

Desarrollo de una ova para implementar prácticas en el Equipo torre de destilación PIGNAT
modelo DVI/3000/S del Laboratorio de procesos

Luis Fernando Huertas Sanmiguel y María José García Díaz

Trabajo de grado para obtener el título de Ingeniero Químico

Modalidad en docencia

Director:

Jesús Manuel Mendoza

Ingeniero Químico

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Físicoquímicas

Escuela de Ingeniería Química

Bucaramanga

2025

Dedicatoria

Queremos dedicar este trabajo de grado, en primer lugar, a Dios, por el regalo de la vida y por permitirnos alcanzar este propósito. A nuestros padres, pilares fundamentales y fuente de inspiración constante; a nuestras familias y amigos, por su compañía y apoyo incondicional. A los docentes que, con paciencia y entrega, compartieron su conocimiento y contribuyeron a nuestra formación profesional, y de manera especial a nuestro director, el profesor Jesús Manuel Mendoza, por su orientación y respaldo en el desarrollo de este proyecto. Extendemos también nuestra gratitud a la Escuela de Ingeniería Química y a la Universidad Industrial de Santander, instituciones que nos brindaron el espacio y las herramientas necesarias para hacer posible este sueño y concluir con éxito una etapa trascendental en nuestras vidas.

Luis Fernando Huertas Sanmiguel

María José García Díaz

Agradecimientos

Agradezco, en primer lugar, a Dios: por el don de la vida, por iluminar mis pasos aun en los senderos más oscuros y por concederme la gracia de culminar con éxito este arduo y a la vez hermoso camino.

A mi madre, Claudia Patricia, y a mi padre, Juan Mauricio: sus silencios cargados de sacrificio y sus voces llenas de aliento fueron faros en mis noches de incertidumbre. De su ejemplo aprendí que la humildad ennoblece y que la disciplina abre el camino de los sueños. A mis hermanos, Juan Mauricio, María Claudia y Emmanuel Josué, quienes con su valentía me contagiaron de fuerza, debo el recordatorio constante de que los sueños se construyen con esfuerzo, que la comodidad solo engendra mediocridad y que en la paciencia reposa la verdadera paz.

Extiendo mi gratitud a quienes confiaron en mis capacidades y me brindaron su apoyo para avanzar. Hoy sé que estudiar y trabajar al mismo tiempo es un reto reservado a los soñadores obstinados, a quienes se atreven a desafiar sus propios límites porque entienden que los sueños siempre deben ser más grandes que las necesidades. Este logro no nació de la facilidad, sino del sacrificio: de noches interminables de trabajo, de días rendidos al estudio porque la constancia y la fe hacen posible lo que parecía imposible.

Finalmente, Gracias a mis compañeros de estudio y amigos, Elina María, Aura Viviana, Jesús Manuel y Kevin Santiago (Q.E.P.D) por su compañía, sus consejos, enseñanzas, y por hacer de mi vida universitaria una experiencia muy amena.

María José García Díaz

Tabla de contenido

Introducción	11
1. Objetivos	14
1.1. Objetivo general	14
1.2. Objetivos específicos	14
2. Marco conceptual	15
2.1. Características de los OVA	16
2.1.1. Fiabilidad	16
2.1.2. Interactividad	16
2.1.3. Reutilización	16
2.1.4. Compatibilidad.....	16
2.1.5. Estructura pedagógica.....	17
2.1.6. Uso de multimedia	17
2.2. Principios de la destilación y su operación en el equipo PIGNAT DVI/3000/S.....	17
2.3. La simulación de procesos en HYSYS como estrategia didáctica.	18
3. Estado del arte.....	19
4. Metodología	21
4.1. Etapa 1: Investigación y planificación	22
4.1.1. Revisión bibliográfica sobre fundamentos de destilación y OVA	22
4.1.2. Análisis del manual técnico del equipo PIGNAT DVI/3000/S.....	23
4.1.3. Identificación de necesidades académicas de los estudiantes.....	23
4.1.4. Elaboración del guion técnico para videos y material audiovisual.....	23

4.2.	Etapa 2: Diseño y construcción.....	24
4.2.1.	Documentación visual y práctica en el laboratorio.....	24
4.2.2.	Producción y edición del material audiovisual	24
4.2.3.	Desarrollo del OVA en Genially (estructura de módulos)	25
4.2.4.	Integración de simulación en Aspen HYSYS	27
4.3.	Etapa 3: Validación y análisis de resultados	28
4.3.1.	Diseño de la encuesta de satisfacción	28
4.3.2.	Cálculo del tamaño de la muestra estadística	28
4.3.3.	Aplicación de la encuesta a estudiantes de Laboratorio de Procesos II.....	28
4.3.4.	Procesamiento y análisis de los resultados obtenidos.....	29
4.3.5.	Identificación de fortalezas y oportunidades de mejora del OVA	29
5.	Resultados	30
5.1.	Edición del video	30
5.2.	Creación del Objeto Virtual de Aprendizaje (OVA)	33
5.3.	Formulación y aplicación de la encuesta	35
5.4.	Análisis de resultados de la encuesta	37
6.	Conclusiones	44
7.	Recomendaciones	46
	Referencias bibliográficas.....	47

Lista de figuras

Figura 1 Etapas generales de la metodología.....	22
Figura 2 Video de YouTube	30
Figura 3 Entorno de trabajo Camtasia Studio 8.....	31
Figura 4 Video adjunto en el objeto virtual de aprendizaje en Genially	32
Figura 5 Módulos del OVA.....	33
Figura 6 Captura parcial del cuestionario en formato digital.	36
Figura 7 Experiencia previa en el destilador.....	39
Figura 8 Facilidad de navegación.	40
Figura 9 Comprensión de cálculos del OVA.	42
Figura 10 Recomendación del OVA.	43

Lista de Tablas

Tabla 1. Resumen de preguntas cerradas	38
Tabla 2. Respuestas de la pregunta “¿Qué fue lo que más le gustó del OVA?”.....	62
Tabla 3. Respuestas de la pregunta “¿Qué aspectos considera que deberían mejorarse?”.	64

Lista de apéndices

Apéndice A. Modelo matemático para el cálculo del tamaño de la muestra.	50
Apéndice B. Manual de laboratorio.	51
Apéndice C. Video explicativo del destilador PIGNAT.....	52
Apéndice D. Contenido de la OVA.	52
Apéndice E. Encuesta de satisfacción.....	58
Apéndice F. Gráficas complementarias de la encuesta de validación.....	59
Apéndice G. Respuestas cualitativas de la encuesta de validación.....	62

Resumen

Título: Desarrollo e implementación de una herramienta de aprendizaje para la práctica de torre de destilación PIGNAT modelo DVI/3000/S del laboratorio de procesos *

Autores: Luis Fernando Huertas Sanmiguel y María José García Díaz **

Palabras Clave: Objeto Virtual de Aprendizaje (OVA), destilación, ingeniería química, TIC, simulación, Genially, HYSYS, laboratorio de procesos II.

Descripción: La formación en ingeniería química requiere integrar teoría y práctica, y las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) se consolidan como estrategia clave para lograrlo. Entre ellas, los Objetos Virtuales de Aprendizaje (OVA) destacan por su carácter interactivo y su utilidad en la comprensión de procesos complejos o de riesgo, como la destilación.

Este proyecto de grado como modalidad en docencia tuvo como objetivo diseñar un OVA orientado a complementar la práctica de laboratorio con la torre de destilación PIGNAT DVI/3000/S, usada en la asignatura Laboratorio de Procesos II de la Universidad Industrial de Santander. El recurso fue desarrollado en Genially e integra siete módulos: generalidades, equipo, normas de seguridad, descripción de la práctica, modelos matemáticos, actividades evaluativas y simulación básica en Aspen HYSYS, además de un manual, un video demostrativo elaborado en Camtasia Studio 8 y una encuesta de satisfacción en Google Forms.

La validación se realizó mediante encuestas a estudiantes de Laboratorio de Procesos II. El tamaño de muestra se calculó en 54 participantes, aunque se obtuvieron 70 respuestas válidas. Los resultados evidenciaron amplia aceptación: más del 90 % valoró positivamente la claridad, interactividad y pertinencia de los contenidos, y el 98,5 % lo recomendaría en cursos futuros. Se concluye que el recurso cumple satisfactoriamente con los objetivos propuestos, constituyéndose en una herramienta innovadora que fortalece el aprendizaje de la destilación fraccionada y aporta a la generación de recursos digitales en la enseñanza de operaciones unitarias en la UIS.

*Trabajo de Grado

**Facultad de Ingenierías Físicoquímicas. Escuela de Ingeniería Química. Director: Jesús Manuel Mendoza, Ingeniero Químico.

Abstrac

Title: Development and implementation of a learning tool for the practice of using a PIGNAT distillation tower, model DVI/3000/S, in a process laboratory *

Authors: Luis Fernando Huertas Sanmiguel and María José García Díaz **

Keywords: Virtual Learning Object (VLO), distillation, chemical engineering, ICT, simulation, Genially, HYSYS, process laboratory II.

Abstract: Training in chemical engineering requires integrating theory and practice, and Information and Communication Technologies (ICT) have become a key strategy to achieve this. Among them, Virtual Learning Objects (VLOs) stand out for their interactive nature and usefulness in understanding complex or risky processes such as distillation.

This undergraduate project, developed under the teaching modality, aimed to design a VLO to complement the laboratory practice with the PIGNAT DVI/3000/S distillation column, used in the Process Laboratory II course at Universidad Industrial de Santander. The resource was developed in Genially and includes seven modules: general concepts, equipment, safety rules, practice description, mathematical models, evaluation activities, and basic simulation in Aspen HYSYS, along with a manual, a demonstration video produced in Camtasia Studio 8, and a satisfaction survey in Google Forms.

Validation was carried out through surveys applied to students of Process Laboratory II. The sample size was statistically calculated at 54 participants, although 70 valid responses were obtained. Results showed broad acceptance: over 90% positively rated the clarity, interactivity, and relevance of the contents, and 98.5% would recommend it for future courses. The study concludes that the resource satisfactorily meets the proposed objectives, establishing itself as an innovative tool that strengthens learning of fractional distillation and contributes to the creation of digital educational resources for teaching unit operations at UIS.

*Degree thesis

**Faculty of Physicochemical Engineering. School of Chemical Engineering. Director: Jesús Manuel Mendoza, Chemical Engineering.

Introducción

La educación en ingeniería, especialmente en disciplinas como la ingeniería química, demanda la articulación efectiva entre teoría y práctica para garantizar una formación integral en los futuros profesionales. En este contexto, las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) han demostrado ser herramientas clave en la transformación de los procesos de enseñanza y aprendizaje, al permitir la creación de ambientes de entendimiento más flexibles, interactivos y centrados en el estudiante. Esta relevancia quedó especialmente evidenciada durante la pandemia del Covid-19, cuando la enseñanza universitaria tuvo que adaptarse de forma abrupta a entornos digitales para asegurar la continuidad académica (Cabero-Almenara and Llorente-Cejudo n.d.). Su implementación no solo facilita el acceso a contenidos actualizados, sino que también fomenta la autonomía, la participación y el desarrollo de competencias técnicas y transversales, esenciales en un entorno profesional cada vez más digitalizado y demandante. Entre las diversas estrategias pedagógicas apoyadas en TIC, los Objetos Virtuales de Aprendizaje (OVA) destacan por su capacidad para representar de forma interactiva conceptos teóricos, procedimientos y operaciones técnicas, fortaleciendo así el proceso educativo a través de experiencias significativas.

Los OVA se han consolidado como herramientas eficaces para facilitar el aprendizaje autónomo, colaborativo y contextualizado, especialmente en escenarios que involucran procesos complejos o de alto riesgo, como los experimentos en laboratorios de ingeniería. Su integración en los currículos universitarios permite que los estudiantes se preparen de manera previa y segura para la interacción con equipos reales, evitando errores comunes, reforzando el conocimiento y mejorando la comprensión conceptual de los fenómenos involucrados.

En particular, en asignaturas como el Laboratorio de Procesos II del programa de Ingeniería Química de la Universidad Industrial de Santander (UIS), el uso de OVA representa una oportunidad para mejorar la preparación de los estudiantes en la operación de equipos de laboratorio como la torre de destilación PIGNAT modelo DVI/3000/S. Este equipo, utilizado para ilustrar el proceso de destilación fraccionada, requiere del dominio de múltiples variables operativas, así como de una sólida comprensión de los fundamentos de transferencia de masa y energía.

Sin embargo, los estudiantes enfrentan diversas dificultades durante la realización de las prácticas de laboratorio, entre las que se destacan el limitado tiempo de interacción con el equipo, la falta de familiarización con los controles operativos y el temor a cometer errores que puedan comprometer la seguridad o el funcionamiento del sistema. Esta situación se ve agravada por el desfase temporal entre la enseñanza teórica de operaciones unitarias y la práctica experimental, lo cual genera inseguridad, desinterés o confusión. Frente a este panorama, se hace necesaria la implementación de estrategias que faciliten la transición entre la teoría y la práctica. En este sentido, la creación de un OVA específico para la columna PIGNAT, desarrollado mediante la plataforma Genially e integrado con simulaciones en Aspen HYSYS, se plantea como una solución pedagógica innovadora que puede fortalecer la formación técnica, incrementar la confianza del estudiante y mejorar su desempeño en los laboratorios.

Diversos estudios y experiencias nacionales e internacionales respaldan la efectividad del uso de recursos virtuales en la educación en ingeniería. Ejemplos como ChemCollective, plataforma desarrollada por la Carnegie Mellon University que ofrece laboratorios virtuales de

química y simulaciones interactivas, han demostrado su utilidad para reforzar el aprendizaje de conceptos complejos y la preparación previa a prácticas de laboratorio (Colectivo químico n.d.). De manera similar, investigaciones como la de Sabaduche-Rosillo (2015) evidencian que el uso de herramientas virtuales y entornos de aprendizaje digital favorece la interacción entre docentes y estudiantes, promueve la autonomía y optimiza la comprensión de contenidos en educación superior. Asimismo, el empleo de simuladores de procesos ha mostrado ser especialmente valioso en el estudio de operaciones unitarias como la destilación, permitiendo modelar y comprender el comportamiento de sistemas complejos antes de su manipulación física. En este sentido, el manual de Martínez et al. (n.d.) para la simulación de columnas de destilación en Aspen Plus constituye un referente práctico para el desarrollo de habilidades en el uso de software de modelado, fortaleciendo la formación técnica y la capacidad de análisis de los estudiantes de ingeniería química.

A partir de este panorama, el presente trabajo de grado tiene como objetivo diseñar un OVA que facilite la comprensión y el desarrollo de prácticas seguras en la operación de la columna PIGNAT del Laboratorio de Procesos II. Este recurso estará estructurado en módulos interactivos que incluirán contenidos teóricos clave, guías de operación, normas de seguridad, cuestionarios de evaluación y simulaciones virtuales en HYSYS, todo ello diseñado bajo principios de accesibilidad, claridad y funcionalidad. La validación del OVA mediante pruebas piloto y retroalimentación de estudiantes y docentes permitirá verificar su utilidad y pertinencia como estrategia pedagógica. En última instancia, este trabajo busca contribuir a la mejora del aprendizaje práctico en la formación de ingenieros químicos, consolidando el uso de tecnologías educativas como aliados en el fortalecimiento de competencias técnicas y profesionales.

1. Objetivos

1.1. Objetivo general

Diseñar una herramienta Virtual de Aprendizaje (OVA) que facilite la comprensión y el desarrollo de prácticas seguras en el equipo de destilación PIGNAT modelo DVI/3000/S del Laboratorio de Procesos de la Universidad Industrial de Santander.

1.2. Objetivos específicos

Identificar las necesidades académicas y técnicas relacionadas con el uso del equipo de destilación PIGNAT modelo DVI/3000/S, mediante una revisión de manuales, guías de laboratorio y consultas con profesores.

Elaborar el contenido teórico y práctico del OVA, integrando aspectos como fundamentos operativos, normas de seguridad y simulaciones básicas del equipo, para fomentar el aprendizaje interactivo.

Desarrollar el OVA utilizando la herramienta digital GENIALLY, garantizando su funcionalidad y adaptabilidad para los usuarios finales.

Validar el diseño y contenido del OVA mediante revisiones y pruebas piloto realizadas con estudiantes y profesores, asegurando que cumpla los objetivos de aprendizaje previstos.

2. Marco conceptual

Un Objeto Virtual de Aprendizaje (OVA) es, en términos generales, un recurso educativo digital diseñado para facilitar el aprendizaje de manera autónoma e interactiva. Diversas definiciones aparecen en la literatura, dado que el concepto de OVA es amplio y ha evolucionado con el tiempo. Desde la perspectiva del Ministerio de Educación Nacional de Colombia (MEN), un OVA se define como una entidad digital con un propósito educativo, constituida por, al menos, contenidos y actividades, que se dispone para ser usada y/o reutilizada, y que incluye metadatos que permiten su almacenamiento, identificación y recuperación (Campo et al. 2013). De manera complementaria, un OVA puede incorporar elementos de contextualización que orienten al estudiante y enriquezcan su experiencia de aprendizaje. De forma más general, autores como (Wiley 2000) define un learning object como ‘una unidad de instrucción con un objetivo pedagógico específico que puede ser usada y reutilizada en distintos contextos de aprendizaje. En otras palabras, un OVA es un material didáctico electrónico (p. ej., un módulo multimedia interactivo) diseñado con objetivos pedagógicos específicos para transmitir uno o varios contenidos de conocimiento. También se ha señalado que los OVA actúan como herramientas pedagógicas mediadoras, permitiendo una presentación didáctica de los contenidos a través de formas audiovisuales e interactivas. Esto implica que un buen OVA no solo contiene información, sino que la organiza de manera instruccional para motivar y facilitar la construcción del conocimiento por parte del estudiante. (Moreira, Mera, and Vera 2021)

2.1. Características de los OVA

De acuerdo con (Feria-Marrugo and Irina 2016) citados por Moreira-Choez, Mera-Plaza y Vera-Anzules en (Moreira et al. 2021), los Objetos Virtuales de Aprendizaje deben cumplir con ciertas características esenciales para garantizar su efectividad pedagógica y técnica. Entre ellas se destacan:

2.1.1. *Fiabilidad*

Ofrecer información veraz, confiable y actualizada conforme a la temática, respetando los derechos de autor.

2.1.2. *Interactividad*

Responder a las acciones del usuario de forma bidireccional, idealmente permitiendo múltiples caminos o rutas de navegación para el aprendizaje.

2.1.3. *Reutilización*

Ser reutilizables o modificables, de modo que sus componentes puedan actualizarse o combinarse en nuevos OVA para distintos contextos sin necesidad de crearlos desde cero.

2.1.4. *Compatibilidad*

Seguir estándares abiertos que aseguren su interoperabilidad técnica, de forma que el OVA pueda ejecutarse en diferentes plataformas o entornos sin inconvenientes.

2.1.5. Estructura pedagógica

Presentar una estructura clara y fácil de usar (interfaz amigable), con organización lógica de contenidos que facilite la exploración por parte del estudiante (por ejemplo, utilizando hipervínculos y secciones bien definidas).

2.1.6. Uso de multimedia

Integrar diversos medios (texto, imágenes, audio, video, animaciones) para ilustrar los conceptos, aprovechando la combinación de formatos para enriquecer la experiencia de aprendizaje.

2.2. Principios de la destilación y su operación en el equipo PIGNAT DVI/3000/S

La destilación es una operación unitaria de suma importancia en ingeniería química, utilizada para la separación de componentes líquidos basándose en sus diferentes volatilidades. En esencia, la destilación es un proceso en el cual ocurren simultáneamente transferencia de materia y transferencia de energía con el objetivo de lograr la separación de una mezcla en sus componentes constituyentes. El principio fundamental aprovechado es que, en una situación de equilibrio líquido-vapor, la fase vapor se enriquece en los componentes más volátiles (de menor punto de ebullición) mientras que la fase líquida se empobrece en esos componentes volátiles. Por tanto, al generar una sucesión de vaporizaciones y condensaciones escalonadas, es posible que los vapores se vayan concentrando progresivamente en el componente más volátil, mientras el líquido remanente retiene preferentemente los menos volátiles.(Distillation 1936).

El equipo de destilación PIGNAT modelo DVI/3000/S es una unidad de destilación de tipo didáctico diseñada para laboratorios académicos, que incorpora instrumentación y control para simular el comportamiento de una columna industrial a escala piloto. Este equipo permite ilustrar tanto la operación continua como la discontinua de destilación, y típicamente se utiliza con mezclas de compuestos volátiles de bajo riesgo (como mezclas binarias etanol-agua) para fines académicos.(PIGNAT S.A. 2003).

2.3. La simulación de procesos en HYSYS como estrategia didáctica.

En la formación de ingenieros químicos, resulta cada vez más importante integrar software de simulación de procesos profesionales dentro de las estrategias didácticas. Aspen HYSYS, en particular, es un simulador de procesos ampliamente utilizado en la industria de procesos químicos (refinerías, plantas petroquímicas, farmacéuticas, etc.) y también en la academia. Incorporar HYSYS en el contexto de un OVA o de un curso no solo familiariza al estudiante con una herramienta profesional de uso extendido, sino que además le permite modelar y analizar procesos reales con mayor profundidad. De hecho, el uso de simuladores en la docencia de ingeniería química se ha impulsado desde la década pasada precisamente para que los estudiantes adquieran competencias en el manejo de estas herramientas y así estén mejor preparados para su vida profesional; esto transforma a los alumnos en participantes activos en la aplicación de sus conocimientos, en lugar de simples receptores de teoría(Antunez and Soto 2018). En el caso concreto de la destilación, integrar HYSYS en el proyecto significa que el estudiante podría simular la columna PIGNAT DVI/3000/S en el software, verificar los balances de materia y energía, y experimentar virtualmente con parámetros de diseño (número de etapas, rata de reflujo,

reflux ratio, etc.) complementando lo aprendido con el OVA interactivo. La simulación por software ofrece un modelo del proceso, donde el alumno puede variar condiciones y observar resultados cuantitativos (temperatura, presión, composiciones) que enriquecen su comprensión.

3. Estado del arte

Las herramientas virtuales han transformado el panorama educativo, permitiendo un aprendizaje más interactivo y accesible. Según un estudio realizado por el 74% de los estudiantes encuestados considera que estas herramientas han facilitado su aprendizaje, destacando las aulas virtuales como el soporte más utilizado para fomentar la interacción entre docentes y alumnos (Sabaduche Rosillo 2015b). Estas plataformas permiten a los estudiantes participar activamente, superando barreras tradicionales del aprendizaje.

A nivel internacional, se han desarrollado diversas OVA que permiten simular procesos químicos complejos. Un ejemplo notable es el laboratorio virtual ChemCollective, que proporciona simulaciones en línea para que los estudiantes realicen experimentos de química de manera interactiva y segura. Este enfoque permite a los estudiantes experimentar con reactivos y procedimientos sin los riesgos asociados a un laboratorio físico, lo que es especialmente relevante para prácticas como la destilación (Patricia 2020).

Otro avance significativo es el uso de la realidad virtual (RV) y aumentada (RA) en la educación química. Estas tecnologías han sido utilizadas para crear entornos inmersivos donde los estudiantes pueden interactuar con equipos de laboratorio virtuales, mejorando su comprensión de conceptos complejos y fomentando un aprendizaje más significativo (Patricia 2020).

En Colombia, se han implementado iniciativas similares que buscan mejorar la enseñanza de la química mediante OVA. Un estudio realizado en la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD) destaca cómo las herramientas virtuales enriquecen el proceso pedagógico, permitiendo a los estudiantes interactuar con simuladores y laboratorios virtuales que facilitan la comprensión de conceptos químicos fundamentales (Clavijo 2018).

La destilación es un proceso con múltiples etapas que ha sido objeto de estudio desde el siglo XIX. Investigaciones recientes han desarrollado modelos rigurosos para describir el comportamiento de columnas de destilación, como se evidencia en estudios que utilizan simulaciones en software especializado (por ejemplo, Aspen Dynamics) para optimizar el control de columnas DVI/3000/S (Liñán n.d.). Éstos modelos permiten a los estudiantes comprender mejor las dinámicas del proceso y realizar experimentos con datos reales.

En la Universidad de los Andes, se ha llevado a cabo un estudio sobre el control óptimo de una columna de destilación piloto Pignat DVI/3000/S utilizando un modelo de control predictivo. Este trabajo incluye la simulación del comportamiento dinámico del equipo y la evaluación de perturbaciones, lo que permite una mejor comprensión del proceso y la optimización del control en condiciones reales (García and Gómez n.d.).

La Universidad Santo Tomás en Medellín ha implementado prácticas educativas utilizando torres de destilación, permitiendo a los estudiantes experimentar con procesos de transferencia de masa y calor. Estas prácticas incluyen la operación manual y el control automatizado de las columnas (FITATÁ 2018).

El desarrollo de esta OVA permitirá identificar las necesidades académicas y técnicas relacionadas con el uso del equipo PIGNAT DVI/3000/S y diseñar un contenido teórico y práctico que integre fundamentos operativos, normas de seguridad y simulaciones básicas. Al utilizar una herramienta digital como GENIALLY, se garantizará su funcionalidad y adaptabilidad para los usuarios finales. Este trabajo no solo contribuirá a mejorar la formación práctica y teórica de los estudiantes, sino que también avanzará hacia la resolución efectiva de las dificultades asociadas con la educación práctica en entornos laboratoriales.

4. Metodología

Para llevar a cabo el desarrollo del presente proyecto, se estructuró una metodología compuesta por varias etapas que permitieron abordar de forma integral tanto los aspectos teóricos como prácticos relacionados con el proceso de destilación y el manejo de la torre PIGNAT modelo DVI/3000/S. Esta metodología estuvo enfocada en la creación de un Objeto Virtual de Aprendizaje (OVA) que sirve como apoyo didáctico en la asignatura Laboratorio de Procesos del programa de Ingeniería Química de la Universidad Industrial de Santander (UIS).

Cada etapa fue diseñada para facilitar la recolección de información relevante, la experimentación directa con el equipo, el desarrollo del recurso educativo digital y su validación con usuarios reales. La secuencia de actividades permitió garantizar la pertinencia, funcionalidad y aplicabilidad del OVA como herramienta complementaria de enseñanza. En la Figura 1 se

presenta un esquema general de las fases desarrolladas durante la ejecución del proyecto.

Figura 1.

Etapas generales de la metodología



4.1. Etapa 1: Investigación y planificación

4.1.1. Revisión bibliográfica sobre fundamentos de destilación y OVA

En esta fase se realizó una revisión exhaustiva de literatura académica y técnica relacionada con los fundamentos de la destilación, con especial énfasis en el proceso continuo y fraccionado, que constituye la base de operación del equipo PIGNAT modelo DVI/3000/S. De igual manera, se consultaron fuentes nacionales e internacionales sobre el diseño, implementación y efectividad de los Objetos Virtuales de Aprendizaje (OVA) en la enseñanza de ingeniería, con el fin de identificar lineamientos pedagógicos y tecnológicos pertinentes para la estructuración del recurso. Esta

búsqueda se efectuó en bases de datos académicas, manuales institucionales, artículos científicos y documentos técnicos especializados.

4.1.2. Análisis del manual técnico del equipo PIGNAT DVI/3000/S

El manual técnico del equipo se empleó como referencia principal para comprender la configuración, los componentes y las variables operativas de la columna de destilación. Se analizaron apartados relacionados con la operación en estado estacionario, los sistemas de control, los rangos de operación recomendados y las condiciones de seguridad. Este análisis permitió garantizar que la información incorporada en el OVA fuese coherente con el funcionamiento real del equipo y que respondiera a las necesidades de los estudiantes en la práctica de laboratorio.

4.1.3. Identificación de necesidades académicas de los estudiantes

Con el propósito de asegurar la pertinencia del recurso, se llevó a cabo un diagnóstico preliminar basado en observaciones y experiencias previas en la asignatura Laboratorio de Procesos II. Se identificaron las principales dificultades reportadas por los estudiantes durante la operación del equipo, tales como la limitada familiarización con los controles, la falta de tiempo para la práctica presencial y la inseguridad frente a la manipulación del sistema. Estos aspectos fueron tomados como punto de partida para diseñar un OVA que priorizara la claridad, la interactividad y el enfoque en la seguridad operativa.

4.1.4. Elaboración del guion técnico para videos y material audiovisual

Una vez consolidada la información teórica y técnica, se procedió a elaborar un guion detallado que estructuró el contenido de los videos explicativos. Este guion contempló la secuencia

de arranque, operación y apagado del equipo, así como la descripción de las variables críticas a monitorear. El objetivo de este material fue ofrecer a los estudiantes un recurso audiovisual claro y accesible, que sirviera como preparación previa a la práctica presencial. El guion fue diseñado bajo principios de comunicación didáctica, priorizando un lenguaje técnico comprensible y una narrativa que guiara al estudiante paso a paso en el proceso.

4.2. Etapa 2: Diseño y construcción

4.2.1. Documentación visual y práctica en el laboratorio

En esta fase se realizaron sesiones prácticas en el laboratorio de procesos de la Escuela de Ingeniería Química, con el objetivo de registrar detalladamente la operación del equipo PIGNAT modelo DVI/3000/S. Durante dichas prácticas se tomaron fotografías, videos y notas de campo que permitieron documentar cada etapa de la operación, desde el encendido hasta el apagado. Este material visual constituyó la base para la elaboración de recursos didácticos dentro del OVA, garantizando que las instrucciones y descripciones se correspondieran con la práctica real de los estudiantes.

4.2.2. Producción y edición del material audiovisual

A partir del guion técnico elaborado en la etapa de planificación, se procedió a la grabación de videos explicativos del funcionamiento del equipo y del procedimiento experimental. Posteriormente, se llevó a cabo la edición del material, incorporando narraciones, subtítulos y señalización gráfica que facilitara la comprensión de los pasos más críticos. Esta producción audiovisual tuvo como finalidad reforzar el aprendizaje autónomo y ofrecer un recurso accesible

a los estudiantes, que pudieran visualizar la operación del equipo antes de interactuar con él directamente en el laboratorio.

4.2.3. Desarrollo del OVA en Genially (estructura de módulos)

El Objeto Virtual de Aprendizaje (OVA) fue diseñado en la plataforma Genially, aprovechando sus recursos interactivos y multimediales para integrar contenidos teóricos, prácticos y evaluativos en un entorno accesible y atractivo para el estudiante. El recurso se estructuró en siete módulos interconectados que abarcan desde las generalidades del proceso hasta la validación del aprendizaje adquirido. Cada módulo fue concebido bajo criterios pedagógicos de claridad, pertinencia y secuencialidad, lo cual facilita la navegación autónoma y refuerza la comprensión del estudiante.

Los módulos desarrollados son:

Módulo 1. Generalidades. Presenta la introducción, los objetivos del recurso, los fundamentos teóricos de la destilación, definiciones clave y las aplicaciones industriales de esta operación unitaria, constituyendo la base conceptual para los módulos posteriores.

Módulo 2. Equipo. Describe de manera detallada el equipo PIGNAT modelo DVI/3000/S, sus partes constitutivas, los materiales requeridos para su operación, los factores de funcionamiento y los principios básicos de operación. Este módulo busca familiarizar al estudiante con los elementos físicos del sistema antes de la práctica real.

Módulo 3. Normas de seguridad. Reúne la ficha de seguridad del equipo y las recomendaciones necesarias para la práctica segura, incluyendo los elementos de protección personal obligatorios (bata, guantes, gafas, entre otros).

Módulo 4. Descripción de la práctica. Ofrece una guía detallada del desarrollo de la práctica, explicando las actividades que pueden realizarse en el equipo para el análisis experimental. Incluye tablas de toma de datos descargables en Excel, tablas de referencia de densidades etanol-agua y un video explicativo del funcionamiento y la operación detallada del equipo.

Módulo 5. Cálculos. presenta los principales cálculos asociados al proceso de destilación, como balances de masa y energía, determinación del número mínimo de platos teóricos y eficiencia de separación. El módulo integra fórmulas y ejemplos que fortalecen el análisis cuantitativo.

Módulo 6. Actividades. incluye un cuestionario que permite evaluar la comprensión de los contenidos del OVA, así como la encuesta de satisfacción diseñada para la validación del recurso.

Módulo 7. Simulación. Presenta los resultados obtenidos mediante la modelación del equipo de destilación PIGNAT en el software Aspen HYSYS. Se incluyen diagramas de flujo y tablas de resultados que sirven como referencia teórica y numérica para los estudiantes, quienes podrán contrastar en el futuro sus propios datos experimentales con los valores simulados. Este módulo constituye un complemento fundamental para relacionar la práctica de laboratorio con el análisis computacional de procesos.

La estructuración en siete módulos asegura un aprendizaje progresivo y autónomo, permitiendo al estudiante avanzar desde la comprensión de los conceptos básicos hasta la aplicación práctica y la autoevaluación de sus conocimientos.

4.2.4. Integración de simulación en Aspen HYSYS

Con el fin de enriquecer la propuesta pedagógica y cumplir con los objetivos específicos planteados, se desarrollaron simulaciones básicas del equipo de destilación PIGNAT en el software Aspen HYSYS. Estas simulaciones permitieron modelar el comportamiento de la columna bajo diferentes condiciones operativas, obteniendo resultados teóricos en términos de composición de corrientes, número mínimo de platos teóricos (N_{min}) y relación mínima de reflujo (R_{min}).

En el OVA se integraron diagramas de flujo del proceso obtenidos en el simulador, así como tablas con resultados de las simulaciones. Estos elementos no buscan enseñar el procedimiento de simulación en sí mismo, sino ofrecer un referente conceptual y numérico que pueda ser contrastado por los estudiantes al momento de realizar sus prácticas experimentales. De esta forma, los futuros usuarios tendrán la posibilidad de comparar los resultados obtenidos en el laboratorio con los valores modelados en HYSYS, reforzando así su comprensión de la operación de destilación y su relación con la teoría de equilibrio líquido-vapor.

La inclusión de la simulación en el OVA constituye un valor agregado significativo, dado que fomenta el aprendizaje autónomo y acerca a los estudiantes a una herramienta profesional ampliamente utilizada en la industria de procesos químicos.

4.3. Etapa 3: Validación y análisis de resultados

4.3.1. Diseño de la encuesta de satisfacción

Para evaluar la pertinencia, claridad y utilidad pedagógica del OVA se diseñó una encuesta de satisfacción en formato digital, elaborada mediante Google Forms e integrada directamente en la plataforma Genially. La encuesta fue construida con un enfoque mixto, incluyendo preguntas de selección múltiple (cerradas) y de respuesta abierta, con el fin de recoger tanto datos cuantitativos como percepciones cualitativas de los estudiantes. Las preguntas se orientaron a valorar aspectos como la organización del contenido, la claridad de la información, la calidad audiovisual, la interactividad, la aplicabilidad de los cálculos y la facilidad de navegación.

4.3.2. Cálculo del tamaño de la muestra estadística

Con el objetivo de garantizar la representatividad de los resultados, se realizó el cálculo del tamaño de muestra a partir de la población total de estudiantes matriculados en la asignatura Laboratorio de Procesos II durante el periodo académico 2025-I. Se estableció un nivel de confianza del 90% y un margen de error del 10%. La ecuación estadística aplicada arrojó un tamaño de muestra de n estudiantes, valor considerado adecuado para obtener conclusiones válidas sobre la percepción del OVA. Este procedimiento aportó un sustento metodológico sólido, evitando sesgos derivados de encuestas aplicadas a un número reducido de participantes.

4.3.3. Aplicación de la encuesta a estudiantes de Laboratorio de Procesos II

La encuesta fue aplicada a los estudiantes de Ingeniería Química que cursaban la asignatura Laboratorio de Procesos II, quienes tuvieron acceso al OVA en un entorno controlado y

posteriormente respondieron el instrumento de validación. De esta forma, se garantizó que los participantes evaluaran el recurso tras haber interactuado con sus contenidos, actividades y materiales audiovisuales, lo que permitió obtener retroalimentación directa sobre la experiencia de uso.

4.3.4. Procesamiento y análisis de los resultados obtenidos

Una vez recopiladas las respuestas, se procedió al procesamiento de los datos mediante el análisis descriptivo de frecuencias y porcentajes en el caso de las preguntas cerradas, y al análisis cualitativo de contenido para las respuestas abiertas. Los resultados se organizaron en tablas y gráficos que facilitaron su interpretación y mostraron tendencias claras respecto a la percepción de los estudiantes. Este análisis permitió identificar tanto las fortalezas del recurso (claridad, diseño interactivo, pertinencia del contenido) como oportunidades de mejora relacionadas con la presentación gráfica o la extensión de algunas secciones.

4.3.5. Identificación de fortalezas y oportunidades de mejora del OVA

Finalmente, el análisis de los resultados permitió concluir que el OVA constituye una herramienta pedagógica eficaz, valorada positivamente por los estudiantes en términos de claridad, interactividad y aplicabilidad. Sin embargo, también se identificaron recomendaciones específicas que orientan hacia un proceso de mejora continua, como la optimización de ciertos apartados visuales y la incorporación de recursos adicionales que fortalezcan la explicación de variables críticas del proceso de destilación. Estas sugerencias se reconocen como insumos valiosos para futuras versiones del recurso, consolidando su potencial como apoyo en la enseñanza de operaciones unitarias.

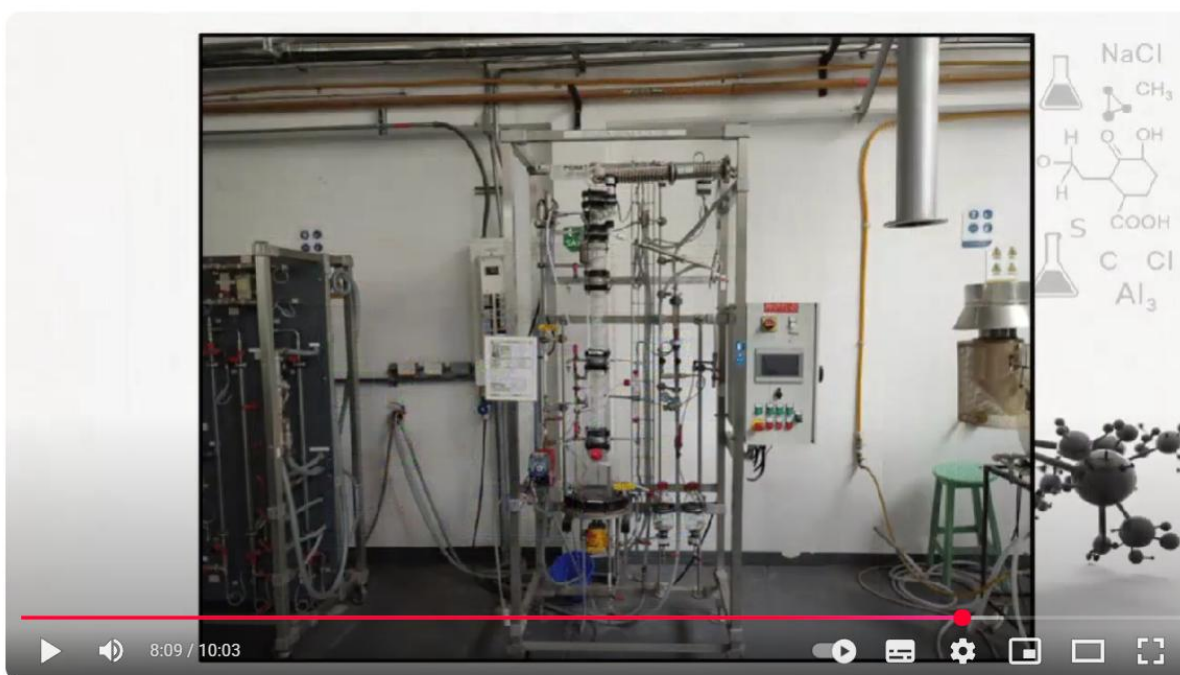
5. Resultados

5.1. Edición del video

Con el fin de complementar el Objeto Virtual de Aprendizaje (OVA) y facilitar la comprensión del funcionamiento del destilador PIGNAT DVI/3000/S, se elaboró un video demostrativo alojado en la plataforma YouTube. Este recurso audiovisual tiene como objetivo presentar, de manera clara y dinámica, los aspectos esenciales de la práctica de destilación, incluyendo la identificación de las partes del equipo, las variables de operación que pueden modificarse para desarrollar distintos estilos de prácticas, así como el procedimiento de arranque y apagado del sistema.

Figura 2.

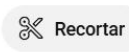
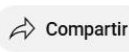
Video de YouTube



Columna de Destilación en Continuo – Equipo PIGNAT DVI/3000/S



ChemEng Insights
1 suscriptor

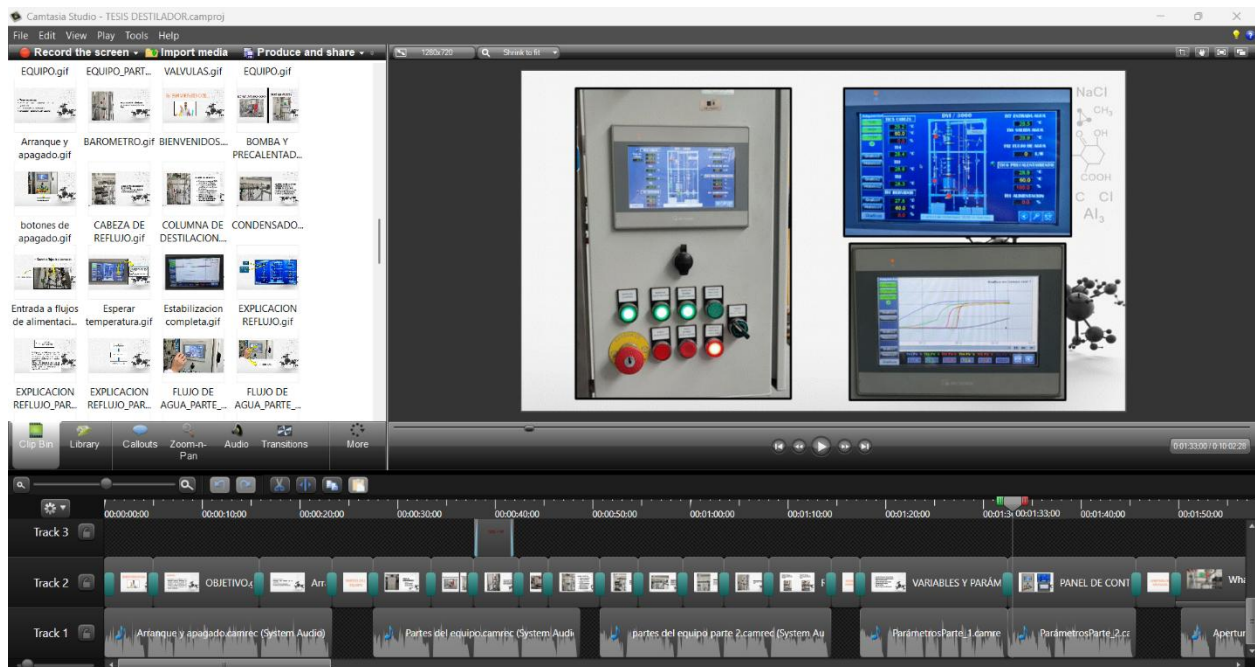


La producción del video comenzó con la planeación en el laboratorio, donde se realizaron observaciones y registros directos del equipo. A partir de ello, se elaboró un guion detallado que permitió organizar el contenido de manera lógica, evitando omisiones durante la grabación. Dicho guion fue leído mediante una voz generada por inteligencia artificial, lo cual aportó uniformidad y claridad en la narración.

La edición completa se llevó a cabo en Camtasia Studio 8, integrando las imágenes capturadas, la narración y recursos gráficos adicionales. Todo el proceso de edición fue realizado de forma manual por los autores, garantizando que el producto final respondiera a las necesidades pedagógicas del proyecto.

Figura 3.

Entorno de trabajo Camtasia Studio 8



El video se encuentra disponible en línea y fue incorporado al OVA mediante un recurso interactivo: en una diapositiva con la ambientación de una sala de cine se incluye un botón que redirige directamente al enlace en YouTube. De esta manera, se asegura que el material audiovisual se integre armónicamente a la propuesta digital, brindando a los estudiantes una herramienta complementaria para reforzar la práctica experimental.

Figura 4.

Video adjunto en el objeto virtual de aprendizaje en Genially



Para visualizar el video completo, revisar el **Apéndice C**.

La utilidad de este recurso fue posteriormente evaluada mediante la encuesta aplicada a los estudiantes, cuyos resultados se analizan en el **apartado 5.4**.

5.2. Creación del Objeto Virtual de Aprendizaje (OVA)

El producto central de este trabajo de grado fue el diseño y elaboración de un Objeto Virtual de Aprendizaje (OVA) en la plataforma Genially, con el propósito de servir como recurso didáctico e interactivo para apoyar a los estudiantes en la comprensión y operación del destilador PIGNAT DVI/3000/S.

El OVA fue estructurado en siete módulos principales:

Figura 5.

Módulos del OVA.



- **Generalidades:** introducción, objetivos, fundamentos teóricos, definiciones y aplicaciones industriales.

- **Equipo:** descripción general del destilador, identificación de las partes, materiales, factores de operación y principios básicos de operación.
- **Normas de seguridad:** ficha de seguridad y elementos de protección personal requeridos.
- **Descripción de la práctica:** metodología detallada para el desarrollo experimental.
- **Cálculos:** procedimientos de balance, ecuaciones de diseño y método gráfico de McCabe-Thiele.
- **Actividades:** quiz para reforzar conocimientos y encuesta de validación del OVA.
- **Simulación:** aplicación complementaria para reforzar el análisis del proceso.

El diseño del recurso se orientó bajo un enfoque pedagógico interactivo, combinando elementos visuales, hipervínculos y actividades de navegación que permiten al estudiante avanzar de manera autónoma y flexible. Cada módulo se construyó con la intención de integrar tanto la teoría como la práctica, reforzando los conceptos abordados en el laboratorio.

Para su elaboración se emplearon herramientas gráficas y animaciones interactivas de la plataforma, organizadas en un esquema de navegación no lineal. Esto permite que el estudiante explore los módulos en función de sus intereses o necesidades, a través de botones y elementos resaltados que dirigen hacia contenidos específicos.

El OVA también integra recursos multimedia complementarios, como el video demostrativo del destilador, vinculado en el módulo correspondiente mediante un botón interactivo. Esta integración de texto, gráficos y audiovisual busca estimular diferentes estilos de aprendizaje y fortalecer la comprensión de los procesos de destilación continua.

De esta manera, el OVA constituye un producto digital innovador que combina claridad conceptual, interactividad y accesibilidad, cumpliendo con el objetivo de ofrecer una herramienta académica efectiva para el proceso de enseñanza-aprendizaje en la Universidad Industrial de Santander.

Para ver el Objeto Virtual de Aprendizaje, dirigirse al siguiente enlace,

<https://view.genially.com/68a4926eaec1e3b82414c8c9/presentation-ova-de-laboratorio-torre-de-destilacion-pignat>

O bien, dirigirse al **Apéndice D**.

5.3. Formulación y aplicación de la encuesta

Con el objetivo de validar la efectividad del Objeto Virtual de Aprendizaje (OVA) y del video demostrativo como recursos de apoyo académico, se diseñó y aplicó una encuesta estructurada dirigida a los estudiantes matriculados en la asignatura Laboratorio de Procesos II de la Universidad Industrial de Santander.

La población total de estudiantes en el semestre correspondiente fue de 119, de los cuales se obtuvo una muestra efectiva de 70 encuestados, lo que representa el 58,8 % de la población.

Este número de respuestas supera el tamaño de muestra mínimo calculado con un nivel de confianza del 95 %, garantizando así la representatividad estadística de los resultados. El cálculo detallado del tamaño de muestra, junto con la fórmula aplicada, se presenta en el Apéndice A.

La encuesta fue diseñada con base en cuatro dimensiones principales:

- Claridad del contenido (facilidad de comprensión del OVA y el video).
- Interactividad (facilidad de navegación y atractivo del recurso digital).
- Aplicabilidad al laboratorio (utilidad para el desarrollo de la práctica experimental).
- Valor pedagógico del recurso (aportación al aprendizaje autónomo y la preparación previa de los estudiantes).

Cada dimensión fue evaluada mediante preguntas de opción múltiple con escala ordinal (ejemplo: “Muy útil, Útil, Poco útil, Nada útil”), lo que permitió cuantificar la percepción de los estudiantes y facilitar la construcción de gráficos de análisis. Asimismo, se incluyó un espacio abierto para observaciones adicionales, donde los participantes pudieron expresar sugerencias o comentarios sobre el recurso.

Figura 6.

Captura parcial del cuestionario en formato digital.

Valor global y retroalimentación ⋮ *

¿Recomendaría el OVA a futuros estudiantes del curso?

Sí, definitivamente

Sí, aunque considero que debería mejorar

No

¿Qué fue lo que más le gustó del OVA? *

Texto de respuesta largo

¿Qué aspectos considera que deberían mejorarse? *

Texto de respuesta largo

¿Encontró errores ortográficos o de redacción? En caso afirmativo, especifique. *

Texto de respuesta largo

La aplicación del instrumento se realizó de forma virtual, lo cual facilitó la participación de los estudiantes y permitió alcanzar un número de respuestas superior al esperado. El procesamiento de la información se llevó a cabo en hojas de cálculo, consolidando porcentajes y tendencias que posteriormente se analizan en el apartado 5.

5.4. Análisis de resultados de la encuesta

Con el fin de evaluar la utilidad y pertinencia del Objeto Virtual de Aprendizaje (OVA) y del video explicativo elaborado en este trabajo de grado, se analizaron las respuestas de los 70

estudiantes encuestados. A continuación, se presentan los resultados de cada pregunta cerrada junto con su respectiva interpretación.

A continuación, en la siguiente tabla se presenta un resumen general de los resultados obtenidos en las preguntas cerradas de la encuesta.

Tabla 1.

Resumen de preguntas cerradas

Pregunta	Opciones de respuesta (%)	Interpretación principal
Experiencia previa con el destilador PIGNAT	45,7 % Sí 54,3 % No	Más de la mitad nunca lo había usado; el OVA es clave como preparación.
Facilidad de navegación del OVA	34,3 % Muy fácil 64,3 % Fácil 1,4 % Difícil	Interfaz intuitiva y clara.
Diseño visual y animaciones	28,6 % Muy atractivos 62,9 % Atractivos 8,6 % Poco atractivos	Valoración positiva, aunque hay oportunidad de mejora visual.
Funciones interactivas	41,4 % Muy útiles 57,1 % Útiles 1,4 % Nada útiles	La interactividad cumplió su propósito pedagógico.
Claridad de la información	38,6 % Muy clara 57,1 % Clara 4,3 % Algo confusa	El contenido fue comprensible, con mínimo margen de confusión.
Pertinencia de los temas	52,9 % Muy pertinentes 45,7 % Pertinentes 1,4 % Poco pertinentes	La selección de módulos fue adecuada.
Utilidad del video explicativo	52,9 % Muy útil 45,7 % Útil 1,4 % Poco útil	El video reforzó de manera efectiva la comprensión.
Comprensión de cálculos con el OVA	14,3 % Mucho 80 % Bastante 5,7 % Regular	El recurso fortaleció significativamente el aprendizaje de cálculos.

Utilidad del quiz de actividades	52,9 % Muy útil 38,6 % Útil 1,4 % Poco útil 7,1 % No respondí	La autoevaluación fue positiva, aunque algunos no lo completaron.
Recomendación del OVA a futuros estudiantes	81,4 % Sí, definitivamente 17,1 % Sí, con mejoras 1,4 % No	Validación final: la gran mayoría recomienda el recurso.

A continuación, se presentan los análisis individuales de cada pregunta. En esta sección se incluyen únicamente las gráficas más representativas de la encuesta, mientras que las correspondientes a las demás preguntas se encuentran en el Apéndice F.

Experiencia previa con el destilador PIGNAT.

54,3 % de los estudiantes indicó no haber tenido experiencia previa con el destilador, mientras que el restante 45,7 % sí lo había utilizado en prácticas anteriores. Este resultado evidencia la importancia del OVA como recurso de preparación previa, especialmente para aquellos estudiantes que llegan sin conocimientos prácticos del equipo. El hecho de que más de la mitad no tuviera experiencia refuerza el valor del material como herramienta introductoria.

Figura 7.

Experiencia previa en el destilador.

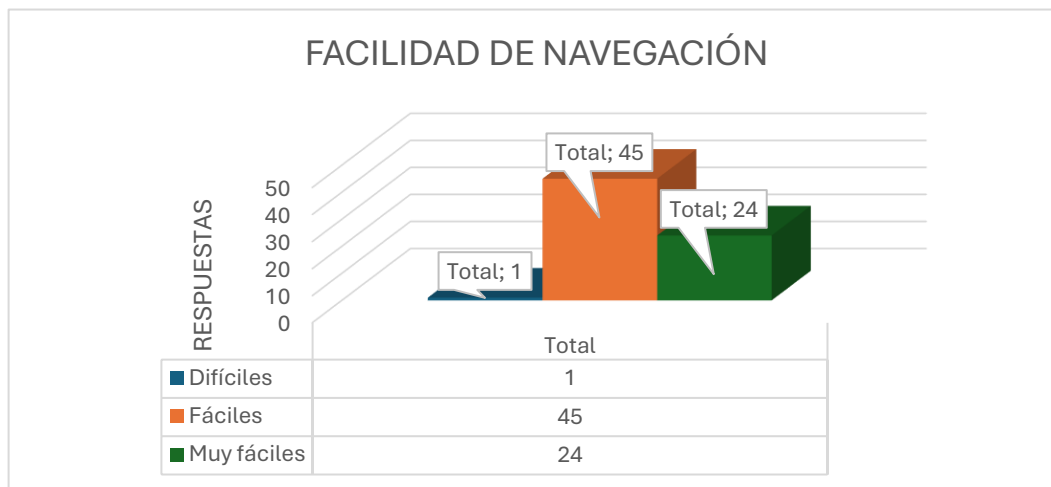


Facilidad de navegación del OVA.

El 64,3 % de los estudiantes calificó la navegación como “fácil”, el 34,3 % como “muy fácil” y solo el 1,4 % la percibió como “difícil”. El diseño interactivo de Genially fue bien recibido, mostrando que la mayoría de los estudiantes no encontró barreras de uso. La presencia mínima de respuestas negativas sugiere que la interfaz cumplió con el objetivo de ser intuitiva.

Figura 8.

Facilidad de navegación.



Diseño visual y animaciones.

El 62,9 % de los estudiantes lo calificó como “atractivo”, el 28,6 % como “muy atractivo” y el 8,6 % como “poco atractivo”. Los resultados reflejan una valoración positiva del aspecto gráfico, aunque el 8,6 % que lo percibió como poco atractivo señala un área de mejora futura en términos de diseño visual y estética.

Funciones interactivas.

El 57,1 % de los encuestados valoró las funciones interactivas como “útiles”, el 41,4 % como “muy útiles” y solo el 1,4 % indicó que fueron “nada útiles”. El alto porcentaje de valoración positiva muestra que los elementos interactivos (botones, esquemas clickeables, animaciones) cumplieron su función didáctica. La mínima respuesta negativa no representa un hallazgo significativo.

Claridad de la información.

El 57,1 % de los estudiantes consideró que la información fue “clara”, el 38,6 % que fue “muy clara” y el 4,3 % la calificó como “algo confusa”. La percepción general es que el contenido fue comprensible. Sin embargo, la existencia de un pequeño porcentaje que lo consideró confuso indica que ciertos apartados podrían beneficiarse de explicaciones más detalladas o ejemplos adicionales.

Pertinencia de los temas abordados.

El 52,9 % de los estudiantes consideró que los temas fueron “muy pertinentes”, el 45,7 % que fueron “pertinentes” y solo el 1,4 % los percibió como “poco pertinentes”. Casi la totalidad de los estudiantes reconoció la pertinencia de los módulos incluidos. El resultado valida que la selección de temas (generalidades, equipo, seguridad, práctica, cálculos) estuvo alineada con las necesidades académicas.

Utilidad del video explicativo.

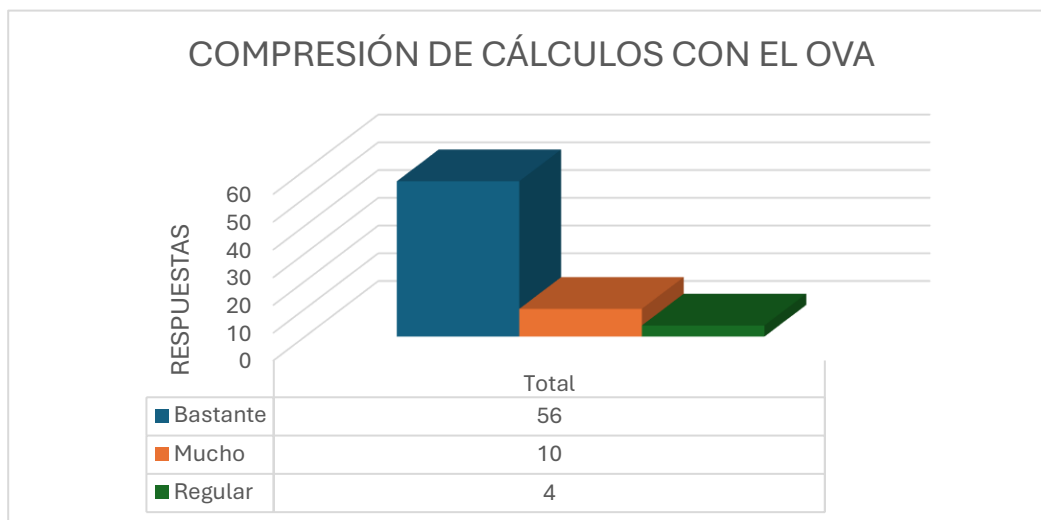
El 52,9 % de los estudiantes calificó el video como “muy útil”, el 45,7 % como “útil” y solo el 1,4 % lo consideró “poco útil”. La aceptación del video fue ampliamente positiva, confirmando que constituye un recurso complementario efectivo para reforzar la explicación del equipo. El bajo nivel de respuestas críticas sugiere que el objetivo del video se cumplió de manera adecuada.

Comprensión de cálculos con el OVA.

El 80 % de los estudiantes respondió que comprendió los cálculos “bastante”, el 14,3 % indicó “mucho” y solo el 5,7 % manifestó una comprensión “regular”. Los resultados demuestran que el OVA contribuyó significativamente a la comprensión de los cálculos experimentales. La mínima proporción que respondió “regular” evidencia la necesidad de reforzar con ejemplos o ejercicios más detallados, pero en general el indicador es altamente positivo.

Figura 9.

Comprensión de cálculos del OVA.



Utilidad del quiz de actividades.

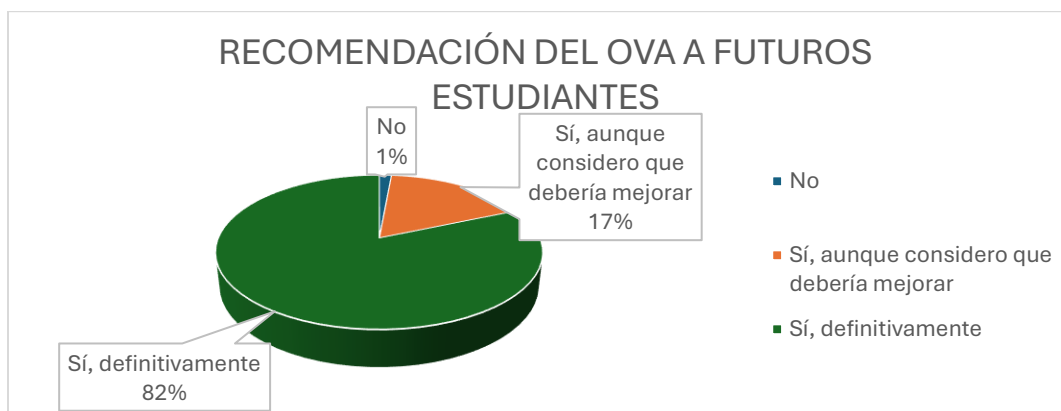
El 52,9 % de los estudiantes consideró el quiz como “muy útil”, el 38,6 % como “útil”, el 1,4 % como “poco útil” y el 7,1 % no lo respondió. El quiz fue valorado favorablemente como herramienta de autoevaluación. La fracción que no lo respondió corresponde a factores externos (desinterés o falta de tiempo), y no necesariamente a deficiencias del recurso.

Recomendación del OVA a futuros estudiantes.

El 81,4 % de los estudiantes indicó que recomendaría el OVA “definitivamente”, el 17,1 % señaló que lo recomendaría, aunque con algunas mejoras, y solo el 1,4 % afirmó que no lo recomendaría. Este resultado final confirma la aceptación generalizada del OVA. Más del 98 % de los estudiantes lo recomendaría a futuros cursos, validando el aporte del recurso al proceso de enseñanza-aprendizaje.

Figura 10.

Recomendación del OVA.



Análisis de preguntas abiertas.

Además de las preguntas cerradas, la encuesta incluyó tres preguntas abiertas con el fin de recoger observaciones cualitativas de los estudiantes. Entre los aspectos más destacados, se encontró que lo que más les agradó del OVA fue la claridad de la información y el video explicativo, señalados de forma recurrente como elementos de gran apoyo. En cuanto a posibles errores de ortografía, los encuestados manifestaron que no encontraron inconvenientes de este tipo. Finalmente, respecto a las sugerencias de mejora, varios estudiantes recomendaron realizar ajustes visuales menores, como el incremento del tamaño de letra en ciertas diapositivas o el refinamiento de algunos detalles estéticos.

Las respuestas completas se incluyen en el Apéndice G, mientras que en este apartado se presentan únicamente las tendencias generales y los comentarios más representativos.

6. Conclusiones

El desarrollo del Objeto Virtual de Aprendizaje (OVA) en la plataforma Genially permitió diseñar un recurso pedagógico interactivo e innovador, que integra teoría, práctica, cálculos y simulación, orientado a la comprensión del destilador PIGNAT DVI/3000/S. Este producto constituye un apoyo significativo para los estudiantes de la asignatura Laboratorio de Procesos II de la Universidad Industrial de Santander.

La inclusión de un video demostrativo, elaborado y editado en Camtasia Studio 8, complementó el recurso digital al mostrar de manera clara la operación del equipo, incluyendo sus partes, variables de operación, y los procedimientos de arranque y apagado. La incorporación de

este material audiovisual dentro del OVA fortaleció el aprendizaje visual y práctico de los estudiantes.

La validación mediante encuesta a 70 estudiantes evidenció una amplia aceptación del recurso. Más del 90 % calificó positivamente la claridad, la interactividad y la pertinencia de los contenidos, mientras que el 98,5 % recomendaría el OVA a futuros cursos. Estos resultados confirman que el objetivo principal del trabajo, consistente en diseñar un material de apoyo eficaz y pertinente, fue alcanzado satisfactoriamente.

Las respuestas cualitativas resaltaron la claridad de la información y la utilidad del video como los aspectos más valorados. Asimismo, no se identificaron errores de ortografía, y las sugerencias de mejora se centraron en aspectos visuales menores, como el tamaño de letra en algunas diapositivas. Esto demuestra la solidez del recurso, con oportunidades de perfeccionamiento en su diseño estético.

En términos académicos, este trabajo aporta a la línea de generación de Objetos Virtuales de Aprendizaje en el área de operaciones unitarias de la UIS, constituyéndose en una herramienta que promueve el aprendizaje autónomo, la preparación previa a las prácticas y la consolidación de conocimientos teórico-prácticos de la destilación.

7. Recomendaciones

Se recomienda a la Escuela de Ingeniería Química la implementación del Objeto Virtual de Aprendizaje (OVA) en la plataforma Moodle, como una herramienta pedagógica fundamental para fortalecer el proceso de enseñanza–aprendizaje en torno al equipo de torre de destilación. Esta propuesta no solo facilita el acceso flexible y autónomo a los contenidos, sino que también promueve la integración de recursos interactivos, simulaciones y actividades evaluativas que potencian la comprensión de conceptos teóricos y prácticos. Asimismo, su uso permite a los estudiantes familiarizarse con la operación del equipo antes de la práctica presencial en laboratorio, optimizando el tiempo, mejorando la seguridad en la ejecución de los experimentos y fomentando el desarrollo de competencias profesionales alineadas con los retos de la formación en ingeniería química.

Para futuras investigaciones o desarrollos relacionados con este Objeto Virtual de Aprendizaje, se sugiere incorporar tecnologías emergentes que enriquezcan la experiencia de aprendizaje y aumenten la interactividad del recurso. En particular, la integración de herramientas basadas en realidad virtual (RV) o realidad aumentada (RA) podría permitir una simulación más inmersiva de los equipos y procesos del laboratorio, facilitando la comprensión de conceptos complejos y fomentando un aprendizaje más dinámico y práctico. Esto también representaría un gran complemento y un avance significativo para el OVA desarrollado sobre la columna de destilación PIGNAT DVI/3000/S, al permitir que los estudiantes interactúen de manera más cercana con el equipo y su funcionamiento incluso fuera del entorno físico del laboratorio.

Referencias bibliográficas

- Antunez, Yarennis, and Margarita Soto. 2018. "Hysys Como Herramienta En La Asignatura Termodinámica Para Ingenieros Químicos (Primera Parte)." <https://www.redalyc.org/journal/4455/445558422002/html/>.
- Cabero-Almenara, Julio, and Carmen Llorente-Cejudo. n.d. "Covid-19: Transformación Radical de La Digitalización En Las Instituciones Universitarias Covid-19: Radical Transformation of Digitization in University Institutions." *Campus Virtuales* 9(2):2020. www.revistacampusvirtuales.es.
- Campo, Fernanda, Patricia Martínez, Maximiliano Gómez, and Jaime Rendón. 2013. "OrientacionesE-Learning_v7_20130521."
- Clavijo, Diego. 2018. "El Uso de Herramientas Virtuales Para Fortalecer El Proceso de Enseñanza de La Química En La Educación Media." UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA - UNAD, Pamplona.
- Colectivo químico. n.d. Retrieved August 10, 2025. <https://chemcollective.org/>.
- Distillation. 1936. *Industrial & Engineering Chemistry* 28(6):677. doi:10.1021/ie50318a015.
- Feria-Marrugo, Irina Margarita, and Zúñiga-López Irina. 2016. "Objetos Virtuales de Aprendizaje y El Desarrollo de Aprendizaje Autónomo En El Área de Inglés." *Praxis* 12(1):63–77. doi:10.21676/23897856.1848.

FITATÁ, MÓNICA. 2018. “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN CONTROL DE NIVEL EN EL FONDO DE LA PRIMERA COLUMNA DE LA TORRE DE DESTILACIÓN CONTINUA BINARIA EN EL CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN PROCESOS DE INGENIERÍA (C.I.P.I.)” UNIVERSIDAD DE BOGOTÁ JORGE TADEO LOZANO , BOGOTA.

García, Abel, and Jorge Gómez. n.d. “Aplicación de Un Modelo de Control Predictivo En El Control Óptimo de Una Columna de Destilación.” BOGOTA.

Liñán, David. n.d. “MODELAMIENTO RIGUROSO DE LA COLUMNA DE DESTILACIÓN DVI/3000/S Y VALIDACIÓN EXPERIMENTAL.”

Martinez, José, Lucía Moreno, Mariana Vargas, Tania Salgado, and Alocer García. n.d. “Construcción de Columna de Destilación En Aspen Plus .” Retrieved June 6, 2025. http://www.veranos.ugto.mx/wp-content/uploads/2023/09/Manual_Heriberto_Alcocer_Garci%CC%81a.pdf.

Moreira, Jenniffer, Liliana Mera, and Fabián Vera. 2021. “Dialnet-Objetos Virtuales De Aprendizaje Como Estrategia Didacti-8229663.” doi:<http://dx.doi.org/10.23857/dc.v7i3.2064>.

Patricia, Martha. 2020. “Compendio de Simuladores y Laboratorios Virtuales de Química y Otras Ciencias.” <https://view.genially.com/5f1b30fb204af70d99160519/guide-simuladores-y-laboratorios-virtuales-quimica>.

PIGNAT S.A. 2003. “DESTILACIÓN EN CONTINUO Ref. DVI_3000_S MANUAL DE USO.”

Sabaduche Rosillo, Daniela. 2015a. “Herramientas Virtuales Orientadas a La Optimización Del Aprendizaje Participativo: Estado Del Arte.”

Sabaduche Rosillo, Daniela. 2015b. “Herramientas Virtuales Orientadas a La Optimización Del Aprendizaje Participativo: Estado Del Arte.”

Wiley, DA. 2000. “Wiley, DA (2000). Conexión de Los Objetos de Aprendizaje Con La Teoría Del Diseño Instruccional: Una Definición, Una Metáfora y Una Taxonomía. En DA Wiley (Ed.), El Uso Instruccional de Los Objetos de Aprendizaje. - Referencias - Publicaciones de Investigación Científica.”

https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=2999237&utm_source=chatgpt.com.

APÉNDICES

Apéndice A. Modelo matemático para el cálculo del tamaño de la muestra.

Con el fin de determinar el número mínimo de estudiantes a encuestar para validar el Objeto Virtual de Aprendizaje (OVA), se empleó la fórmula estadística para el cálculo del tamaño de muestra en poblaciones finitas. Este modelo es ampliamente utilizado en investigaciones de tipo social, educativa y de mercado, y se fundamenta en la teoría del muestreo aleatorio simple desarrollada en estadística inferencial.

La expresión matemática es la siguiente:

$$n = \frac{N * Z^2 * p * q}{E^2 (N - 1) + Z^2 * p * q} \quad (\text{Ec. 1})$$

Donde:

n → tamaño de la muestra, es decir, el número mínimo de encuestados requeridos.

N → tamaño de la población total (en este caso, estudiantes inscritos en el curso).

Z → valor de la distribución normal asociado al nivel de confianza deseado (1.645 para 90%, 1.96 para 95%, 2.576 para 99%).

p → probabilidad de éxito o proporción esperada de la característica en estudio. Se acostumbra a usar 0.5 cuando no se conoce el valor real, ya que maximiza la varianza y, por tanto, el tamaño de la muestra.

q → complemento de p, es decir, $q = 1 - p$

E → error máximo permitido o margen de error (por ejemplo, 0.05 = 5%).

Aplicación al presente estudio

Para este estudio, se consideró una población total de 119 estudiantes inscritos en la asignatura Laboratorio de Procesos II de la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad Industrial de Santander. Se seleccionó un nivel de confianza del 95% ($Z = 1.96$), con una probabilidad de éxito $p=0.5$ y su complemento $q=0.5$. El margen de error máximo permitido se estableció en $E = 0.10$ (10%).

$$n = \frac{N * Z^2 * p * q}{E^2(N - 1) + Z^2 * p * q}$$

$$n = \frac{119 * 1.96^2 * 0.5 * 0.5}{0.10^2(119 - 1) + 1.96^2 * 0.5 * 0.5}$$

$$n = 53.3954401$$

$$n = 54 \text{ estudiantes}$$

De modo que, el tamaño de muestra requerido, calculado con un nivel de confianza del 95 %, correspondió a 54 estudiantes. Sin embargo, en la aplicación de la encuesta se logró obtener un total de 70 respuestas, lo cual supera el mínimo necesario y aumenta la representatividad de los resultados obtenidos.

Apéndice B. Manual de laboratorio.

En el siguiente enlace se encuentra disponible el manual completo para el desarrollo de la práctica con el equipo de destilación.

<https://drive.google.com/file/d/1NB3YvaAM6eYHonGUinYeaPfpYa1G8p7H/view?usp=sharing>

Apéndice C. Video explicativo del destilador PIGNAT.

Como complemento al Objeto Virtual de Aprendizaje (OVA), se desarrolló un video explicativo en el cual se presenta de manera práctica la descripción del equipo, sus partes principales, principios de funcionamiento y la secuencia de operación segura del destilador PIGNAT modelo DVI/3000/S.

Este recurso audiovisual busca reforzar la comprensión de los estudiantes y servir como guía de apoyo previo al trabajo experimental en el laboratorio.

Enlace al video: <https://www.youtube.com/watch?v=Ccj9d7b9AGY&t=0s>

Apéndice D. Contenido de la OVA.

Figura D1.

Página principal del OVA.



Figura D2.

Aviso importante para el manejo del OVA.

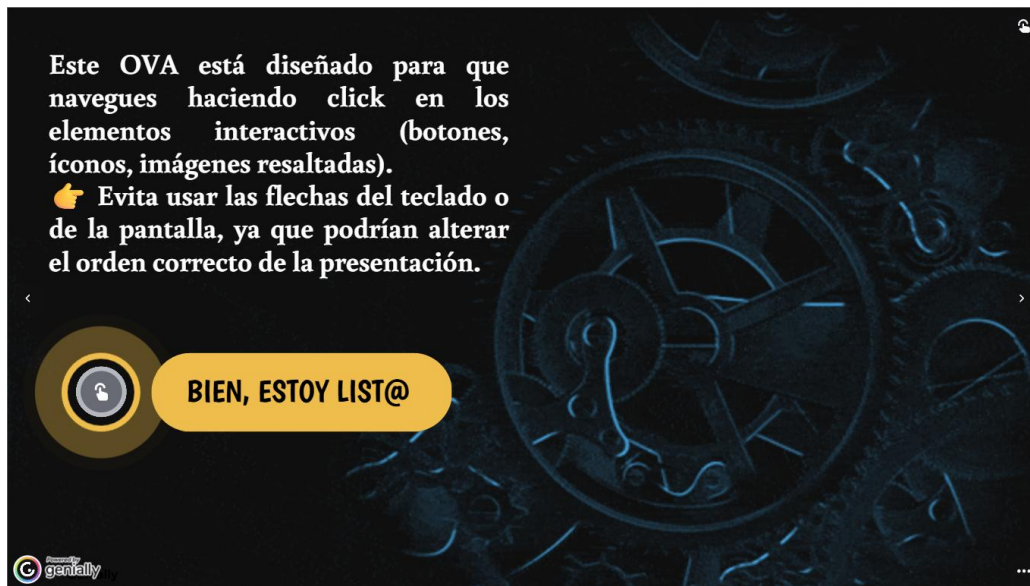


Figura D3.

Secciones del OVA.



Figura D4.

Sección de generalidades.

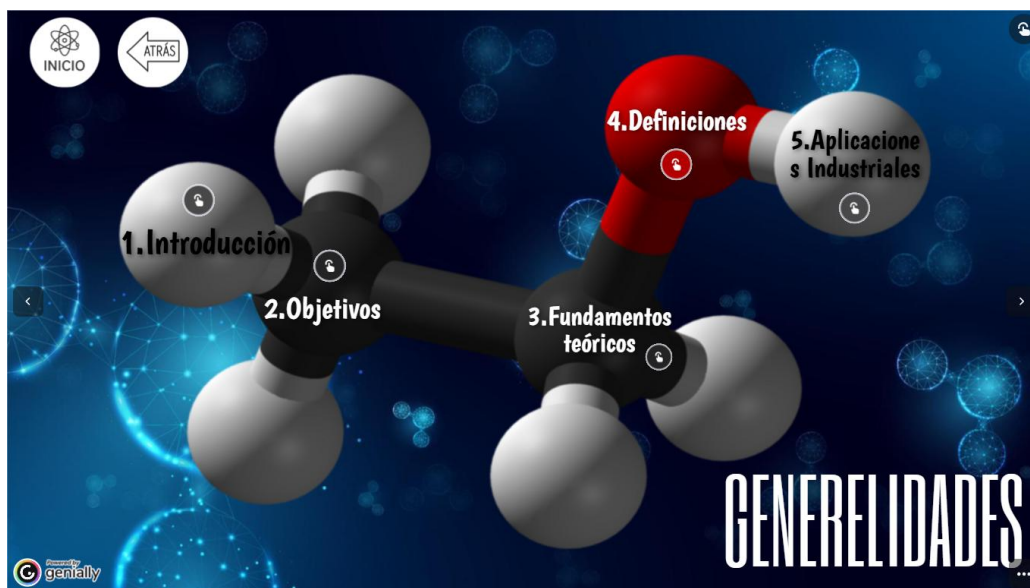


Figura D5.

Sección de equipo.

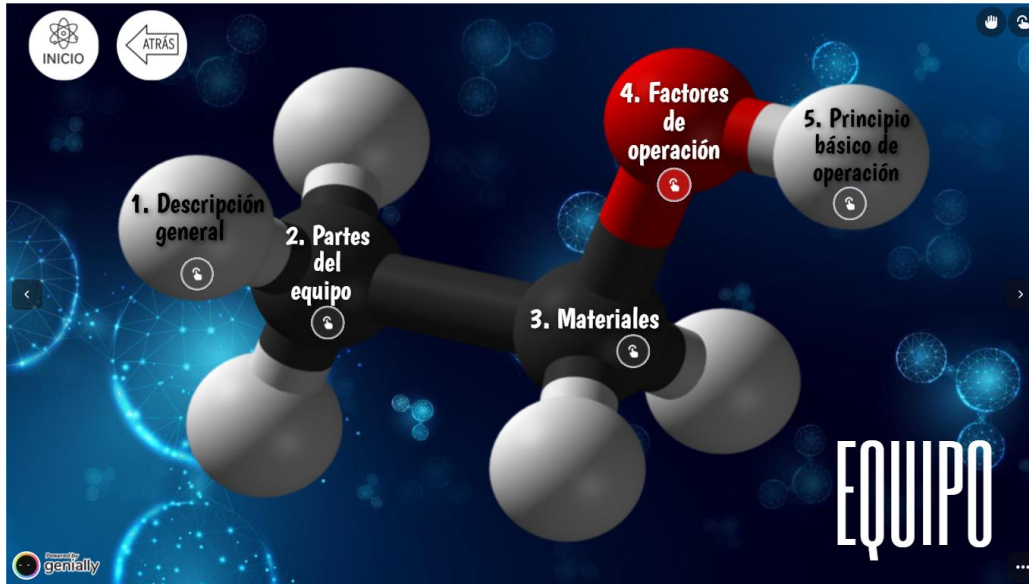


Figura D6.

Sección normas de seguridad.

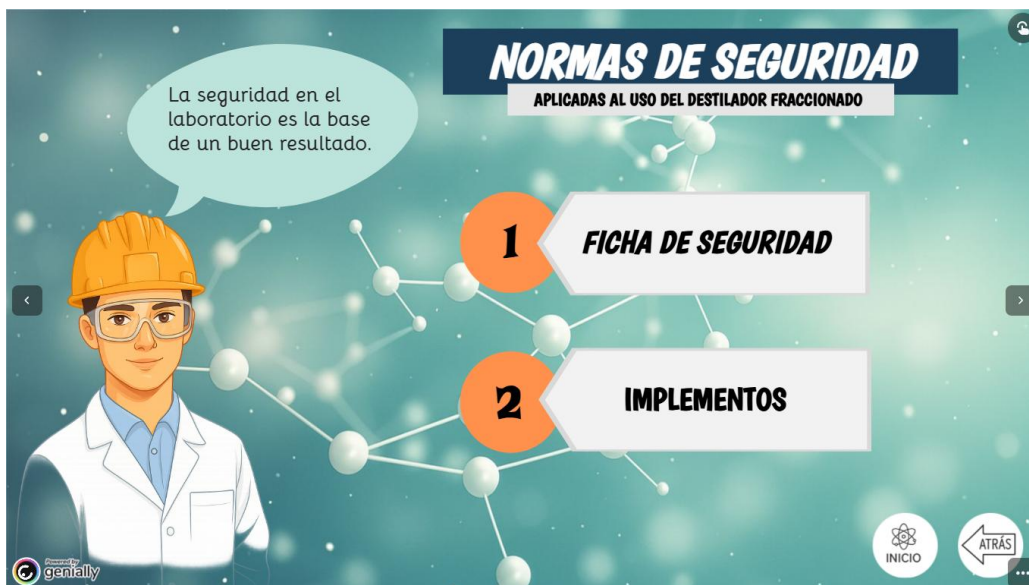


Figura D7.

Sección de descripción de la práctica.



Figura D8.

Sección de cálculos.

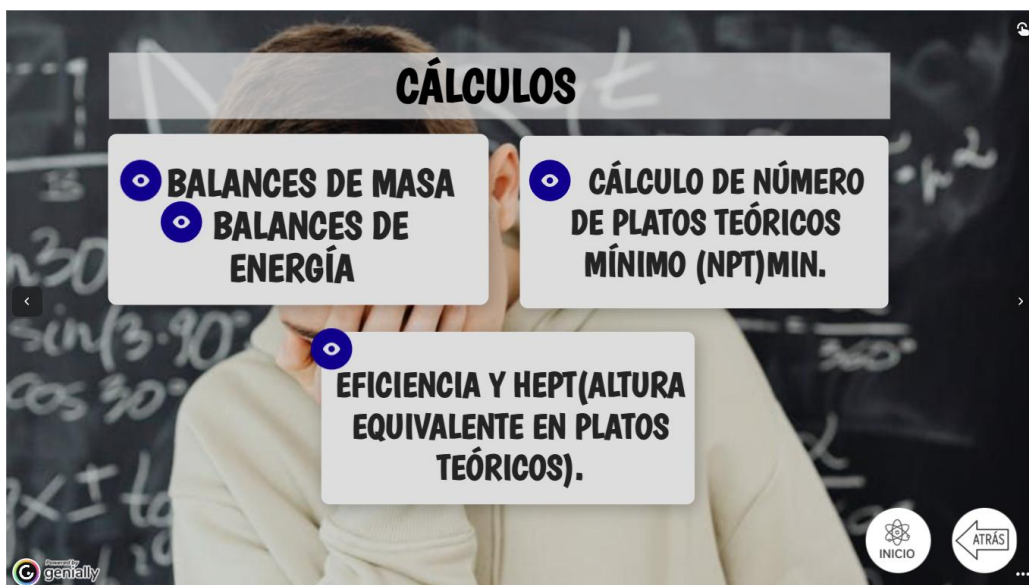


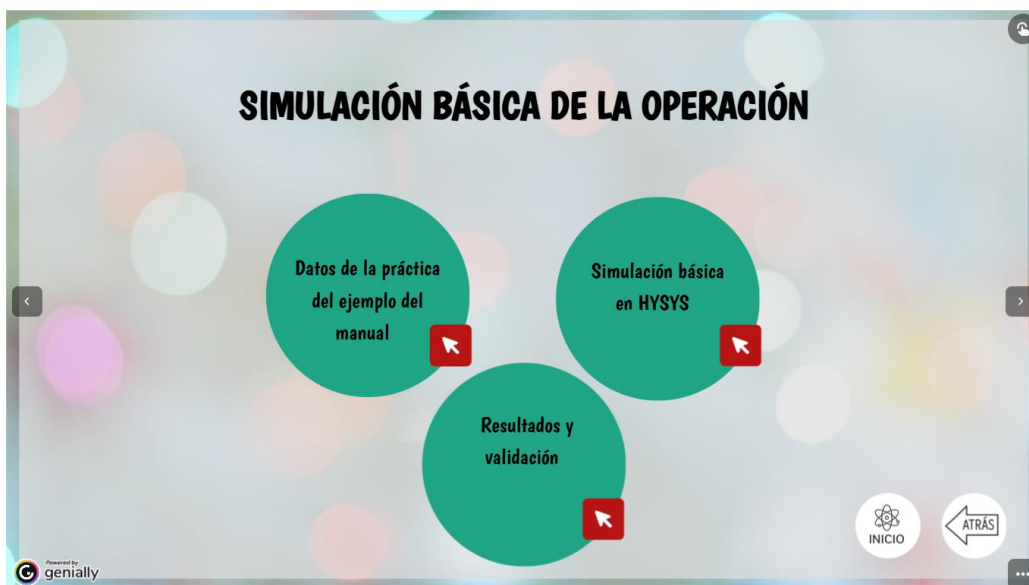
Figura D9.

Sección de actividades.



Figura D10.

Sección de simulación básica de la operación.



Para acceder y explorar en detalle el OVA, se debe ingresar al siguiente enlace.

<https://view.genially.com/68a4926eac1e3b82414c8c9/presentation-ova-de-laboratorio-torre-de-destilacion-pignat>

Apéndice E. Encuesta de satisfacción.

Figura E1.

Encuesta de satisfacción OVA torre de destilación PIGNAT.



Universidad Industrial de Santander

UIS 1948 2025

Encuesta de validación del OVA - Destilación fraccionada.

B I U ↻ ✕

Instrucciones: Esta encuesta es parte de un trabajo de grado en la UIS y tiene fines académicos. Tus respuestas serán analizadas únicamente de manera global, sin identificarte en el informe final.
El nombre se solicita únicamente para que los docentes puedan verificar la participación y, si lo desean, otorgar incentivos académicos.

Este formulario recopila automáticamente los correos electrónicos de todas las personas que lo responden. [Cambiar la configuración](#)

Para acceder a la encuesta, se debe ingresar al siguiente enlace.

<https://docs.google.com/forms/d/1iacKztNp9KBW-iU4RuzjloFg88UdM3NlmyXvc3QN44U/edit#responses>

Apéndice F. Gráficas complementarias de la encuesta de validación.

Figura F1.

Gráfico de satisfacción en diseño visual y animaciones.

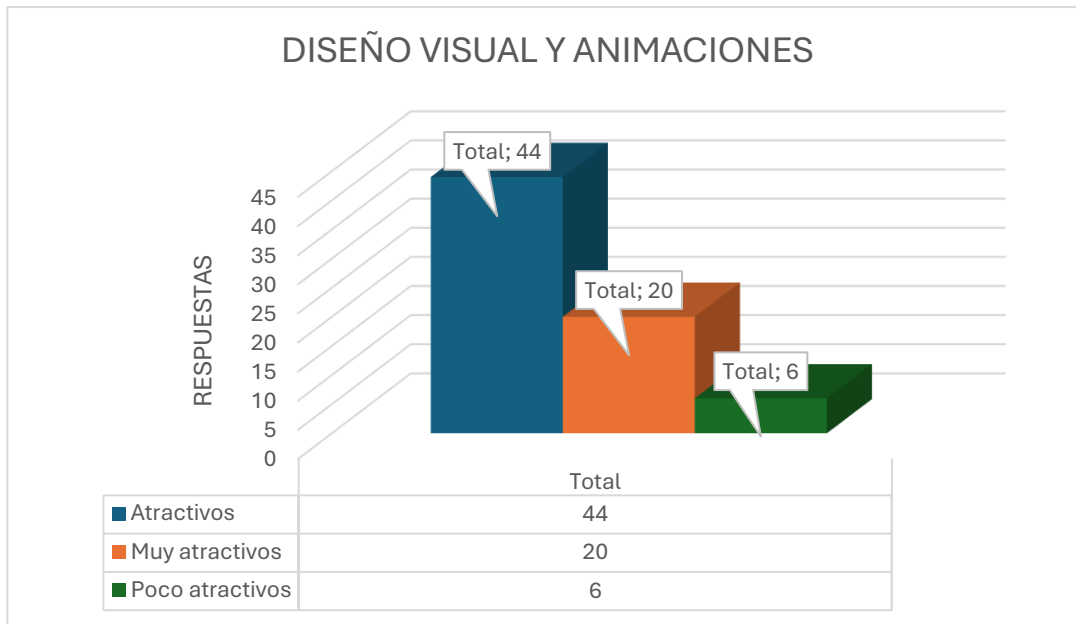


Figura F2.

Gráfico de funciones interactivas.

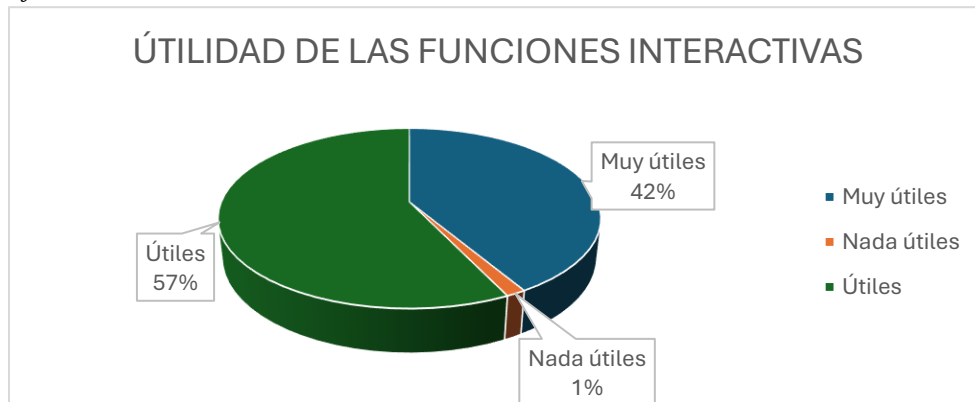


Figura F3.

Gráfico de claridad de la información.

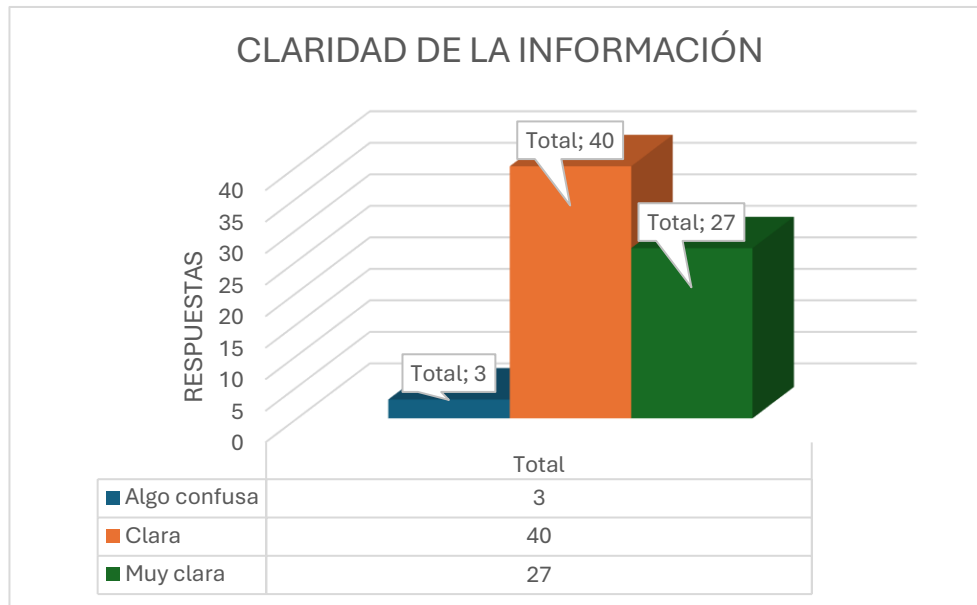


Figura F4.

Gráfico de Pertinencia de los temas abordados.

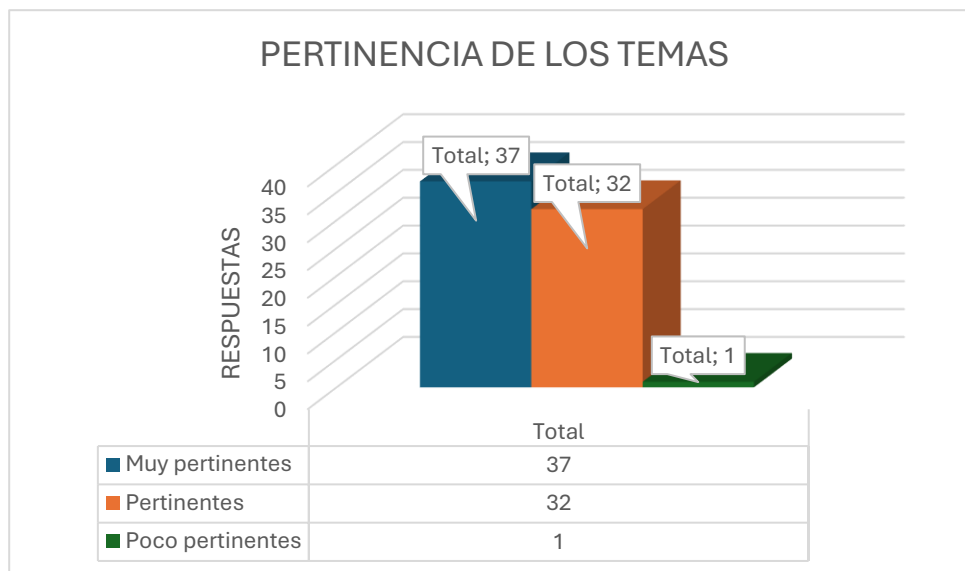


Figura F5.

Gráfico de Utilidad del video explicativo.

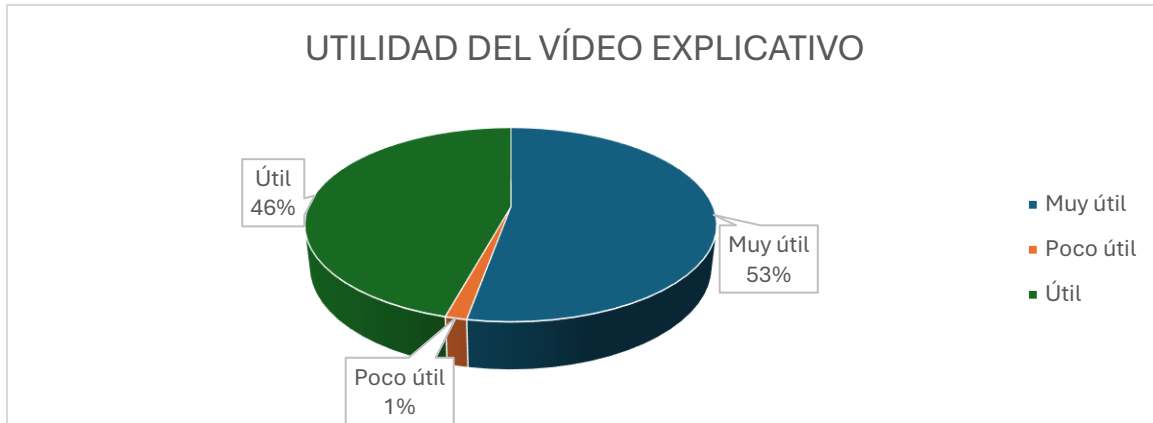
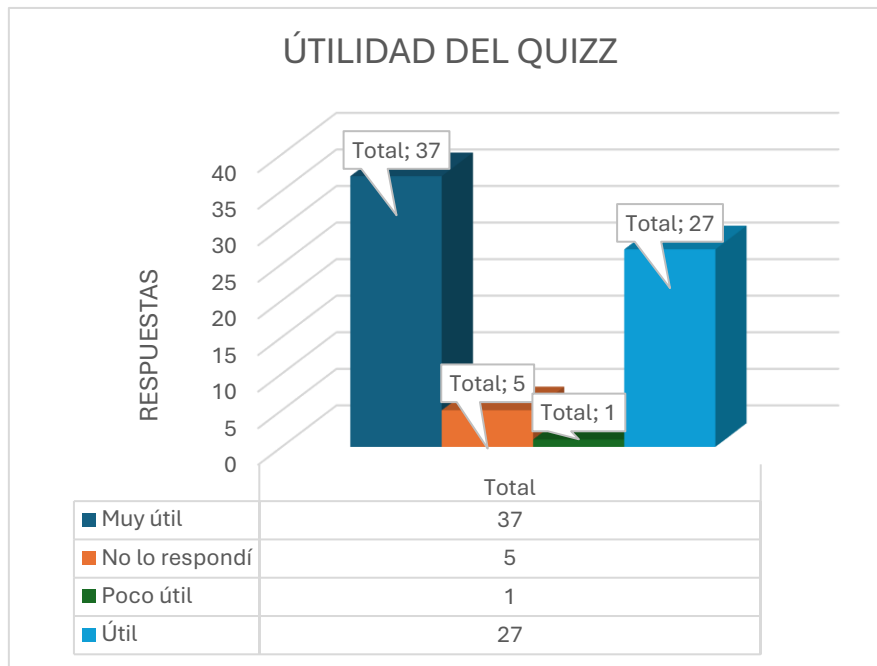


Figura F6.

Gráfico de Utilidad del quiz en el OVA.



Apéndice G. *Respuestas cualitativas de la encuesta de validación.***Tabla 2.** *Respuestas de la pregunta “¿Qué fue lo que más le gustó del OVA?”.*

¿Qué fue lo que más le gustó del OVA?
El vídeo explicativo
El video
Conocí dos puntos de vista, explicación por medio de diapositivas es decir exposición y este OVA. Sin dudar el OVA supera las expectativas y brinda un mejor acercamiento a este equipo. Aprendí más sobre este equipo.
Me gustó la estructura interactiva del OVA, la facilidad para acceder a los ítems que se querían visualizar y la información concisa y clara que se maneja.
La organización de su contenido y su presentación
El video
La división en secciones y cómo una práctica que puede llegar a ser un poco extensa de explicar se pudo enfocar en todos los puntos de forma eficiente.
El quiz es perfecto para corroborar los conocimientos adquiridos antes de la práctica
Me gustó que explicaron paso a paso y de manera entendible lo que se debe hacer en la práctica de laboratorio, que puede llegar a ser un poco confuso, pero lo abordaron de la mejor manera
Los balances
Me gustó del OVA que es una forma mucho más gráfica y didáctica para empaparnos del tema de la torre de destilación, ya que para otras prácticas se tiene es un manual de la unidad y siento que con esta herramienta el aprendizaje se hace más ameno
Que es muy interesante e interactiva para explicar el proceso
El estilo visual del Ova fue muy llamativo y por ende como que hace que las personas se conecten con el funcionamiento y hace que no sea aburrido
El diseño y la facilidad para encontrar lo que necesito y hasta lo que no sabia
Gráficamente muy claro
La creatividad que utilizaron para lograr interactuar con el lector y captar su atención, para así enfocarse en el tema
La forma tan detallada con la que se va desglosando tanto la teoría como el desarrollo de la práctica.
Que se puede aprender sobre el equipo de manera divertida y didáctica
Me gusto que brinde la información muy detallada del equipo, además del material de apoyo disponible (Excel, tablas y demás) que ayudan a comprender y afianzar más los conocimientos requeridos para esta práctica
La manera en que explica todo de forma tan interactiva
Como está organizada la información, hace que se entienda bien y está muy completo
El contenido

Filtraron el contenido más importante para poder hacer una primera interacción con el equipo
Las animaciones interactivas
Tiene imágenes bien ambientadas, muy creativo y clara la información
Su interfaz interactiva
Lo intuitivo que es la plataforma.
Creatividad
Explicación paso a paso del procedimiento y partes del equipo, con representación visual, consideraciones y desarrollo de las ecuaciones
Animación
La parte de los conocimientos previos
El diseño y lo interactivo que es
Que adjuntaran tablas y formulas
La forma de explicar el tema
Fue algo dinámico y cada cosa estuvo bien explicada
La claridad de la información sobre la práctica
Todo
La información clara y directa
La información muy clara y que hay muy buena interacción en la ova
Las imágenes y que todo era muy interactivo
Me gustó la forma en la que estaba organizada la información, es muy intuitiva y de fácil manejo.
Deja claro todo
El diseño
La parte didáctica de los conceptos
Me gusta la interacción con la ova y como se presentaba la información
La parte en la que explica cada componente del destilador para comprender mejor cómo funciona
La información presentada
La información
Lo interactivo que fue
Que es muy interactivo
Las animaciones son actualizadas y acordes al laboratorio.
Los botones para acceder a la información
Las ilustraciones
Está muy completo, desde los cálculos hasta detalles mínimos para que el experimento de los resultados correctos
fue interactivo y me ayudo aprender para el inicio de mi practica de laboratorio
El aprendizaje y su manera interactiva de explicar
Se explica de buena forma el funcionamiento y la puesta en práctica del equipo. Es una muy buena herramienta para comprender y no llegar tan perdido a la práctica.
Un trabajo demasiado completo donde se observa los aspectos más importantes de una manera clara y concisa sobre la torre de destilación.
Que es muy claro e intuitivo, además tiene suficientes apoyos visuales lo que lo hace mucho más fácil de digerir.

Que es claro y no es muy largo
El detalle pasó a paso
La explicación de los balances de masa y energía
Lo que más me gustó fue la claridad en la explicación de los contenidos, el uso de ejemplos prácticos y la organización del material, lo que facilitó la comprensión de los temas.
Me gustó la parte de las ilustraciones ya que es un método interactivo para el lector y hace que no sea aburrido ni metódico.
Era muy intuitivo el desplazamiento y navegación.
El aprendizaje
La dinámica del proceso
La metodología
Me gusta la facilidad de su manejo, muy buena organización, fácil y entendible
Es interactivo y fácil de usar
La facilidad y claridad al navegar

Tabla 3. Respuestas de la pregunta “¿Qué aspectos considera que deberían mejorarse?”.

¿Qué aspectos considera que deberían mejorarse?
Falta de balance de energía
Me gustó todo
Como gusto personal, prefiero algo consecutivo, donde el OVA sea unidireccional y poco a poco se desbloqueen los demás ítems para el aprendizaje. La opción en que el OVA me muestre que ítems yo quiero profundizar no es de mi agrado. Además, me parece muy bueno mostrar el resultado del quiz en general, no solamente respuesta por respuesta sino de manera global.
Nada, todo muy bien.
Agregar más formulas en caso de ser necesario para el dimensionamiento del equipo
Ninguno
De pronto sintetizar un poco más algunas secciones donde había demasiado texto, de pronto pasar mejor a numerales con las partes importantes o tablas que sean más visuales para la persona que se encuentre realizando el OVA.
La fluidez de las animaciones y el atractivo visual
Estuvo bien todo
Agregar sonido o algo así

Dejar un código QR en el equipo para que cualquier persona pueda escanearlo y tener acceso al OVA

Por el momento ninguno

Para mi está muy bien diseñada

quizás un ayuda de voz

En algunas partes hay mucho texto

Nada

De pronto en lugar de un quiz, fuese estilo juego, lo que hace que resulte ser un aprendizaje un poco más dinámico y que las cosas se memoricen mejor. Por otro lado, veo que en varias partes hay mucho texto esto puede causar al estudiante un poco de agotamiento. Pero, pues es parte del aprendizaje y creo que esa parte se podría mejorar.

Considero que podría mejorar un poco más la dificultad del juego para que sea más interesante

Considero que se debería mejorar un poco el video, en lo personal me fue un poco difícil entenderlo, ya que va rápido lo que dificulta la lectura de algunos textos disponibles y la comprensión del video se vuelve algo difusa. Y, por último, además desde mi punto de vista le mejoraría la voz, no es tan amena.

Es mucha información junta, podría hacer los videos más cortos y precisos

Consideró que si como esta, esta excelente

Estética

La presentación de la información, un poco más profesional

La dificultad del quiz

Yo lo dejaría así

Facilidad de conceptos

La calidad de las imágenes.

Imágenes más ilustrativas

Considero que podrían agregarse preguntas de retroalimentación al final de cada sección para afianzar la comprensión antes de continuar a la siguiente

Ninguno

Está bien

No considero nada en específico

No usar imágenes IA y ortografía

Que sea más explícita, que no haya tanto contenido textual.

siento que hay etapas en las que hay mucho texto, entonces eso puede disminuir el interés de las personas en seguir revisándolo

Menos texto, información más consistente

Ninguno
No tantas diapositivas
Que las imágenes sean más ilustrativas y recursivas
De pronto más actividades interactivas
Un poco más atractiva la interfaz
Debería ser más didáctico
Ampliar más la parte de fórmulas y conceptos
Creo q debéis sintetizarse o dividirse mejor para tener ir directo a lo q uno hace
Las ecuaciones y gráficas
Mayor claridad en la información y más vídeos relacionados al tema
La navegación
Letra más grande
Más fotos reales
Hacer los textos un poco más llamativos.
Las imágenes más llamativas
Más cortos los videos
Quizás la forma de algunas interacciones, un poco más atractivo
por el momento me pareció que estaba bien y tenía muy buena información y nos dan las fuentes de referencia para leer más sobre el tema
Creo que así está bien
Siento que es algo confuso el navegar por el OVA, no es muy claro el paso a paso de este. El diseño de este también lo tiende a hacer perder a uno.
En el apartado del quiz que, en vez de oprimirme flechas al terminar de contestar las preguntas, esa acción pase automáticamente. también mejorar el apartado estético de la ova.
No sabría qué mejorarle porque la información es completa.
siento que el quiz puede hacerse más lúdico y/o más claro
Ninguno
Parte visual
Considero que podría mejorar un poco más la parte visual
En mi caso no considero que debería de mejorarse ningún aspecto, ya que tanto la parte visual como otras me parecieron muy interactivas.

Dejar los botones en un solo lado ya que a veces están en la parte inferior y otras veces en la parte superior. Las generalidades y el equipo tienen el mismo diseño de la interfaz por lo que hace pensar que se leyó y se ignora. En la sesión de tablas de apoyo hay unas definiciones demasiado largas y muy técnicas. Además, mejorar las imágenes, sobre todo la del cálculo del método gráfico de McCabe Thiele. Hay mucha navegación para leer los objetivos, diría que una vez se dieran clic en los objetivos se pudieran leer en la siguiente página.

Que los sensores para pasar las preguntas no sean tan delicados

Organización

ninguno

Se podría mejorar la definición de ecuaciones

consideró que al empezar la ova sea más lineal ya que es una herramienta que muy pocas veces usamos y es un poco complicado definir qué botones usar

Podrían incluir animaciones para que sea más didáctico y no tan lineal
