvieron mayor facilidad en las preguntas de cálculo y manejo de datos, así como las preguntas de aplicación de criterio analítico.

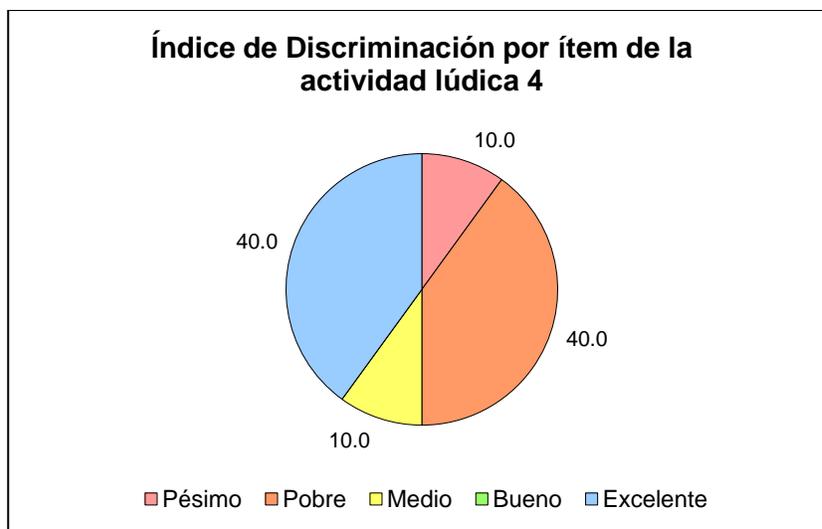


Gráfico 6. Índice de Discriminación por ítem para la Actividad Lúdica 4

La actividad lúdica demostró tener un índice de discriminación con valor medio total de 0.28, lo cual indica que la actividad requiere ser *revisada* ligeramente (ver la Tabla 9). A partir de los resultados obtenidos en el último ciclo de aplicación, se observa que la actividad tiene un índice de discriminación *excelente* para el grupo E (0.42) y *medio* para el grupo F (0.20), con una media de ambos valores de 0.31. Se considera que la actividad tiene un buen poder de discriminación. El 40% de las preguntas deben ser revisadas a profundidad, mientras que el 10% de las preguntas deben ser descartadas o replanteadas. La proporción del índice de discriminación de los ítems en el último ciclo de aplicación se presenta en el Gráfico 6. Los grupos E y F resolvieron la actividad con las mejoras realizadas a partir de la aplicación de la actividad con los grupos C y D. Los resultados del último ciclo de aplicación mostraron tener un puntaje menor, un nivel de dificultad más difícil y una mejor discriminación.

Las encuestas de opinión estudiantil fueron respondidas de manera opcional por los estudiantes que realizaron las actividades. A través de la encuesta de opinión, se identificaron las fortalezas y las oportunidades de mejora por hacer en la actividad. Los resultados generales obtenidos en la encuesta de opinión estudiantil se encuentran en la Tabla 21, mientras que los resultados completos se encuentran en el Anexo D.

Tabla 21. Encuesta de opinión estudiantil para la Actividad Lúdica 4. Resultados

Grupo	Número de Encuestados	Dificultad Calculada	Dificultad Percibida	Comentarios sobre el cuestionario
C	4	0.61 (media)	Media	-Me gustó mucho realizar esta actividad en esa plataforma porque se siente muy entretenida, fácil y rápida.
D	10	0.59 (media)	Media	-Creo que es una muy buena actividad para el final del curso porque son conceptos básicos que deberíamos de saber y poder poner en práctica nuestra memoria para el tratamiento de datos. -Me parece una actividad muy útil para retomar los conceptos que adquirimos, además de no ser una actividad común, por lo que es bastante buena.
E	8	0.57 (media)	Media	-Me gustaría que este tipo de actividades sean más frecuentes en clases, ya que esto puede ayudar a muchas personas que probablemente no pueden dedicarle ese tiempo de estudio, ya sea por el tiempo de traslado, o por darle más importancia a otra asignatura. -Me gustan estos <i>quizzies</i> porque son didácticos.
F	2	0.65 (media)	Media	-Me gustan este tipo de actividades. -Eran pocas preguntas

Al revisar los valores obtenidos para el nivel de dificultad percibido y la dificultad calculada de la actividad, se observa que los estudiantes percibieron la actividad con una dificultad cercana al valor de dificultad real; en contraste con los resultados de las actividades lúdicas 1 y 3 donde los estudiantes mostraron una tendencia a percibir con mayor dificultad las actividades en comparación a la dificultad calculada de cada actividad. Esta cercanía entre la dificultad percibida y la dificultad real es el resultado de diferentes factores: los estudiantes ya están familiarizados con el uso de la plataforma *Quizziz*, a contestar preguntas cronometradas, con la dinámica para responder la actividad e incluso con el tipo de preguntas que podrían responder (opción múltiple, falso verdadero, selección múltiple y preguntas abiertas). Esta familiaridad con la plataforma permite que los estudiantes no sientan incertidumbre al responder, por lo que posibilita que los estudiantes se centren en responder con los conocimientos que poseen y los conocimientos que deben reforzar, más que en cómo usar la App.

A través de los comentarios de opinión estudiantil es posible conocer el nivel de aceptación de la actividad y, de forma indirecta, si la actividad cumple con el objetivo didáctico de evaluar el conocimiento (Anexo B, planeación didáctica de la Actividad Lúdica 4) y con el objetivo principal de esta investigación. Los comentarios de los estudiantes son mayoritariamente favorables (Anexo D) hacia el uso de la actividad lúdica como actividad para el final del curso, debido a que les permite identificar si poseen los conocimientos fundamentales de la asignatura. La plataforma *Quizizz* fue elogiada nuevamente, en esta ocasión, por permitirle a los estudiantes tener una alternativa para evaluar sus conocimientos y que les permita divertirse, dejando de lado los exámenes tradicionales.

En cuanto a los comentarios de mejora, los estudiantes expresaron la necesidad de tener mayor tiempo para responder cada uno de los ítems de la actividad; así mismo, se debe seguir cuidando la redacción de las preguntas y tener cuidado con las imágenes presentadas en la actividad, principalmente porque reduce el tamaño y la calidad de la imagen causando que sea difícil de visualizar a través de ciertos dispositivos, en especial cuando se ingresa a la actividad mediante teléfonos y tabletas electrónicas. El tiempo para responder fue incrementado de diez segundos (primer ciclo de aplicación) al triple del tiempo para el último ciclo de aplicación (semestre 2022-II) en el caso de las preguntas teóricas. Las preguntas de selección múltiple tuvieron un ajuste de tiempo mayor, quedando fijo a 45 segundos. El tiempo para responder las preguntas de cálculo y criterio analítico quedaron fijadas en 10 minutos en ambos ciclos de aplicación.

Se debe hacer notar que existe una tendencia de los estudiantes en percibir menos divertidas las actividades lúdicas conforme se van aplicando (revisar anexo D, en especial los gráficos sobre *qué* tan divertida fue la actividad lúdica y sentimientos generados). En la primera actividad lúdica, los estudiantes percibieron la actividad como muy divertida, elogiaron el uso de la plataforma y las recompensas y los sentimientos generados fueron predominantemente positivos (felicidad, diversión, satisfacción). Esta tendencia favorable se regulariza en las actividades 2 y 3, siendo el mayor contraste con la Actividad Lúdica 4, donde los estudiantes ya no encuentran

tan divertida esta actividad con respecto a las anteriores tres actividades, elogiando el contenido del cuestionario y dejando a un lado el uso de la plataforma. También se resalta que, en esta actividad, las emociones generadas son más diversificadas con respecto a las primeras actividades.

A partir de los resultados de la actividad y los comentarios estudiantiles, se determinó que la Actividad Lúdica 4 logró generar motivación en los estudiantes para evaluar sus conocimientos generales en la validación de métodos analíticos, tales como los parámetros de desempeño y sus fórmulas, el manejo de datos y la aplicación del criterio analítico desarrollado durante el semestre para analizar estudios de caso concretos y el impacto que tiene la VMA en la vida cotidiana.

16 Fortalezas, Oportunidades y Perspectivas del Proyecto

La aplicación de las actividades lúdicas propuestas bajo diferentes circunstancias y condiciones escolares posibilitó la detección de las fortalezas y las oportunidades que la ludificación ofrece dentro de los espacios escolares. A partir de los resultados cuantitativos y los comentarios recolectados por las encuestas de opinión estudiantil y las encuestas de opinión por parte de expertas en VMA, se detectaron las siguientes fortalezas:

- Los estudiantes encuentran que las actividades lúdicas son una alternativa divertida e innovadora para sustituir y/o complementar los tradicionales exámenes, actividades escolares o tareas. Las herramientas lúdicas les permiten equivocarse, recibir recompensas y obtener retroalimentación inmediata en un ambiente sano.
- Las actividades lúdicas ofrecen nuevas experiencias escolares, las cuales estimulan en los estudiantes el aprendizaje de los conocimientos, incluso estando en un nivel académico universitario y profesional.
- Las actividades lúdicas *contratiempo* generan, en palabras de los estudiantes, *emoción al resolver la actividad*. Este estímulo es importante porque lleva a los estudiantes a la experiencia óptima o estado flujo.

- Al seleccionar plataformas digitales, se promueve el desarrollo de habilidades tecnológicas; tales como el uso y manejo de diferentes plataformas y recursos digitales, uso de hojas de cálculo, entre otros.
- Las actividades lúdicas desarrolladas en ambientes digitales pueden ser aplicadas en diferentes circunstancias escolares, tales como clases presenciales, en línea o en modalidad híbrida. Esto fue fundamental debido a la contingencia sanitaria por Covid-19.
- Las actividades lúdicas propuestas permiten a los estudiantes reconocer sus propias emociones frente a los diferentes estímulos proporcionados, identificando sus propias fortalezas académicas y los aspectos en los cuales deben enfocarse más.

Respecto a las oportunidades y perspectivas que las actividades lúdicas presentan y que deben considerarse para futuros estudios sobre ludificación en educación:

- Se debe considerar que las actividades lúdicas digitales requieren *obligatoriamente* dispositivos con acceso a internet (computadoras, teléfonos inteligentes, tabletas electrónicas, etc.). Esto conlleva a considerar los problemas de conexión a internet y circunstancias relacionadas al uso y acceso a estos dispositivos electrónicos.
- Las actividades lúdicas desarrolladas en plataformas digitales no corrigen las respuestas escritas en preguntas abiertas ni consideran puntuaciones parciales en el caso de las preguntas de selección múltiple, por lo que los resultados finales tienen una calificación mal puntuada que debe ser corregida manualmente. Una alternativa para solucionar este problema es limitar las propuestas lúdicas a preguntas de opción múltiple, verdadero o falso o similares.
- La aplicación frecuente de actividades lúdicas causa que se pierda el *factor sorpresa* y los estudiantes se acostumbran rápido a resolverlas, perdiendo la diversión y, por consiguiente, la motivación. Las actividades deben plantearse para ser realizadas dando un espacio de tiempo considerable y favoreciendo

cambios de dinámica (resolverlas en equipo, de manera *asignada*, etc.) para no perder la motivación.

- Aunque las actividades lúdicas de esta investigación fueron propuestas para ser realizadas de manera individual, los estudiantes mostraron gran interés en resolverlas en equipo, por lo que este estímulo extra puede ser aprovechado como alternativa para seguir promoviendo las emociones positivas en la aplicación de estas actividades.
- La evaluación de las actividades lúdicas es un proceso que toma varios semestres ya que sólo pueden ser aplicadas una vez por grupo durante el ciclo escolar.
- Se debe considerar que entre más estudiantes resuelvan la actividad, se obtiene un resultado más confiable, por lo que las futuras investigaciones sobre actividades lúdicas deberán tener un mayor número de participantes con respecto al trabajo desarrollado en esta investigación.

Finalmente se identificaron los siguientes puntos clave dentro de las actividades lúdicas propuestas:

- Los ítems de las actividades contaron con un límite de tiempo para responder como forma de mantener el estado flujo de los estudiantes.
- Las propuestas lúdicas desarrolladas en *Quizizz* permitieron a los estudiantes comprender las reglas, la mecánica, la dinámica y el sistema de recompensas de manera intuitiva. Por otro lado, la actividad lúdica propuesta en *Educaplay* fue más compleja para los estudiantes ya que su resolución fue menos intuitiva. Es necesario explorar más alternativas para desarrollar actividades lúdicas.
- Los estudiantes se mostraron más motivados al existir mayor interacción estudiante-contenido y estudiante-estudiante, especialmente al resolver la actividad en equipos o implementar la actividad en formato *en vivo*.
- El sistema de recompensas fue fundamental en la aplicación de las propuestas lúdicas. Las recompensas fue uno de los elementos que más les

gustó a los estudiantes, mostrándose felices al obtener ventajas dentro de la actividad por haber respondido de manera correcta.

- Con base en las respuestas recolectadas en la encuesta de opinión estudiantil (Anexo D), las propuestas lúdicas permitieron a los estudiantes reforzar, adquirir y evaluar sus conocimientos.
- Las propuestas lúdicas mostraron ser una herramienta didáctica innovadora en el campo de la enseñanza de los fundamentos de la validación de métodos analíticos, sin embargo, se debe recordar que no todas las actividades didácticas por desarrollar dentro del curso de Experimental III deben ser lúdicas y estas actividades *deben* ser integradas con otras metodologías activas, tales como el *Aprendizaje Basado en Proyectos*, los *Estudios de Caso*, el *Aprendizaje Basado en Equipos*, entre otras.
- Las actividades lúdicas propuestas pueden combinarse con otras técnicas y metodologías de enseñanza, dependiendo de las necesidades de cada estudiante y las necesidades del grupo escolar.

17 Propuesta Metodológica para el Diseño y Aplicación de Actividades Lúdicas

La metodología propuesta en este trabajo es del tipo *investigación-acción*, basada en ciclos repetidos y secuenciales para el desarrollo y la mejora de las actividades lúdicas propuestas. Las fases seguidas son 1. Información, 2. Planificación, 3. Implementación y 4. Evaluación (Hernández-Sampieri, Fernández, & Baptista, 2014). En la Figura 5 se ejemplifican las fases sucesivas del ciclo del diseño de un proyecto tipo investigación-acción.

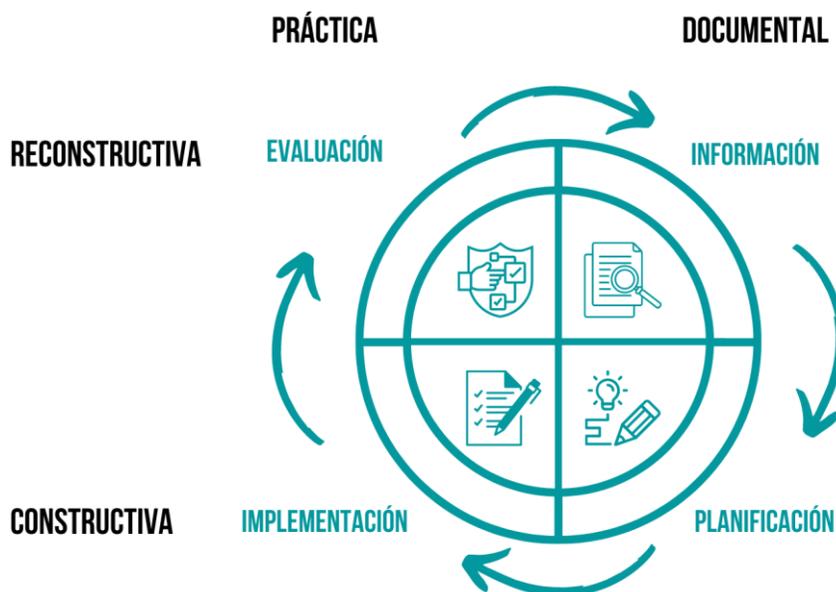


Figura 5. Ciclo sucesivo de un proyecto investigación-acción. Representación visual de elaboración propia basada en la información encontrada en Hernández-Sampieri, et. Al, 2014 pp. 498

17.1 Fases de Implementación

La metodología planteada en esta investigación puede ser tomada como punto de referencia para futuras investigaciones sobre el empleo de la ludificación como estrategia neurodidáctica en ambientes escolares. En la Figura 6 se presentan las fases diseñadas para este proyecto de tipo *investigación-acción* y en la Tabla 22 se describen las actividades desarrolladas en cada fase.



Figura 6. Diseño del proyecto investigación-acción.

Tabla 22. Actividades desarrolladas en las fases del proyecto.

	Actividades
<i>Fase 1</i> Búsqueda de Información	<ol style="list-style-type: none"> 1. Revisión bibliográfica sobre el proceso de ludificación. 2. Búsqueda de diferentes plataformas digitales para ludificar. 3. Búsqueda de información a partir de las unidades temáticas de la asignatura Analítica Experimental III.
<i>Fase 2</i> Diseño de la Propuesta Lúdica	<ol style="list-style-type: none"> 1. Planteamiento de los objetivos, recursos y planeación didáctica. 2. Diseño de la actividad lúdica en la plataforma seleccionada. 3. Diseño de las encuestas de validación y de opinión estudiantil.
<i>Fase 3</i> Implementación de la Propuesta Lúdica	<ol style="list-style-type: none"> 1. Validación de la actividad a un panel de expertas. 2. Mejora de la actividad lúdica a partir de la validación. 3. Aplicación de la actividad lúdica propuesta a los estudiantes. 4. Aplicación de la encuesta de opinión estudiantil. 5. Mejora de la actividad a partir de los resultados de la aplicación y la opinión estudiantil.
<i>Fase 4</i> Evaluación de la Propuesta Lúdica	<ol style="list-style-type: none"> 1. Recolección de los resultados obtenidos en la actividad lúdica propuesta. 2. Recolección de los resultados de la encuesta de opinión estudiantil. 3. Corrección y verificación de los resultados de la actividad lúdica para evaluar el nivel de dificultad y el índice de discriminación. 4. Comparación de los resultados de la actividad, el nivel de dificultad y el índice de discriminación con las opiniones del panel de expertas y los estudiantes para identificar las mejoras que deben realizarse. 5. Toma de la decisión si la actividad lúdica propuesta será definitiva o si debe regresar a alguna de las fases previas.

17.2 Puntos clave a considerar

El marco metodológico seguido en esta investigación sufrió una serie de modificaciones a partir de las limitantes y las mejoras encontradas a lo largo de la repetición de las fases en su ciclo secuencial. Se debe aclarar que los proyectos de tipo investigación-acción no son lineales, por lo que puede haber momentos en donde el ciclo secuencial debe regresar a la fase anterior si se detecta una deficiencia de información o un proceso de mejora que debe ser aplicado antes de seguir con el ciclo secuencial propuesto. A continuación, se describe a profundidad las actividades desarrolladas en cada fase incluyendo algunas recomendaciones sobre los puntos

en los que se debe tener mayor cuidado al momento de diseñar propuestas lúdicas en ambientes escolares.

Fase 1 Búsqueda de Información

Actividad 1.1 Revisión Bibliográfica sobre el Proceso de Ludificación

En esta actividad, se lleva a cabo la recolección de información de diferentes fuentes bibliográficas que aborden los procesos para el uso y la aplicación de la ludificación como herramienta neurodidáctica en el salón de clases. Se debe hacer mención que la mayoría de las fuentes hablan sobre la ludificación como una herramienta que puede ser empleada en cualquier contexto *no-lúdico*, por lo que se debe priorizar la información que hable específicamente de la ludificación en ambientes escolares. Esta primera fase se debe hacer una única vez de manera extensiva, aunque se recomienda actualizarse conforme pasa el tiempo y se desarrollan nuevas metodologías para Ludificación-.

Actividad 1.2 Búsqueda de diferentes Plataformas Digitales para Ludificar

Se debe hacer una revisión de las plataformas para ludificar existentes, las actividades que proponen y las características que brindan en sus versiones gratuitas y de pago. Las plataformas con la opción de pago ofrecen más características que en sus versiones gratuitas, por ejemplo, mayor diversidad de preguntas, mayor cantidad de participantes simultáneos, diferentes temáticas y componentes estéticos, entre otros. Las diferencias entre las versiones gratuitas y de pago pueden facilitar algunas situaciones al docente que las aplica, pero en esencia tienen casi el mismo fundamento. Debido a la constante innovación tecnológica, las plataformas para ludificar cambian en sus interfaces, hacen mejoras, agregan más actividades u opciones para ludificar o terminan siendo eliminadas, por lo que se debe tener precaución en la búsqueda de las diferentes alternativas existentes. Como ejemplo, para el diseño de la Actividad Lúdica 1 se eligió la plataforma *Kahoot*, sin embargo, dicha plataforma tiene limitaciones en su versión gratuita que no permitieron el desarrollo de la actividad en los demás grupos escolares, por lo que tuvo que ser sustituida por *Quizizz*.

Actividad 1.3 Búsqueda de Información a partir de las Unidades Temáticas de la Asignatura Analítica Experimental III

Es la última actividad de la primera fase. Se debe recolectar la información necesaria sobre la validación de métodos analíticos con base a lo descrito en el plan de estudios de la asignatura y a las unidades temáticas seguidas en el semestre. Esta etapa es la más importante de la fase 1 porque el diseño de la actividad lúdica propuesta se realiza a partir de la información seleccionada.

Fase 2 Diseño de la Propuesta Lúdica

Actividad 2.1 Planteamiento de los Objetivos, Recursos y Planeación Didáctica

En esta primera actividad se plantean los objetivos que queremos lograr con la propuesta lúdica. Se hace la planeación didáctica de la actividad, misma que permite la visualización de los objetivos, recursos, la infraestructura requerida para la aplicación y las estrategias de comunicación por seguir antes, durante y después de la aplicación de la actividad. En esta investigación, las cuatro actividades lúdicas fueron planteadas para ser realizadas en ambientes digitales debido a la pandemia de COVID-19 y el aislamiento social como medida sanitaria. Se debe mencionar que, si existe una deficiencia de información que no permita el avance del proceso, se debe regresar a la fase anterior para realizar los ajustes necesarios.

Actividad 2.2 Diseño de la Actividad Lúdica en la Plataforma Seleccionada

El establecimiento de los objetivos es fundamental porque a partir de los objetivos se selecciona la plataforma, la actividad, los recursos, los temas que cubriría la actividad y el material de apoyo necesario para su implementación. Las plataformas para ludificar contienen diversas actividades que permitirán alcanzar los objetivos propuestos. En el caso de esta investigación, Quizizz fue la plataforma lúdica seleccionada para el diseño de las actividades lúdicas 1, 3 y 4 porque se puede realizar un cuestionario con preguntas de diferentes estilos y con diferentes herramientas (los *power-up*, preguntas de redención, retroalimentación inmediata) que permite alcanzar los objetivos planteados para cada actividad (revisar Anexo B).

Actividad 2.3 Diseño de las Encuestas de Validación y de Opinión Estudiantil

Las encuestas de validación y de opinión estudiantil son redactadas con base a la actividad lúdica ya diseñada. En el caso de las encuestas de validación, se diseñan para evaluar la calidad de cada uno de los ítems que conforman a la propuesta lúdica a nivel redacción, contenido temático, dificultad percibida, entre otros elementos. En el caso de las encuestas de validación, estas se diseñan para conocer el grado de aceptación de la actividad lúdica, la dificultad percibida y las emociones generadas. En esta investigación, las encuestas de validación y de opinión estudiantil fueron diseñadas en la plataforma *Google Forms*.

Fase 3 Implementación de la Propuesta Lúdica

Actividad 3.1 Aplicación de la Encuesta de Validación a un Panel de Expertas en VMA

En esta actividad, la actividad lúdica propuesta es mostrada a un panel de expertas en el tema para que puedan validarla a través de la encuesta de validación. Esta actividad no sólo es importante para que la actividad didáctica sea válida, sino que permite identificar mejoras importantes que deben realizarse *antes* de aplicar la propuesta lúdica a los estudiantes. Debido a que es un proyecto del estilo investigación-acción, la aplicación de la encuesta de validación permite decidir si el ciclo de fases propuestas debe continuar o si se debe regresar a la fase anterior.

Actividad 3.3 Aplicación de la Actividad Lúdica Propuesta a los Estudiantes.

Esta es la actividad crucial de todo el ciclo y de la investigación. Los estudiantes resuelven la propuesta lúdica. Es la etapa en donde pueden ser identificados más errores, dificultades, mejoras y limitaciones; principalmente por causa de la infraestructura (conexión a internet, acceso a dispositivos móviles, suministro de energía, problemas en la plataforma) y por situaciones personales de cada estudiante que acceda a la actividad. Es la etapa más corta, pero es la más importante del ciclo. Las actividades propuestas en esta investigación fueron diseñadas para ser aplicadas en modalidad *a distancia* debido a la pandemia de

COVID-19, sin embargo, estas pueden ser aplicadas en las modalidades híbridas y presenciales.

Actividad 3.4 Aplicación de la Encuesta de Opinión Estudiantil

Esta actividad debe realizarse *inmediatamente* después de la actividad anterior para que los estudiantes tengan la impresión lo más reciente posible. La encuesta de opinión estudiantil permite a los estudiantes poder expresar sus preferencias e inconformidades que sintieron durante la aplicación de la actividad. Se debe mencionar que las encuestas de opinión estudiantil fueron anónimas para crear un ambiente de seguridad en los estudiantes para que puedan expresarse de manera libre sin temor a estar expuestos.

Fase 4 Evaluación de la Propuesta Lúdica

Actividad 4.1 Recolección de los resultados obtenidos en la actividad lúdica propuesta

Las plataformas lúdicas digitales permiten la recolección de los resultados de manera inmediata al terminar la aplicación de la actividad y pueden quedar guardados durante cierto tiempo. Si bien las plataformas digitales (en general, no sólo las plataformas lúdicas) pueden evaluar preguntas simples del estilo opción múltiple y similares, se debe mencionar que las plataformas tienen dificultades al reconocer si una respuesta es parcialmente correcta. En el caso de las preguntas abiertas y, debido a la complejidad que requiere responder este tipo de preguntas, las plataformas evalúan de manera errónea este tipo de preguntas dentro de los cuestionarios. Una manera de eliminar estas dificultades podría ser limitarse a hacer actividades lúdicas con preguntas de opción múltiple, verdadero o falso o con respuestas cerradas, sin embargo, emplear únicamente este tipo de preguntas podría generar que los estudiantes pierdan interés o que sientan que las actividades son *muy* similares.

Actividad 4.2 Recolección de los Resultados de la Encuesta de Opinión Estudiantil

Las encuestas de opinión estudiantil creadas en la plataforma *Google Forms* recolectan las respuestas enviadas por los estudiantes de manera automática. Esta plataforma despliega las respuestas en una hoja de cálculo donde se pueden ver las respuestas individuales ordenadas por la fecha y hora en la que la encuesta fue respondida y por cada pregunta individual. Algunas preguntas, como por ejemplo la pregunta del nivel de dificultad percibido (ver Anexo A, ejemplo de la encuesta de opinión estudiantil) son presentadas en una escala numérica (del 1 al 5), por lo que deben ser reinterpretadas dentro de los criterios más apropiados.

Actividad 4.3 Corrección y verificación de los resultados de la actividad lúdica

Los resultados de las actividades lúdicas deben ser corregidos de manera manual e individual debido a los problemas mencionados en la discusión de la Actividad 4.1 del ciclo de fases de este proyecto. Después de la corrección manual, se debe determinar el nivel de dificultad y el índice de discriminación de cada una de las preguntas que forman la actividad lúdica con base a las fórmulas presentadas en el apartado 11 (Backhoff, Larrazolo, & Rosas, 2000). Los resultados corregidos deben ser retroalimentados a los estudiantes para que puedan conocer sus errores reales y no los sobreestimados por la plataforma.

Actividad 4.4 Comparación de los Resultados

La comparación de los resultados de la actividad lúdica requiere el contraste de los resultados cuantitativos (aciertos, media, nivel de dificultad e índice de discriminación) con los resultados cualitativos (validación por las expertas en VMA y opinión de los estudiantes) para poder determinar si la actividad lúdica propuesta cumple con su objetivo didáctico y el objetivo de esta investigación. Los aciertos y la media grupal permiten evaluar los conocimientos de cada persona y del grupo escolar, mientras que el nivel de dificultad y el índice de discriminación permiten evaluar la calidad de cada pregunta con base a las respuestas de los estudiantes. Las encuestas de opinión estudiantil permiten conocer el grado de aceptación de la actividad, si se generó el estímulo para la adquisición de los conocimientos, si hay

correcciones por hacer a nivel redacción, ortografía, tiempo de respuesta, infraestructura y cómo sintieron la resolución de la actividad. En esta etapa se detectaron las siguientes tendencias:

- El panel de expertas en VMA y los estudiantes perciben la actividad con una mayor dificultad con respecto a la media de nivel de dificultad obtenida por los aciertos. Esto puede deberse a varios factores: el estrés residual causado por la actividad, temores e inseguridades intrínsecas de la población estudiantil, un rechazo a la actividad debido a problemas o situaciones que requirieron cuidado, entre otras.
- La motivación y las emociones positivas como felicidad, diversión y alegría disminuyen a medida que se van aplicando más actividades lúdicas, por lo que es recomendable cambiar las estrategias de aplicación de las actividades, dar diferentes recompensas o espaciar las actividades para que no sean resueltas en un lapso breve de tiempo.
- Las primeras actividades lúdicas implementadas son elogiadas por la plataforma, las recompensas y la dinámica, las últimas actividades implementadas son elogiadas por su contenido, material adicional, recursos y la mecánica de la plataforma.

Actividad 4.5 Toma de Decisión

A partir del análisis de los resultados cualitativos y cuantitativos, se debe decidir si la actividad lúdica propuesta cuenta con la calidad necesaria para poder ser una metodología activa implementable en los cursos futuros de Experimental III o si es una actividad que puede ser mejorada en un nivel que no modifique lo esencial de la actividad, como la plataforma, la dinámica o la mecánica planteada. Si la actividad no fue aceptada por los estudiantes y obtiene resultados que muestran que la actividad propuesta **no** cumple ni con los objetivos didácticos de la actividad lúdica ni con los objetivos de la investigación, la actividad debe entrar de nuevo en el ciclo, en la fase que sea necesaria. Dependiendo del criterio de las expertas que validaron la actividad y del docente que ya aplicó y evaluó la actividad, la propuesta lúdica puede ser desechada por completo o se puede partir de los elementos que tuvieron

un resultado apropiado. Se debe considerar que las actividades lúdicas tienen que ser evaluadas durante un periodo prolongado de tiempo para obtener una mayor cantidad de resultados y tomar una decisión lo más certera posible.

Conclusiones

1. *Diseñar actividades lúdicas novedosas y llamativas a través de plataformas digitales, enfocadas en promover interés en los estudiantes por la validación de métodos analíticos.*

Se diseñaron cuatro actividades lúdicas en las plataformas digitales *Quizizz* y *Educaplay*, las cuales mostraron ser novedosas para los estudiantes y lograron promover el interés de los estudiantes por la validación de métodos analíticos.

2. *Determinar si las actividades propuestas facilitaron la adquisición de conocimientos de validación de métodos analíticos.*

Se logró determinar que las actividades lúdicas propuestas facilitaron la adquisición de conocimientos de validación de métodos analíticos a través de la evaluación del puntaje medio de aciertos, el nivel de dificultad, el índice de discriminación y las encuestas de opinión estudiantil.

3. *Presentar una propuesta metodológica para el diseño, aplicación y evaluación de actividades lúdicas que faciliten la adquisición de conocimientos de validación de métodos analíticos a través de actividades lúdicas.*

Se presentó una propuesta metodológica con base al trabajo desarrollado en esta investigación a través de los semestres 2021-II, 2022-I y 2022-II. Esta propuesta del tipo investigación-acción consta de cuatro fases iterativas: 1. Búsqueda de Información, 2. Diseño de la Propuesta Lúdica, 3. Implementación de la Propuesta Lúdica y 4. Evaluación de la Propuesta Lúdica. Cada una de estas fases posibilitan el desarrollo, la validación, la evaluación y la mejora de la o las actividades lúdicas que se pretendan plantearse dentro de un ambiente escolar. A partir de la propuesta metodológica presentada, se podrán realizar futuras investigaciones en el área de la ludificación como herramienta neurodidáctica en ambientes escolares de nivel licenciatura en una asignatura experimental.

Objetivo general

Facilitar en los estudiantes la adquisición de conocimientos de validación de métodos analíticos a través de actividades lúdicas.

Los resultados obtenidos por las cuatro actividades lúdicas propuestas, así como las respuestas recolectadas en las encuestas de opinión estudiantil demostraron que las propuestas lúdicas lograron un impacto favorable en las emociones de los estudiantes, facilitando la adquisición de conocimientos de validación de métodos analíticos. Se propone continuar el estudio del impacto de las propuestas lúdicas a partir de la información recolectada, evaluada y desarrollada en este trabajo de investigación con una mayor población estudiantil, el nuevo ambiente escolar y el regreso a clases presenciales después de la pandemia de COVID-19.

Bibliografía

1. Alejaldre, L., & García, A. (2015). Gamificar: El Uso de los Elementos del Juego en la Enseñanza de Español. *L Congreso La Cultura Hispánica: de sus Orígenes al siglo XXI* (págs. 75-77). Burgos: Instituto Cervantes.
2. Alonso, M. (2009). La Planeación Didáctica. En *Cuadernos de Formación de Profesores N° 3: Teorías del Aprendizaje y la Planeación Didáctica*. Escuela Nacional Preparatoria 8 .
3. Anderson, L., Krathwohl, D., Airasian, P., Cruikshank, K., Richard, M., Pintrich, P., Wittrock, M. (2001). *A Taxonomy for Learning, Teaching and Assessing: Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives*. Nueva York: Addison Wesley Longman, Inc.
4. Araújo, I. (2016). Gamification: Metodologia para Envolver e Motivar Alunos no Processo de Aprendizagem. *Education in the Knowledge Society*, 96.
5. Aubin, C. (10 de Abril de 2020). *What is Neurodidactics?* Obtenido de Smartick: <https://www.smartick.com/blog/education/psychology/what-is-neurodidactics/>
6. Backhoff, E., Larrazolo, N., & Rosas, M. (2000). Nivel de dificultad y poder de discriminación del Examen de Habilidades y Conocimientos Básicos (EXHCOBA). *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 14-16.
7. Benavides, V., & Flores, R. (2019). La Importancia de las Emociones para la Neurodidáctica. *Wimb Lu*, 25-33.
8. Bermeo, J., Guerrero, J., & Rodríguez, A. (2018). Nuevos Estilos de Aprendizaje en el Proceso Enseñanza-Aprendizaje. En J. Guerrero, A. Rodríguez, & J. Facuy, *Herramientas Pedagógicas para un Proceso de Enseñanza Innovado* (págs. 36-48). Machala: Utmach.
9. Blohm, I., & Leimesister, J. (2013). Gamification Design of IT-Based Enhancing Services for Motivational Support and Behavioral Change. *Business and Information Systems Engineering*, 275-277.
10. Bonvin, G. (2018). Rôle de l'enseignant-e qui ludicise sa classe avec Classcraft. *Septièmes Rencontres Jeunes Chercheurs en EIAH* , 111-113. Obtenido de Laboratoire d'Innovation Pédagogique.
11. Caparrós, M. (2017). *Gamificación en Educación: Guía Práctica*. Obtenido de Tres Punto e-Learning: <https://www.trespuntoelearning.com/gamificacion-en-educacion-guia-practica/>
12. Castilla, G. (2015). *La Taxonomía de Bartle*. Obtenido de Creatividad en Blanco: <https://creatividadenblanco.com/la-taxonomia-de-bartle/>

13. Castro, S. (2020). *Teoría del Flow*. Obtenido de Instituto Europeo de Psicología Positiva: <https://www.iepp.es/teoria-del-flow/>
14. Catalayud, M. (2018). Hacia una cultura neurodidáctica de la evaluación. La percepción del alumnado universitario. *Revista Iberoamericana de Educación*, 67-85.
15. De la Barrera, M. L., & Donolo, D. (2009). Neurociencias y su Importancia en Contextos de Aprendizaje. *Revista Digital Universitaria*, 3-9.
16. Díez, J. (2019). *Quimicards: Enseñanza mediante gamificación en Educación Secundaria para la mejora del aprendizaje de la tabla periódica*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.
17. Écija, A. (2019). *EL Ministerio de la Química: propuesta gamificadora para la enseñanza de la Física y la Química en el tercer curso de la Educación Secundaria Obligatoria*. Murcia: Universidad Católica de Murcia.
18. Escobar, L., González, J., & Hernández, M. (2011). *Sistema de Recompensas Utilizados como medio de Motivación Intrínseca en los Empleados de las Empresas del área metropolitana de San Salvador*. Antiguo Cuscatlán: Universidad Dr. José Matías Delgado.
19. Fernández, H. (2019). *Economiatic*. Obtenido de Las 20 mejores aplicaciones de gamificación educativa: <https://economiatic.com/aplicaciones-de-gamificacion-educativa/>
20. Ferrando, M. (2015). *21. Los Objetivos Pedagógicos como Guías en el Proceso de Enseñanza-Aprendizaje*. Obtenido de Ined21: <https://ined21.com/los-objetivos-pedagogicos-como-guias-en-el-proceso-de-ensenanza-aprendizaje/>
21. Fleischmann, K., & Ariel, E. (2016). Gamification in Science Education: Gamifying Learning of Microscopic Processes in the Laboratory. *Contemporary Educational Technology*, 142-144.
22. Franch, A. (S.F.). *Introducción al Diseño de Videojuegos*. S.C.: Universitat Oberta de Catalunya.
23. González, A. (2005). La Física en 2005 y el Aprendizaje Significativo. *Revista Iberoamericana de Educación*, 1-5.
24. Hernández Sampieri, R., Fernández, C., & Baptista, M. (2014). *Metodología de la Investigación*. McGraw Hill Education.
25. Huc, P., & Vicent-Smith, B. (2017). *Qu'est-ce que la Neuroéducation?* Obtenido de Institut de Neurodidactique International: <https://www.neuroeducation-ini.fr/quest-ce-que-la-neuroeducation/>
26. Kapp, K. (2013). *Two Types of Gamification* Obtenido de Karl M. Kapp: <http://karlkapp.com/two-types-of-gamification/>

27. Le Maire, N., Dalcq, A.-C., Colaux-Castillo, C., Fauconnier, M.-L., & Verpoorten, D. (2017). Gamification croissante d'un quiz de chimie - Effets comparés sur la performance, la perception de compétence et l'état de flow. *Érudit*, 69-71.
28. López, I., Valdovinos de Yahya, A., Méndez, M., & Mendoza, V. (2009). El Sistema Límbico y las Emociones: Empatía en Humanos y Primates. *Psicología Iberoamericana*, 60-69.
29. Ludos Pro. (2019). *Gamificação: O Guia Definitivo*. Obtenido de Ludos Pro: <https://www.ludospro.com.br/blog/gamificacao-o-guia-definitivo>
30. Marache-Francisco, C., & Brangier, E. (2013). Process of Gamification. From The Consideration of Gamification To Its Practical Implementation. *CENTRIC 2013: The Sixth International Conference on Advances in Human oriented and Personalized Mechanisms, Technologies, and Services*, (págs. 1-4). Venecia.
31. Martins, L., & Maia, M. (30 de Noviembre de 2020). *Utilização da Gamificação no Ensino de Química Geral e Inorgânica*. Obtenido de Doity: <https://doity.com.br/anais/conexaounifametro2020/trabalho/169168>
32. Masson, S. (2007). Enseigner les sciences en s'appuyant sur la neurodidactique des sciences. En S. Masson, F. Potvin, & M. Riopel, *Regards multiples sur l'enseignement des sciences* (págs. 308-320). Montreal: Multimondes.
33. McGuire, J. (2019). EL Rol del Profesor dentro de la Perspectiva de la Neuroeducación. En L. Lluch, & I. Nieves de la Vega, *EL Ágora de la Neuroeducación* (págs. 203-207). Barcelona: Ediciones Octaedro.
34. Mechó, A. (2019). *Propuestas de Gamificación en la Asignatura de Física y Química*. Castelló: Universitat Jaume I.
35. Mellor, K., Coish, P., Brooks, B., Gallagher, E., Mills, M., Kavanagh, T., Anastas, P. (2018). The Safer Chemical Design Game- Gamification of Green Chemistry and Safer Chemical Design Concepts for High School and Undergraduate Students. *Green Chemistry and Reviews*, 103-110.
36. Mendoza, J., & Fernández, C. (2016). La Gamificación como Herramienta de Modificación de la Conducta. *I Congreso Internacional de Investigacion en Educacion y II Jornadas Divulgativa de Producción Intelectual de Profesores e Investigadores*, 1-10.
37. Menezes, G., Tarachucky, L., Pellizzoni, R., Perassi, R., Gonçalves, M., Gomez, L., & Fialho, F. (2014). Reforço e Recompensa: A Gamificação Tratada sob uma Abordagem Behaviorista. *Projetica*, 9-16.

38. Muñoz, S. (2020). *El Sistema Límbico y su Relación con la memoria y las emociones*. Obtenido de Psicoactiva: <https://www.psicoactiva.com/blog/sistema-limbico-anatomia-memoria-emociones/>
39. Opcionempleo. (2022). *Ofertas de empleo Analista de Validación*. Obtenido de opcionempleo: <https://www.opcionempleo.com.mx/empleo-analista-de-validacion.html>
40. Pedraz, J., & Rodríguez, I. (2016). *Teoría RAMP: gamificación, reconocimiento y recompensa*. Obtenido de Readlinfluencers: <https://www.realinfluencers.es/2016/04/06/reconocimiento-recompensa-las-dos-motivaciones/>
41. Pedraz, P. (2018). *Las Recompensas: esas grandes desconocidas*. Obtenido de Game Design: <https://www.alaluzdeunabombilla.com/2018/09/18/las-recompensas-esas-grandes-desconocidas/>
42. Pherez, G., Vargas, S., & Jerez, J. (2018). Neuroaprendizaje, una Propuesta Educativa: Herramientas para Mejorar La Praxis del Docente. *Civilizar Ciencias Sociales y Humanas*, 150-157.
43. Pinilla, A. (2019). *Estrategia de Gamificación 6D en el Desarrollo de la Habilidad Viso-Espacial en Niños de Preescolar*. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.
44. Quintanal, F. (2016). Gamificación y la Física-Química de Secundaria. *Education in the Knowledge Society*, 13-22.
45. Rajmohan, V., & Mohandas, E. (2007). The Limbic System. *Indian Journal of Psychiatry*, 132-139.
46. Sanz, M., & Vergara, Q. (2008). *Gamificació, una eina per transforma l'educació*. Badalona.
47. Serrat, N. (SA). *La Gamificació a l'Aula Universitària*. Barcelona: Universitat de Barcelona. Obtenido de Metodologies Actives i TIC.
48. Squire, L., Berg, D., Bloom, F., Du Lac, S., Ghosh, A., & Spitzer, N. (2008). *Fundamental Neuroscience*. California: Elsevier.
49. Wilson, L. (2016). Anderson and Krathwohl Bloom's Taxonomy Revised: Understanding the New Version of Bloom's Taxonomy. 1-7.

Anexo A

Ejemplo de la encuesta de opinión realizada a los participantes

En general...

	Pésimo	Malo	Medio	Buena	Excelente
Considero que el número de parejas (8) fue...	<input type="radio"/>				
Considero que la redacción de las parejas fue...	<input type="radio"/>				
Considero que el máximo número de errores permitidos (2) es...	<input type="radio"/>				

La actividad lúdica me pareció:

	1	2	3	4	5	
Nada divertida	<input type="radio"/>	Muy divertida				

El cuestionario fue...

	1	2	3	4	5	
Muy fácil	<input type="radio"/>	Muy difícil				

Los sentimientos que la actividad generó en mí fueron...

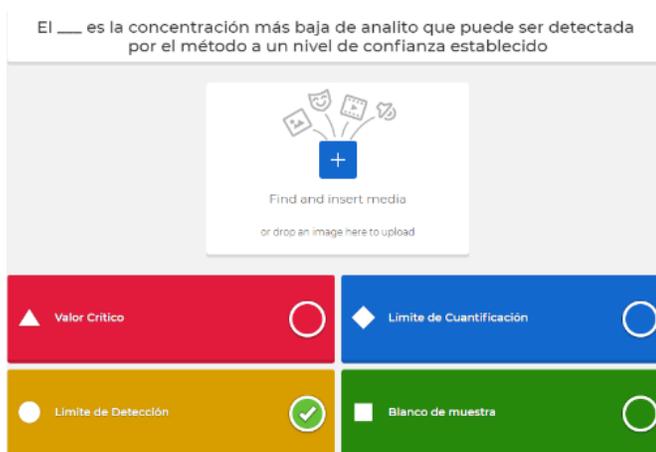
Lo que más me gustó de la actividad fue...

Lo que menos me gustó de la actividad fue...

Comentarios en general sobre la actividad lúdica

Ejemplo de la encuesta realizada al panel de expertas

Pregunta n:



En general...

	Pésima	Mala	Media	Buena	Excelente	No aplica
Considero que la pregunta es...	<input type="radio"/>					
Considero que la redacción de la pregunta es...	<input type="radio"/>					
Considero que la respuesta correcta de la pregunta es	<input type="radio"/>					
Considero que las respuestas distractoras son...	<input type="radio"/>					
El tiempo para responder esta pregunta es de 10 segundos. Considero que el tiempo para responder es...	<input type="radio"/>					

Considero que el nivel de dificultad de la pregunta n es...

	1	2	3	4	5	
Muy fácil	<input type="radio"/>	Muy difícil				

Comentarios en general sobre la pregunta n:

Anexo B

Planeación didáctica de la Actividad Lúdica 1

Asignatura	Analítica Experimental III
Nivel académico	Licenciatura
Temas abordados	<ul style="list-style-type: none"> • Parámetros de la VMA. • Definiciones Características principales • Fórmulas implicadas Consideraciones experimentales a tomar en cuenta para su estimación
Título	<i>Los Parámetros de Desempeño a Contratiempo</i>
Duración	30 minutos máximo
Planeación de la actividad de aprendizaje	
Objetivo	Consolidar los conocimientos de los Parámetros de Desempeño de un método analítico.
Organización	Los estudiantes resolverán el cuestionario de manera individual.
Recursos	Dispositivos con acceso a internet (computadora, teléfono inteligente, tableta, etc.).
Descripción de actividades	El cuestionario será respondido de manera sincrónica a través de la plataforma <i>Quizizz</i> .
Producto solicitado:	Cuestionario respondido en el tiempo establecido.
Evaluación	Evaluación inmediata con base en el número de aciertos obtenidos.
Ambiente Virtual	
Indique qué ambiente virtual utilizará	Se utilizará la plataforma digital <i>Quizizz</i> debido a que se pueden generar cuestionarios con diferentes tipos de preguntas (abiertas, cerradas, de opción múltiple, etc.). El cuestionario fue desarrollado a contrarreloj con recompensas si se responde de manera correcta continuamente.
Estrategias de comunicación	
Estrategia de Comunicación	Estrategias de comunicación sincronas Durante la sesión de clase se explicó la mecánica de la actividad lúdica, así como su aplicación. En caso de que un estudiante haya tenido problemas durante la aplicación de cada actividad lúdica, notificó al profesor para encontrar soluciones.
	Estrategias de comunicación asincronas En caso de un problema, los estudiantes podrán comunicarse vía correo electrónico con el profesor para exponer sus dudas, aclarar situaciones o buscar soluciones dependiendo de la naturaleza del problema.
	Mensajes para los/las estudiantes De manera sincrónica se le hizo saber a los estudiantes que se realizaría una actividad lúdica sobre los temas revisados recientemente. Se les recordó que, si ocurre algún problema o situación imprevista durante la aplicación de la actividad correspondiente, el profesor respondería de la manera más adecuada posible para atender los problemas surgidos.

Ficha Canvas para la Actividad Lúdica 1

Modelo de Gamificación Canvas

Diseñado para: [Analítica Experimental III](#) Fecha:

Nombre del proyecto: [Los Parámetros de Desempeño a Contratiempo](#)
 Diseñado por: [Juan Felipe Barrón Sierra](#) Iteración:

<p>Plataforma </p> <p>Se empleará la plataforma Quizizz en su versión gratuita, disponible para cualquier dispositivo con acceso a internet (computadora, smartphone, tableta, etc.)</p>	<p>Mecánica </p> <p>Los estudiantes responden la actividad lúdica y reciben recompensas por responder bien. Quizizz ofrece retroalimentación instantánea.</p>	<p>Dinámica </p> <p>Los estudiantes responden la actividad lúdica. Cuando tienen varios aciertos, reciben recompensas para tener ciertos beneficios en las preguntas que restan por responder. Quizizz asigna un puntaje a partir de los aciertos y la velocidad de respuesta, siendo el primer lugar de la tabla de posiciones quien haya tenido más aciertos en el menor tiempo posible.</p>	<p>Estética </p> <p>Los elementos estéticos de la actividad son proporcionados por la plataforma de Quizizz, desde los emoticones para cada participante hasta la presentación de las preguntas.</p>	<p>Participantes </p> <p>Estudiantes de 8vo semestre de la carrera de Química, UNAM. Como formación previa tienen lo visto en las asignaturas de AEI, AEII, Analítica Instrumental I y II, así como el conocimiento de otras áreas de la Química. Tienen habilidades computacionales básicas-intermedias. No están familiarizados con el uso de Quizizz como plataforma digital educativa. Tienen al menos un dispositivo con acceso a internet.</p>
<p>Costos </p> <p>Se utilizó la versión gratuita de Quizizz. El tiempo invertido para el desarrollo de la actividad fue de aproximadamente 4–6 horas.</p>	<p>Recompensas </p> <ul style="list-style-type: none"> Recompensas dadas por la plataforma Quizizz por responder correctamente. Consolidar el aprendizaje de los conceptos de los parámetros de desempeño, definiciones, características principales y consideraciones experimentales a tomar en cuenta. Recompensas emocionales (satisfacción, placer, diversión) al desarrollar la actividad. 			
<p>Componentes </p> <ul style="list-style-type: none"> Nombre personalizable. Tabla de posiciones. Cuestionario cronometrado. Recompensas (power up). Podio a los primeros tres lugares. 	<p>Comportamiento </p> <p>Los estudiantes elegirán la opción correcta contra reloj, por lo que se esperan sentimientos de estrés, competitividad y presión. Las recompensas traerán emociones como felicidad, superación y éxito.</p>			

Planeación didáctica de la Actividad Lúdica 2

Asignatura	Análítica Experimental III
Nivel académico	Licenciatura
Temas abordados	<ul style="list-style-type: none"> • Parámetros de la VMA • Definiciones Características principales • Fórmulas implicadas y consideraciones experimentales a tomar en cuenta para su estimación
Título	<i>El Formulario de la VMA</i>
Duración	10 minutos máximo
Planeación de la actividad de aprendizaje	
Objetivo	Reforzar el aprendizaje de las ecuaciones y operaciones necesarias para el cálculo de los parámetros empleados en la validación de métodos analíticos.
Organización	Individual.
Recursos	Dispositivos con acceso a internet (computadora, teléfono inteligente, tableta, etc.).
Descripción de actividades	El mosaico será respondido de manera individual y sincrónica a través de la plataforma <i>educaplay</i> .
Producto solicitado:	Mosaico respondido.
Evaluación	Evaluación inmediata con base en el número de aciertos obtenidos.
Ambiente Virtual	
Indique qué ambiente virtual utilizará	Se utilizará la plataforma <i>educaplay</i> , la cual permite crear diferentes actividades lúdicas. El mosaico consiste en encontrar las parejas de ítems en un estilo similar a "relación de columnas" y "memorama".
Estrategias de comunicación	
Estrategia de Comunicación	Estrategias de comunicación síncronas En la sesión previa a realizar la actividad, se les comentará a los estudiantes sobre el mosaico y la fecha de entrega.
	Estrategias de comunicación asíncronas En caso de un problema, los estudiantes podrán comunicarse vía correo electrónico con el profesor para exponer sus dudas, aclarar situaciones o buscar soluciones dependiendo de la naturaleza del problema.
	Mensajes para los/las estudiantes De manera sincrónica se le hizo saber a los estudiantes que se realizaría una actividad lúdica sobre los temas revisados recientemente. Se les recordó que, si ocurre algún problema o situación imprevista durante la aplicación de la actividad correspondiente, el profesor respondería de la manera más adecuada posible para atender los problemas surgidos.

Ficha Canvas para la Actividad Lúdica 2

Modelo de Gamificación Canvas

Diseñado para: [Analítica Experimental III](#) Fecha:

Diseñado por: [Juan Felipe Barrón Sierra](#) Iteración:

Nombre del proyecto: [El Formulario de la VMA](#)

<p>Plataforma </p> <p>Se empleará la plataforma Educaplay en su versión gratuita, disponible para cualquier dispositivo con acceso a internet (computadora, smartphone, tableta, etc.)</p>	<p>Mecánica </p> <p>Los estudiantes resuelven la actividad lúdica a partir del formulario con los parámetros de desempeño solicitado.</p>	<p>Dinámica </p> <p>Los estudiantes responden la actividad lúdica. Deberán juntar la fórmula del parámetro de desempeño con su definición a partir del formulario solicitado. Sólo tienen permitido tener dos errores por aplicación. Si el estudiante tiene más de dos errores, deberá comenzar de nuevo la actividad.</p>	<p>Estética </p> <p>Los elementos estéticos de la actividad son proporcionados por la plataforma de Educaplay.</p>	<p>Participantes </p> <p>Estudiantes de 8vo semestre de la carrera de Química, UNAM. Como formación previa tienen lo visto en las asignaturas de AEI, AEII, Analítica Instrumental I y II, así como el conocimiento de otras áreas de la Química. Tienen habilidades computacionales básicas-intermedias. No están familiarizados con el uso de Educaplay como plataforma digital educativa. Tienen al menos un dispositivo con acceso a internet.</p>
<p>Costos </p> <p>Se utilizó la versión gratuita de Quizizz. El tiempo invertido para el desarrollo de la actividad fue de aproximadamente 2-4 horas.</p>	<p>Recompensas </p> <ul style="list-style-type: none"> • Revisar las fórmulas involucradas en la VMA. • Reforzar el aprendizaje de las ecuaciones involucradas para el cálculo de los parámetros empleados en la VMA. • Recompensas emocionales (satisfacción, placer, diversión) al desarrollar la actividad. 			<p>Comportamiento </p> <p>Los estudiantes elegirán la pareja contra reloj, por lo que se esperan sentimientos de estrés, competitividad y presión. Las recompensas traerán emociones como felicidad, superación y éxito.</p>

Planeación didáctica de la Actividad Lúdica 3

Asignatura	Análítica Experimental III
Nivel académico	Licenciatura
Temas abordados	<ul style="list-style-type: none"> • Selección, desarrollo e implementación de métodos analíticos. • Introducción a la Validación de Métodos Analíticos. <ul style="list-style-type: none"> ○ Componentes y Herramientas de la VMA. ○ Parámetros de la VMA. • Manejo e interpretación de datos de validación de métodos analíticos.
Título	<i>¿Qué tanto sabes sobre la Validación de Métodos Analíticos?</i>
Duración	90 minutos máximo
Planeación de la actividad de aprendizaje	
Objetivo	Consolidar los conocimientos adquiridos sobre validación de métodos analíticos (VMA).
Organización	Los estudiantes resolverán el cuestionario de manera individual o en equipos.
Recursos	Dispositivos con acceso a internet (computadora, teléfono inteligente, tableta, etc.).
Descripción de actividades	El cuestionario será respondido de manera sincrónica a través de la plataforma Quizizz.
Producto solicitado:	Cuestionario respondido en el tiempo establecido. Base de datos con los cálculos requeridos.
Evaluación	Evaluación inmediata con base en el número de aciertos obtenidos.
Ambiente Virtual	
Indique qué ambiente virtual utilizará	Se utilizará la plataforma digital Quizizz debido a que se pueden generar cuestionarios con diferentes tipos de preguntas (abiertas, cerradas, de opción múltiple, etc.). El cuestionario fue desarrollado a contrarreloj con recompensas si se responde de manera correcta continuamente.
Estrategias de comunicación	
Estrategia de Comunicación	Estrategias de comunicación síncronas Durante la sesión de clase se explicó la mecánica de la actividad lúdica, así como su aplicación. En caso de que un estudiante haya tenido problemas durante la aplicación de cada actividad lúdica, notificó al profesor para encontrar soluciones.
	Estrategias de comunicación asíncronas Durante la actividad a desarrollar, el profesor estuvo al pendiente del correo electrónico por si algún estudiante llegase a tener dudas, problemas o comentarios al momento de abrir la plataforma, entrar al cuestionario o durante el desarrollo de la actividad.
	Mensajes para los/las estudiantes De manera sincrónica se le hizo saber a los estudiantes que se realizaría una actividad lúdica sobre los temas revisados. Se les recordó que al ocurrir un problema durante la aplicación de la actividad correspondiente, el profesor respondería de la manera más adecuada posible para atender los problemas surgidos.

Ficha Canvas para la Actividad Lúdica 3

Modelo de Gamificación Canvas

Diseñado para: [Analítica Experimental III](#) Fecha:

Diseñado por: [Juan Felipe Barrón Sierra](#) Iteración:

Nombre del proyecto: [¿Qué tanto sabes de la Validación de Métodos...](#)

<p>Plataforma </p> <p>Se empleará la plataforma Quizizz en su versión gratuita, disponible para cualquier dispositivo con acceso a internet (computadora, smartphone, tableta, etc.)</p>	<p>Mecánica </p> <p>Los estudiantes responden la actividad lúdica y reciben recompensas por responder bien. Quizizz ofrece retroalimentación instantánea.</p>	<p>Dinámica </p> <p>Los estudiantes responden la actividad lúdica. Cuando tienen varios aciertos, reciben recompensas para tener ciertos beneficios en las preguntas que restan por responder. Quizizz asigna un puntaje a partir de los aciertos y la velocidad de respuesta, siendo el primer lugar de la tabla de posiciones quien haya tenido más aciertos en el menor tiempo posible.</p>	<p>Estética </p> <p>Los elementos estéticos de la actividad son proporcionados por la plataforma de Quizizz, desde los emoticones para cada participante hasta la presentación de las preguntas.</p>	<p>Participantes </p> <p>Estudiantes de 8vo semestre de la carrera de Química, UNAM. Como formación previa tienen lo visto en las asignaturas de AEI, AEII, Analítica Instrumental I y II, así como la parte teórica del curso de Analítica Experimental III, desde la introducción a la VMA hasta el Taller de Manejo de Datos. Tienen habilidades computacionales básicas-intermedias. Familiarizados con la plataforma Quizizz. Tienen al menos un dispositivo con acceso a internet.</p>
<p>Costos </p> <p>Se utilizó la versión gratuita de Quizizz. El tiempo invertido para el desarrollo de la actividad fue de aproximadamente 6-8 horas.</p>	<p>Recompensas </p> <ul style="list-style-type: none"> • Recompensas dadas por la plataforma Quizizz por responder correctamente. • Consolidar el conocimiento adquirido sobre la Validación de Métodos Analíticos. • Recompensas emocionales (satisfacción, placer, diversión) al desarrollar la actividad. 			
<p>Componentes </p> <ul style="list-style-type: none"> • Nombre personalizable. • Tabla de posiciones. • Cuestionario cronometrado. • Recompensas (power up). • Podio a los primeros tres lugares. 	<p>Comportamiento </p> <p>Los estudiantes elegirán la opción correcta contra reloj, por lo que se esperan sentimientos de estrés, competitividad y presión. Las recompensas traerán emociones como felicidad, superación y éxito.</p>			

Planeación didáctica de la actividad lúdica 4

Asignatura	Análítica Experimental III
Nivel académico	Licenciatura
Unidad temática	<ul style="list-style-type: none"> • Selección, desarrollo e implementación de métodos analíticos. • Introducción a la Validación de Métodos Analíticos. <ul style="list-style-type: none"> ○ Componentes y Herramientas de la VMA. ○ Parámetros de la VMA. • Manejo e interpretación de datos de validación de métodos analíticos.
Título	<i>El Último Reto de la VMA</i>
Duración	60 minutos máximo
Planeación de la actividad de aprendizaje	
Objetivo	Consolidar los conocimientos adquiridos durante el curso de Análítica Experimental III.
Organización	Los estudiantes resolverán el cuestionario de manera individual.
Recursos	Dispositivos con acceso a internet (computadora, teléfono inteligente, tableta, etc.).
Descripción de actividades	El cuestionario será respondido de manera sincrónica a través de la plataforma Quizizz.
Producto solicitado:	Cuestionario respondido en el tiempo establecido. Base de datos con los cálculos requeridos.
Evaluación	Evaluación inmediata con base en el número de aciertos obtenidos.
Ambiente Virtual	
Indique qué ambiente virtual utilizará	Se utilizará la plataforma digital Quizizz debido a que se pueden generar cuestionarios con diferentes tipos de preguntas (abiertas, cerradas, de opción múltiple, etc.). El cuestionario fue desarrollado a contrarreloj con recompensas si se responde de manera correcta continuamente.
Estrategias de comunicación	
Estrategia de Comunicación	Estrategias de comunicación síncronas Durante la sesión de clase se explicó la mecánica de la actividad lúdica, así como su aplicación. En caso de que un estudiante haya tenido problemas durante la aplicación de cada actividad lúdica, notificó al profesor para encontrar soluciones.
	Estrategias de comunicación asíncronas Durante la actividad a desarrollar, el profesor estuvo pendiente del correo electrónico por si algún estudiante llegase a tener dudas, problemas o comentarios al momento de abrir la plataforma, entrar al cuestionario o durante el desarrollo de la actividad.
	Mensajes para los/las estudiantes De manera sincrónica se le hizo saber a los estudiantes que se realizaría una actividad lúdica sobre los temas revisados recientemente. Se les recordó que, si ocurre algún problema o situación imprevista durante la aplicación de la actividad correspondiente, el profesor respondería de la manera más adecuada posible para atender los problemas surgidos.

Ficha Canvas para la Actividad Lúdica 4

Modelo de Gamificación Canvas

Diseñado para: [Analítica Experimental III](#) Fecha:

Diseñado por: [Juan Felipe Barrón Sierra](#) Iteración:

Nombre del proyecto: [El Último Reto de la VMA](#)

<p>Plataforma </p> <p>Se empleará la plataforma Quizizz en su versión gratuita, disponible para cualquier dispositivo con acceso a internet (computadora, smartphone, tableta, etc.)</p>	<p>Mecánica </p> <p>Los estudiantes responden la actividad lúdica y reciben recompensas por responder bien. Quizizz ofrece retroalimentación instantánea.</p>	<p>Dinámica </p> <p>Los estudiantes responden la actividad lúdica. Cuando tienen varios aciertos, reciben recompensas para tener ciertos beneficios en las preguntas que restan por responder. Quizizz asigna un puntaje a partir de los aciertos y la velocidad de respuesta, siendo el primer lugar de la tabla de posiciones quien haya tenido más aciertos en el menor tiempo posible.</p>	<p>Estética </p> <p>Los elementos estéticos de la actividad son proporcionados por la plataforma de Quizizz, desde los emoticones para cada participante hasta la presentación de las preguntas.</p>	<p>Participantes </p> <p>Estudiantes de 8vo semestre de la carrera de Química, UNAM. Como formación previa tienen lo visto en las asignaturas de AEI, AEII, Analítica Instrumental I y II, así como el curso concluido de Analítica Experimental III. Tienen habilidades computacionales básicas-intermedias. Familiarizados con la plataforma Quizizz. Tienen al menos un dispositivo con acceso a internet.</p>
<p>Costos </p> <p>Se utilizó la versión gratuita de Quizizz. El tiempo invertido para el desarrollo de la actividad fue de aproximadamente 4-6 horas.</p>	<p>Recompensas </p> <ul style="list-style-type: none"> • Recompensas dadas por la plataforma Quizizz por responder correctamente. • Consolidar el conocimiento adquirido durante el curso de Analítica Experimental III. • Recompensas emocionales (satisfacción, placer, diversión) al desarrollar la actividad. 			
<p>Comportamiento </p> <p>Los estudiantes elegirán la opción correcta contra reloj, por lo que se esperan sentimientos de estrés, competitividad y presión. Las recompensas traerán emociones como felicidad, superación y éxito.</p>				

Anexo C

Resultados de la Validación para la Actividad Lúdica 1 *Los Parámetros de Desempeño a Contratiempo*

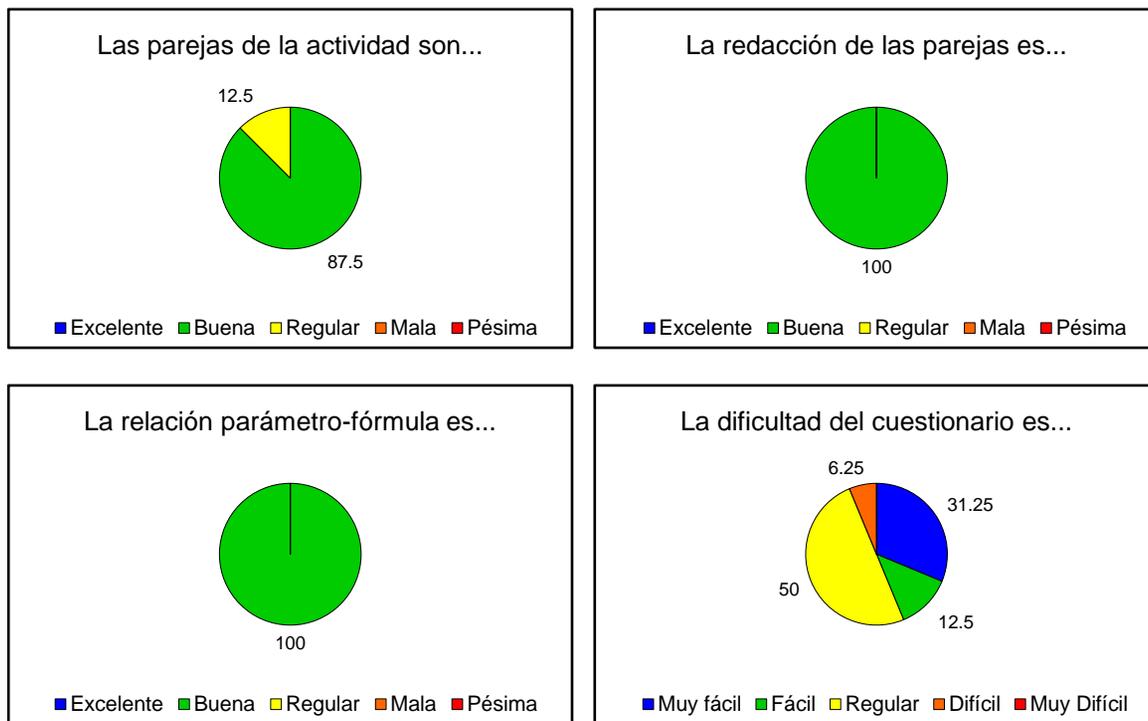
De acuerdo con la opinión de **tres** expertas en la validación de los métodos analíticos, se determinó que:



Como comentarios particulares para cada pregunta, las expertas recomendaron aumentar el tiempo de respuesta en la pregunta 2, cuidar la redacción y puntuación de las preguntas 3 y 4 y hacer modificaciones en las respuestas distractoras de las preguntas 11, 12 y 16.

Resultados de la Validación para la Actividad Lúdica 2 *El Formulario de la VMA*

De acuerdo con la opinión de **dos** expertas en la validación de los métodos analíticos, se determinó que:



Como comentarios particulares para cada pareja, las expertas consideraron que colocar las siglas del límite de detección (LOD) y el límite de cuantificación (LOQ) podían ser interpretadas como una ventaja.

Resultados de la Validación para la Actividad Lúdica 3 ¿Qué tanto sabes de la Validación de Métodos Analíticos?

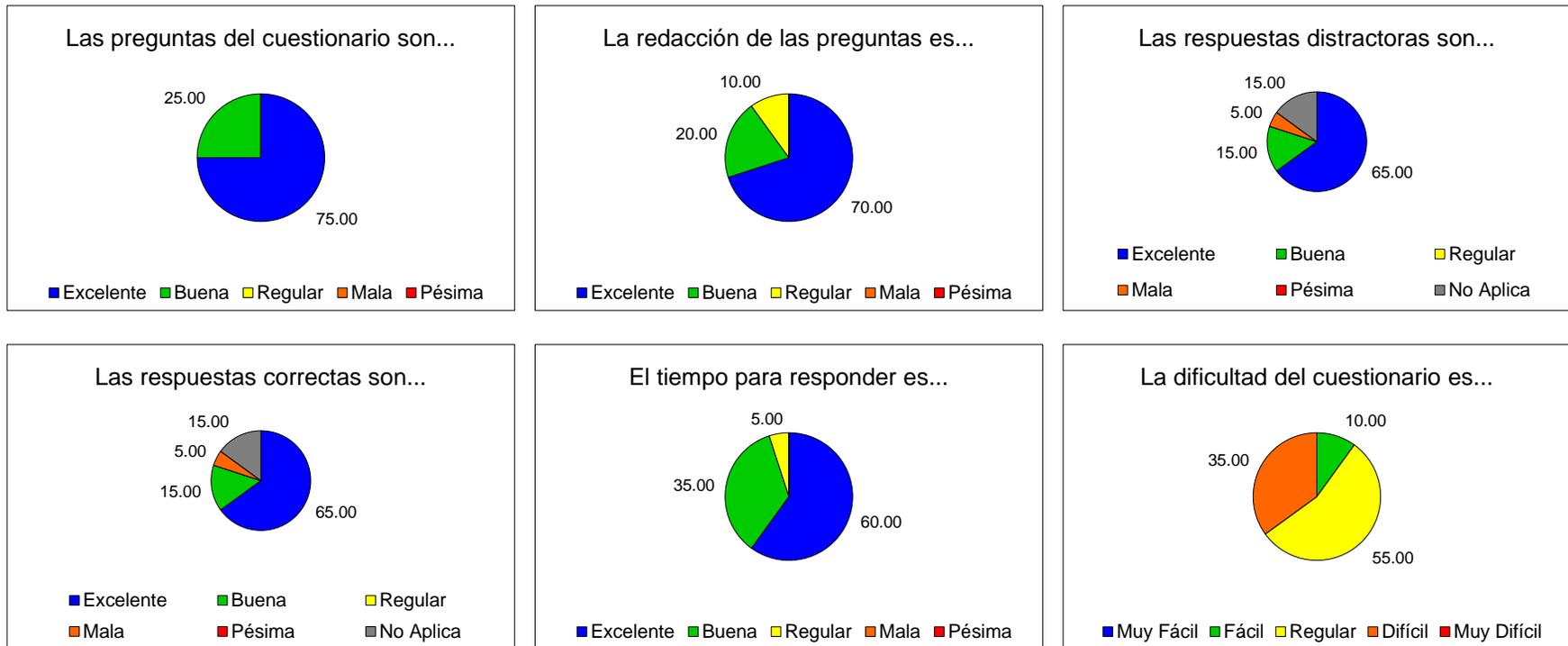
De acuerdo con la opinión de **dos** expertas en la validación de los métodos analíticos, se determinó que:



Sobre la hoja de datos, las expertas determinaron que la hoja de datos tuvo una claridad media y los datos propuestos fueron adecuados. Como comentarios particulares para cada pregunta, las expertas recomendaron cuidar la redacción y puntuación de las preguntas 1, 2, 3, 4, 6, 9, 12 y 13. En el caso de las preguntas de problemas prácticos, sugirieron redacciones más cortas y concisas para evitar confundir a los estudiantes.

Resultados de la Validación para la Actividad Lúdica 4 *El Último Reto de la VMA*

De acuerdo con la opinión de **dos** expertas en la validación de los métodos analíticos, se determinó que:

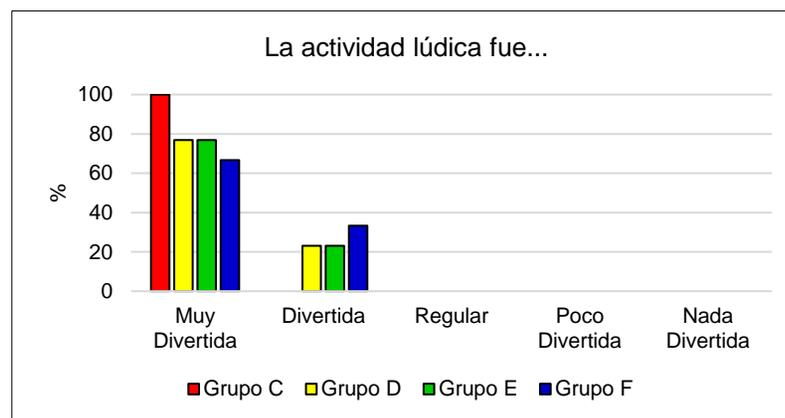
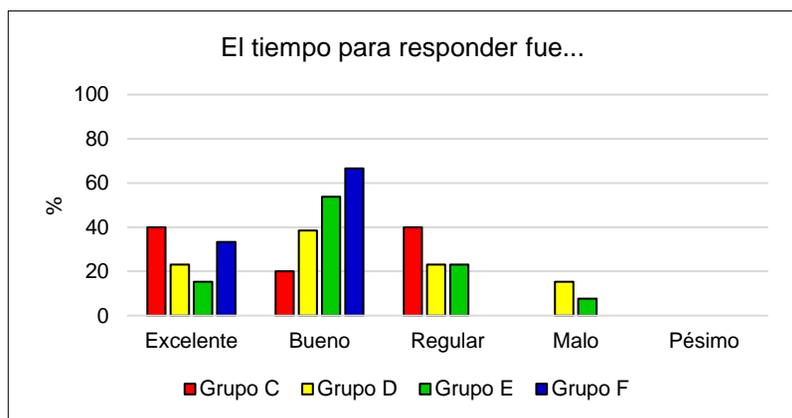
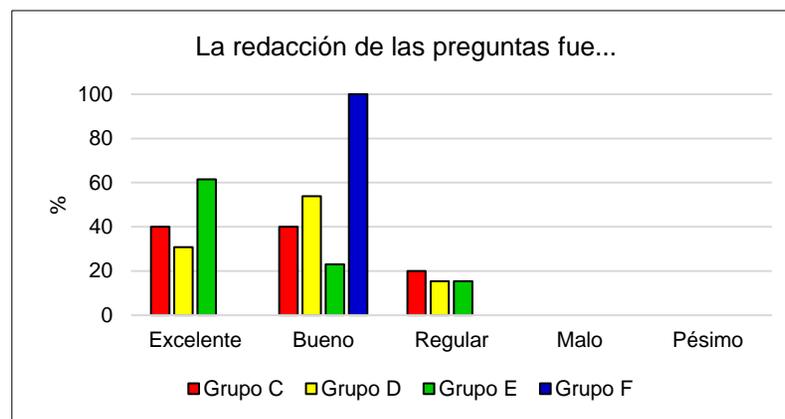
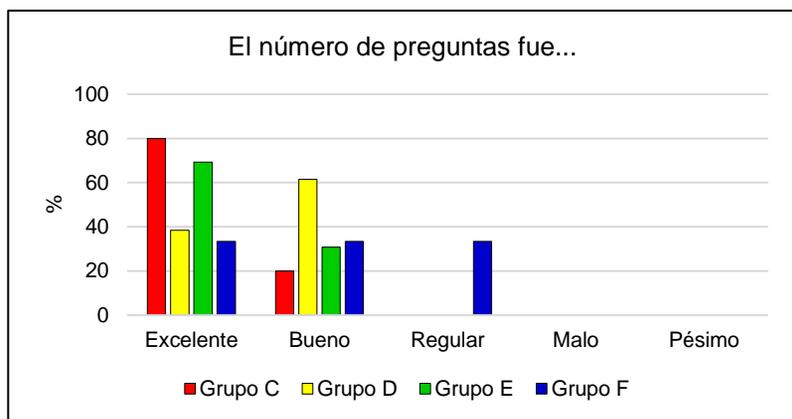


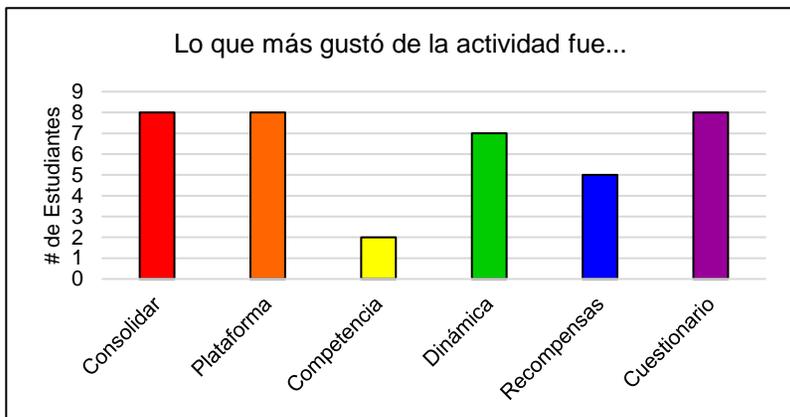
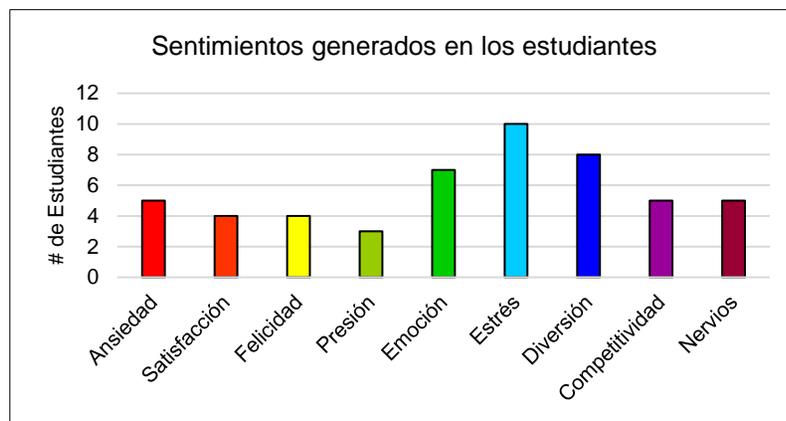
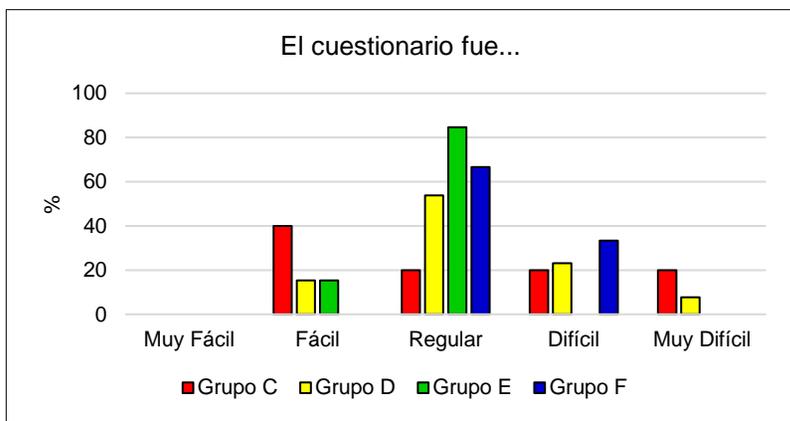
Sobre la hoja de datos, las expertas determinaron que la hoja de datos tuvo una claridad media y los datos propuestos fueron predominantemente adecuados. Como comentarios particulares para cada pregunta, las expertas recomendaron especificar el procedimiento a realizar en la pregunta 5, reformular las respuestas en la pregunta 6 y cuidar la redacción de la pregunta 8 y 9.

Anexo D

Resultados de las encuestas de opinión estudiantil para la Actividad Lúdica 1 *Los Parámetros de Desempeño a Contratiempo*

De acuerdo con la opinión de los estudiantes encuestados, se determinó que:



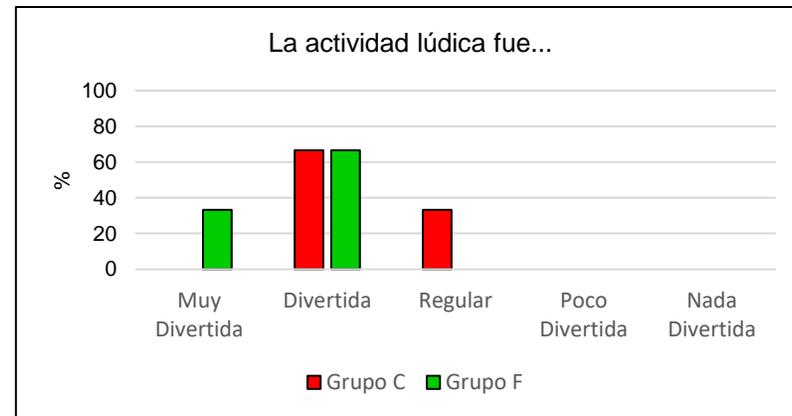
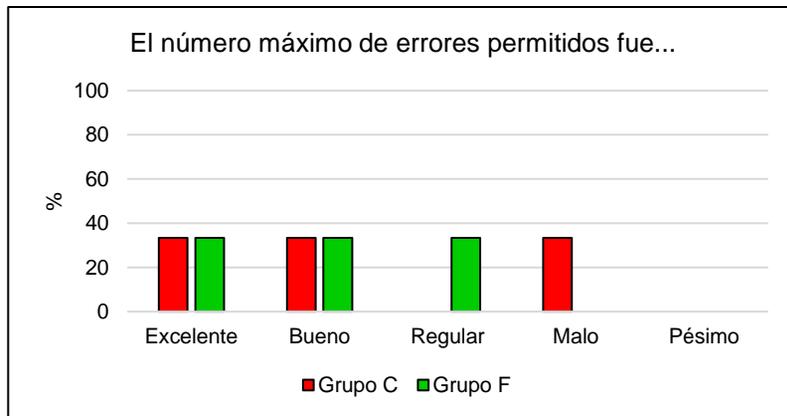
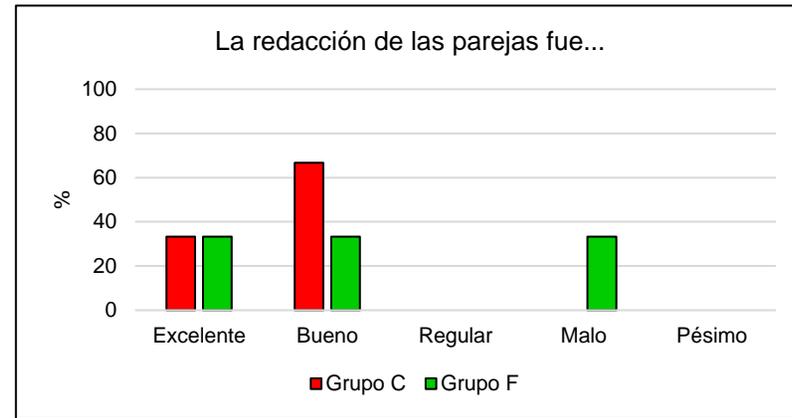
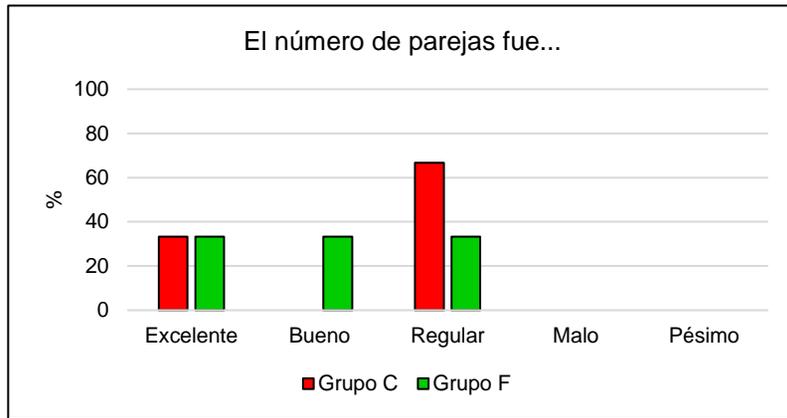


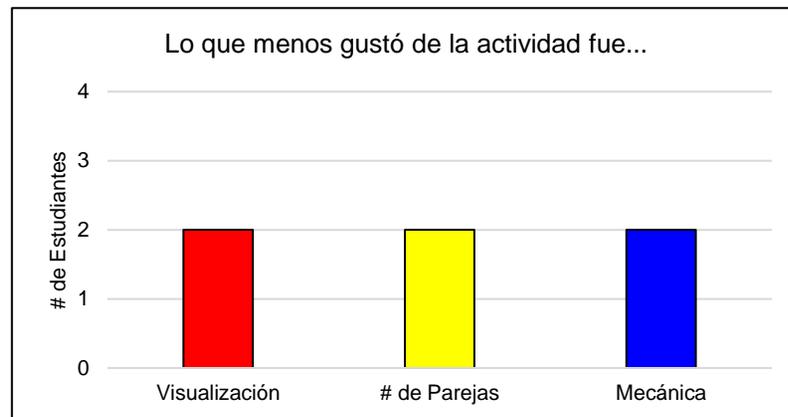
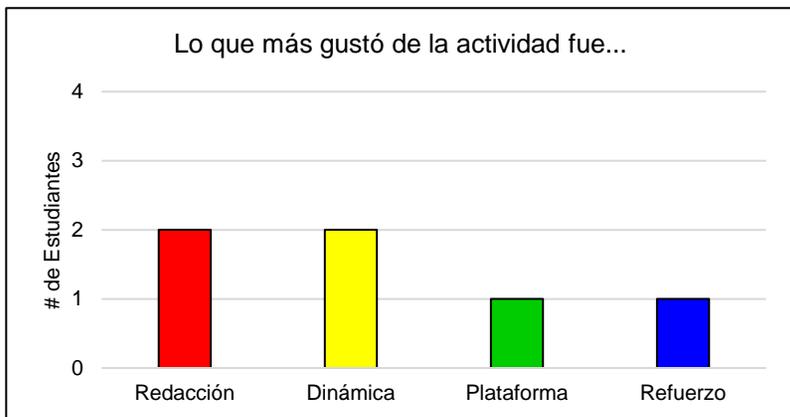
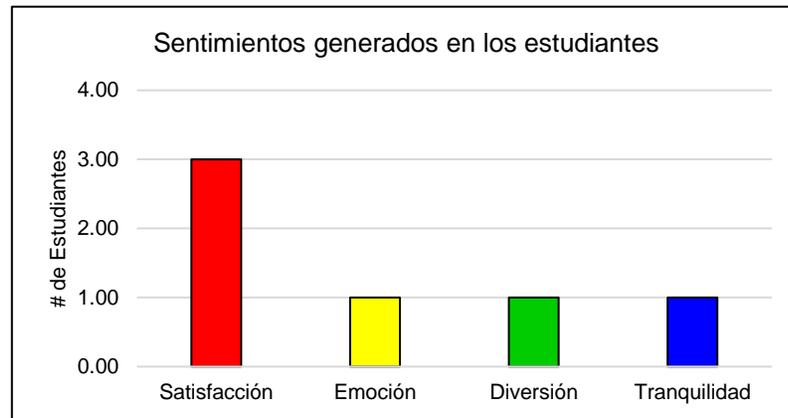
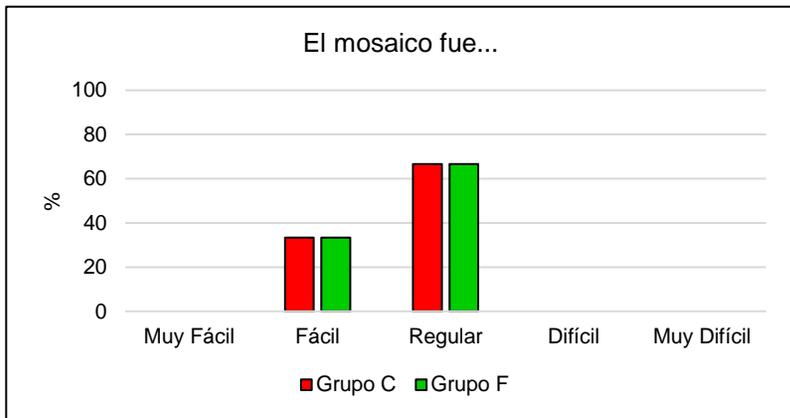
Grupo	Comentarios Finales
C	Me hubiera gustado tener un poco más de tiempo en algunas preguntas, pero me ayudó mucho para saber qué es lo que tengo que reforzar del tema.
	Muy didáctica, visual y de competencia para reforzar los conocimientos que se vieron en clase.
	Me encanta Kahoot, estaría genial seguir haciendo este tipo de ejercicios.
	Podría agregar un ejercicio práctico al final donde nos permita identificar los parámetros.
	Creo que fue divertida y útil.

D	Me gustó mucho y espero que haya más de este tipo de actividades para poder estudiar de nuevas formas.
	Muy bien. Muchas gracias.
	Me parece una buena idea.
	Muy divertida, sirve para darse cuenta de que se están entendiendo los conceptos.
	Creo que ayuda mucho para poder revisar las preguntas que tuvimos dudas.
	Buena dinámica.
	Me gustó mucho, sólo que la próxima vez me quitaré los audífonos para no escuchar la música
	Me gustó mucho, solo que sentí que el tiempo era muy poco.
	En general, me gustó mucho
	Me gustó mucho, pero sentí un poco de estrés por quedar en un mejor lugar.
E	Me gustaría que hubiera más actividades así.
	Muy poco tiempo por pregunta y el tic tac me estresa.
	Estuvo divertida, el hecho de que sea un juego quita presión en caso de que nos equivoquemos.
	Buena.
	Muy buena.
	Muy buena. Creo que sería interesante hacer algo así en todas las clases antes de los exámenes, en una forma lúdica y no con una calificación de por medio.
	Estuvo bastante bien, ojalá hubiese de estos cuestionarios en todas las materias para reforzar conocimientos durante el transcurso del semestre.
	Me gustó mucho. Siento que es diferente, que todos podemos participar y que no hay como esa tendencia a que nos dé vergüenza, es divertido y muy útil. Yo pensé que me iba a ir muy mal y me sorprendí con mis conocimientos.
	Estaría bien incluir preguntas más de análisis sobre los conceptos y el saber aplicarlos/diferenciar, en vez de que todas las preguntas sean memoria nada más.
	Estuvo muy divertida, apreciaría que se realizaran actividades de este estilo durante del semestre
	Me gusto y creo que es una buena implementación en herramientas para la clase y que tengamos una idea de cómo estamos entendiendo los conceptos y es una buena competencia entre compañeros.
	Espero más actividades como esta, me "motivan" a estudiar más y no volver a estar en los últimos lugares.
	Me hubiera gustado que te dejase hacer una revisión final con las respuestas correctas de todas las preguntas con una señal de en cuales te equivocaste.
Pues fue de mi agrado. Los cuestionarios pueden ser útiles para repasar.	
E	Este tipo de actividades me ponen nerviosa y me desconcentraba al ver el tiempo, tuve que leer varias veces las preguntas.
	Fue una actividad súper divertida y me gustó que me sirvió para reafirmar algunos conceptos de la clase y ver si los estoy entendiendo. Hacen estas actividades que experimental sea menos estresante.
	En general la actividad es buena; en cuanto a la redacción de las preguntas y como el hacerla atractiva con comodines.
	Creativa.
	Me gusta que no sólo se enfoquen en un tipo de dinámica para las actividades.

Resultados de las encuestas de opinión estudiantil para la Actividad Lúdica 2 *El Formulario de la VMA*

De acuerdo con la opinión de los estudiantes encuestados, se determinó que:

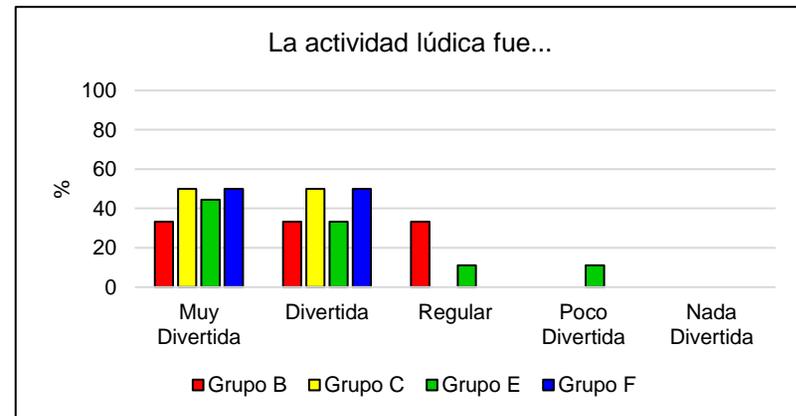
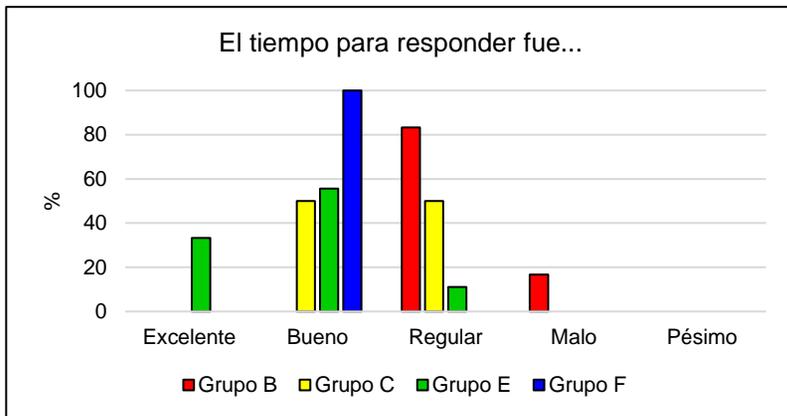
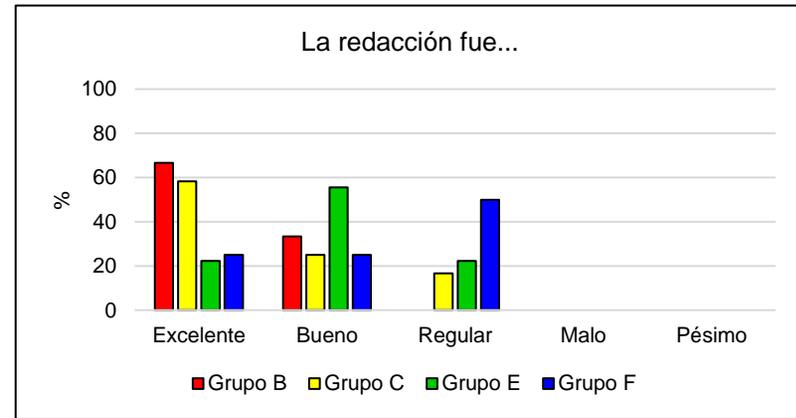
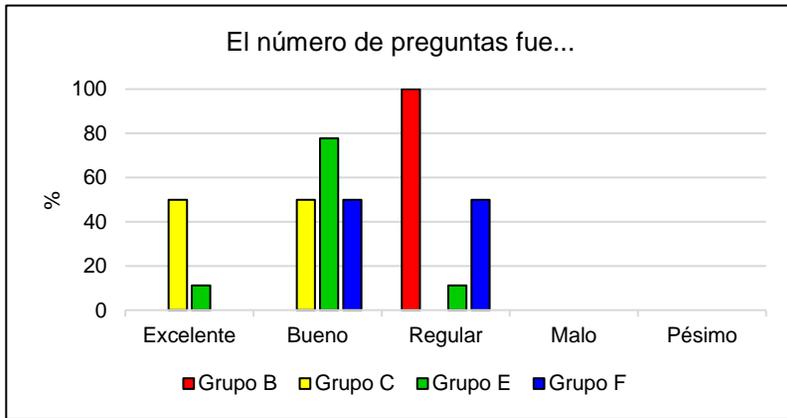


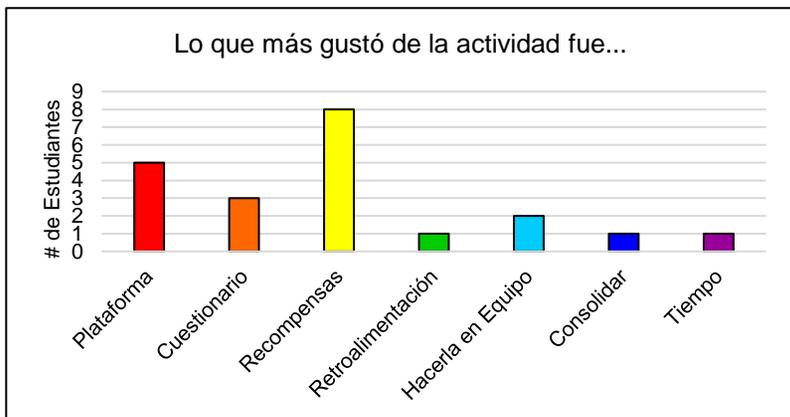
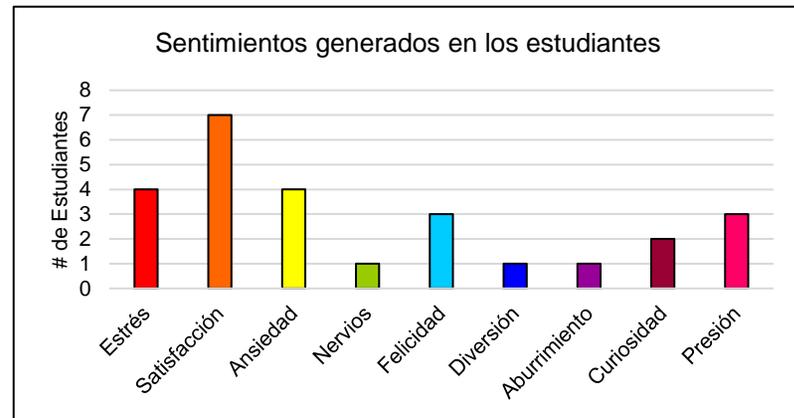
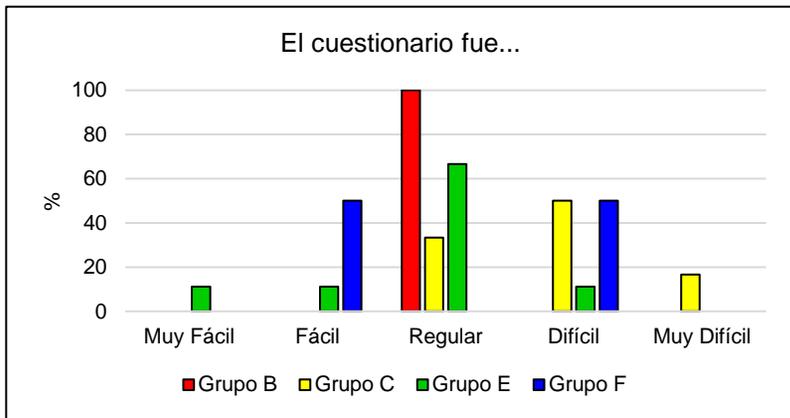


Grupo	Comentarios Finales
C	Me gustó, me ayudó a confirmar las fórmulas que había investigado.
	Me gustan mucho este tipo de actividades didácticas.
F	Muy divertida, sólo habría que aclarar un poco las instrucciones.
	Creativa y divertida
	En general esta actividad me gustó mucho, como un repaso a aspectos esenciales.

Resultados de las encuestas de opinión estudiantil para la Actividad Lúdica 3 *¿Qué tanto sabes sobre la Validación de Métodos Analíticos?*

De acuerdo con la opinión de los estudiantes encuestados, se determinó que:



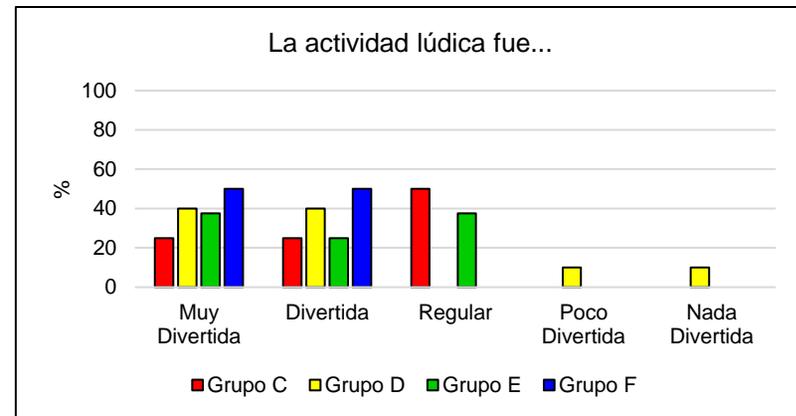
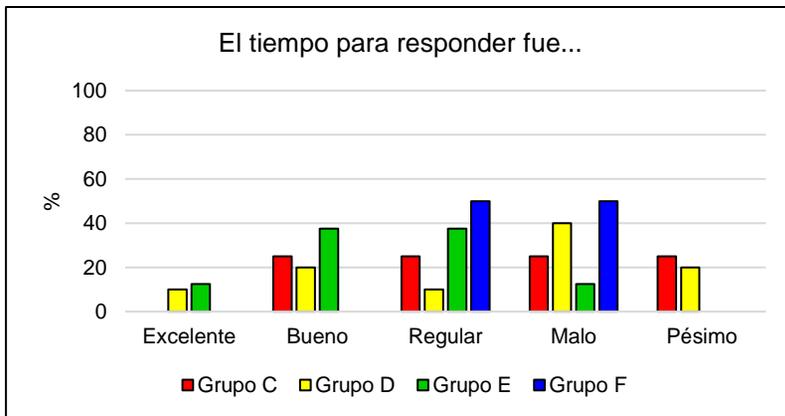
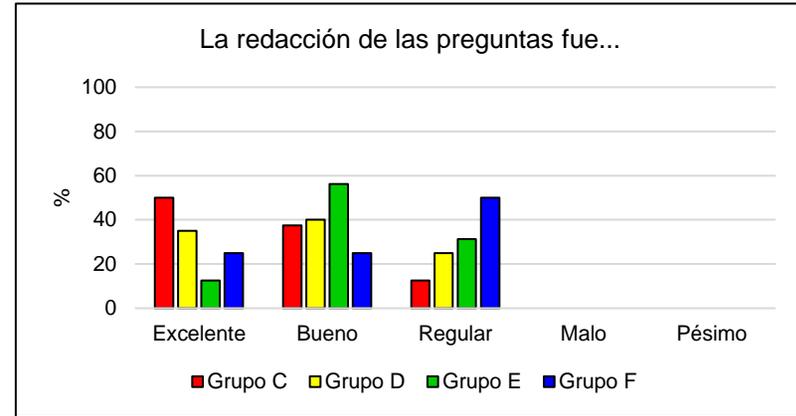
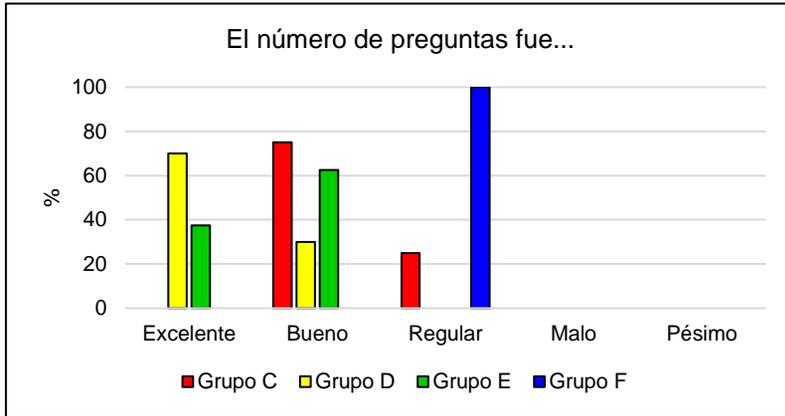


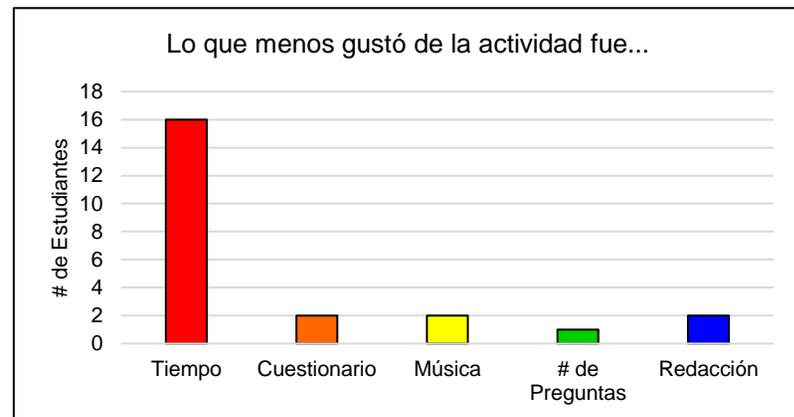
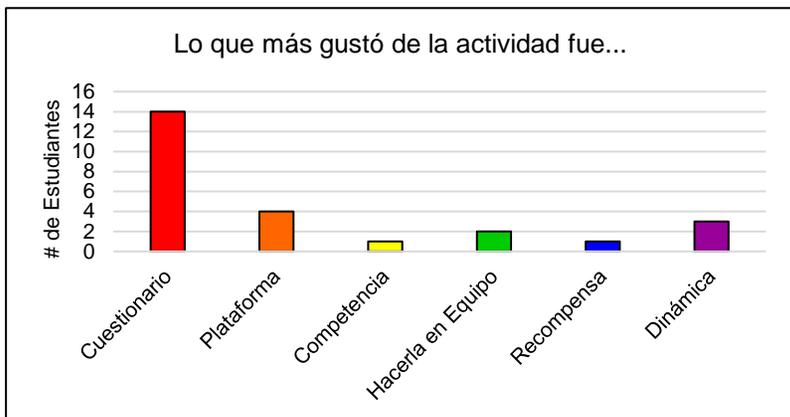
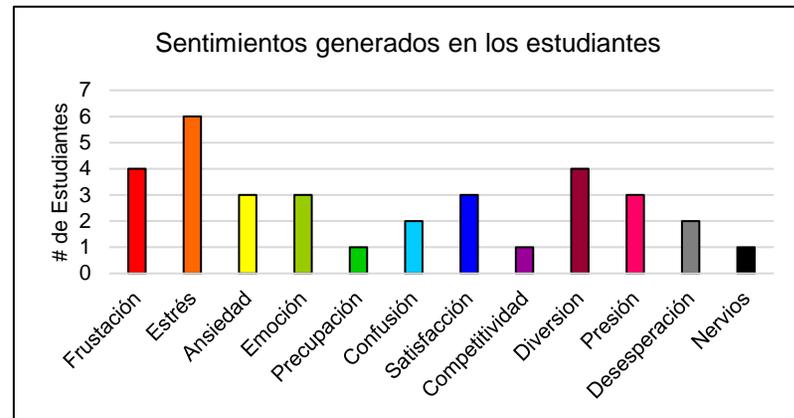
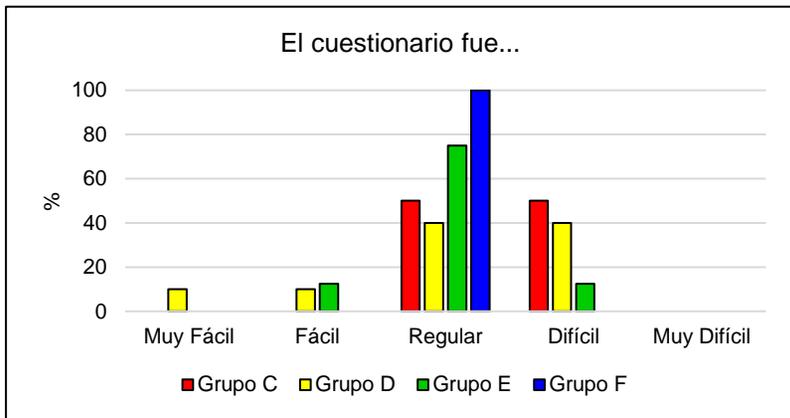
Grupo	Comentarios Finales
B	Es una buena opción para las clases en línea.
	Es muy buena, antes de realizar la prueba me metí a la página y realicé algunos ejercicios y me pareció muy práctica y didáctica.
	Es adecuada para despertar cierta curiosidad y cierto interés competitivo.

C	Todos los exámenes de la clase deberían ser así.
	Una actividad bastante entretenida, le quita lo aburrido a hacer exámenes y a la vez refuerza los temas que aprendimos.
	Me gustó mucho el formato del examen y las preguntas fueron muy claras, tanto en la parte teórica como en la de análisis de datos.
	En general bien, aunque me hubiera gustado repetir la actividad porque no entendí bien cómo funcionaba el quiz y tampoco sabía que era contrarreloj en las preguntas de opción múltiple. Me siento un poco mal porque en el cuestionario de parámetros de desempeño me fue bastante bien y en este no tanto, o no era lo que yo esperaba.
	Me gustó mucho toda la actividad solo que de nuevo sufrí mi mala conectividad.
	Me agrada bastante esta modalidad de actividades, siento que nos impulsa a aprender mejor que si fuese de la manera tradicional. Es una forma muy innovadora de dar clases, tanto en línea como para clases futuras en presencial.
E	Creo que sirven como buen método de estudio, ante un examen o una evaluación, está muy enfocada.
	Estaría bien variar la plataforma o el tipo de actividad. Quizás un cambio de dinámica estaría mejor.
	Fue algo repetitiva y parecida a las anteriores, pero estuvo bien.
	Para actividades en equipo sería recomendable eliminar el tiempo por pregunta, pues a unos nos cargó antes que a otros y fue difícil ponernos de acuerdo.
	Muy buena actividad, como siempre.
	Fue una buena actividad.
	Divertida, creo que implementarla en clase como algo rutinario ayudaría bastante a comprender conceptos. Tal vez otra idea para este tipo de actividades, cambiando la idea de preguntar acerca de conceptos y definiciones, sería interesante poner situaciones o problemas que pueden surgir a la hora de validar un método y cómo resolverlo.
	Es muy importante cuidar la redacción de las preguntas.
Agradezco que se implemente este tipo de actividad, en lo personal me ayudó mucho en el aprendizaje y sentí más relajada la materia.	
F	Me gustó mucho porque no se siente como un examen o evaluación ya que es divertido hacerlas.
	Bien.

Resultados de las encuestas de opinión estudiantil para la Actividad Lúdica 4 *El Último Reto de la VMA*

De acuerdo con la opinión de los estudiantes encuestados, se determinó que:





Grupo	Comentarios Finales
C	Me hubiera gustado que solo viniera la parte del manejo de datos o la parte del plan de validación, me parece que haber puesto las 2 me presionó con el tiempo.
	Por la presión de contestar rápido uno no piensa bien su respuesta, por lo que no creo que esta actividad refleje en su totalidad mis conocimientos sobre la materia.
	Me gustó mucho realizar esta actividad en esa plataforma porque se siente muy entretenida fácil y rápida.
	Breve, clara y concisa.

D	Me pareció muy entretenida y pude poner a prueba mis conocimientos sobre la materia.
	Fue inesperada, y un poco rápida en las preguntas teóricas duraban muy poco
	Me pareció muy entretenida, la página de <i>Quizizz</i> me agrada.
	Gracias por crear estas actividades, ayudan bastante.
	Creo que es una muy buena actividad para el final del curso, porque son conceptos básicos que deberíamos de saber y poner en práctica nuestra memoria para el tratamiento de datos.
	Sólo agregar más tiempo para responder y señalar que no se puede presionar <i>enter</i> en los cuadros de texto porque se envía la pregunta incompleta.
	Muy divertida y bien hecha.
	Me encantó esta actividad, fue muy divertida.
	Me parece una actividad muy útil para retomar los conceptos que adquirimos, además de no ser una actividad común por lo que es bastante bueno.
Me gustó mucho la plataforma usada.	
E	Estuvo bien. La pregunta de las pruebas era un poco confusa.
	Ninguno.
	Me gustan estos <i>quizzies</i> porque son didácticos.
	En general la actividad está bien para aplicar los conocimientos, únicamente la música que se utilizó estaba demasiado alta y por lo mismo, era estresante.
	No estuvo difícil, pero me causo estrés el tiempo y el estar cambiando la pantalla para ver el Excel y la actividad.
F	Me gustaría que en clases este tipo de actividades sean más frecuentes, ya que esto puede ayudar a muchos que probablemente no pueden dedicarle ese tiempo de estudio, ya sea por tiempo de traslado, o por darle más peso a otra.
	Pues simplemente que se cuide más la redacción de las preguntas teóricas y el tiempo para comprender la lectura. Además, creo que la parte del puntaje también puede llegar a frustrar a algunos compañeros por no obtener una puntuación alta ya que se tardaron en responder.
	Sólo se llega a tener problemas en el teléfono, pero de ahí en fuera todo bien.
F	Me gustan este tipo de actividades.
	Eran pocas preguntas.