

Desarrollo de un Material Educativo Computarizado (MEC) como herramienta de enseñanza y preparación para la práctica de filtración en un filtro de tambor rotatorio a escala laboratorio

Camila Fernanda Delgado Lamos y Karen Julieth Martinez Villamizar

Trabajo de Grado para optar al Título de Ingeniera Química
Modalidad de práctica en docencia

Director

Crisóstomo Barajas Ferreira

M. Sc. Ingeniería Química

Codirector

Humberto Escalante Hernández

M. Sc. Ingeniería Química

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Fisicoquímicas

Escuela de Ingeniería Química

Bucaramanga

2022

Agradecimientos

Le doy gracias a Dios por regalarme salud, bienestar y sabiduría para alcanzar este logro. Por levantarme en momentos de dificultad y por haber puesto en mi camino personas que me motivaron a superarme.

Le doy gracias a mi padre y a mi madre por su gran apoyo, cariño y paciencia a lo largo de este proceso formativo, por creer y confiar en mis capacidades. Todos mis logros se los debo a ustedes. Por sus palabras que me alientan siempre a seguir avanzando y por los grandes esfuerzos hechos. Todo su amor es muy bien correspondido.

A mis hermanas por acompañarme y brindarme palabras de aliento en el momento indicado. Por su gran interés en mi desarrollo profesional. También a mis sobrinas que con sus ideas y travesuras logran sacarme una sonrisa, haciendo más llevaderas mis rutinas diarias.

A mi compañero de vida Cristian Carrillo, por querer ser parte de este proceso, por hacerme ver la vida de una manera diferente indicándome que con trabajo y constancia todo es posible. Por acompañarme a lo largo de mi carrera, por ser mi apoyo incondicional y por estar presente siempre con palabras y acciones apropiadas. Por todo su tiempo, amor y comprensión.

A los profesores Crisóstomo Barajas y Humberto Escalante por su gran compromiso para con nosotras en el desarrollo del trabajo de grado. Por su interés y por estar al pendiente en la solución de inquietudes, por sus consejos encaminados siempre a obtener los mejores resultados.

A Karen por haberme elegido como compañera para el desarrollo de este trabajo de grado. Por su calidad humana y por buscar siempre el bienestar colectivo.

Camila Fernanda Delgado

Le doy gracias a Dios por acompañarme y guiar mi camino, por darme perseverancia y sabiduría en cada etapa de mi vida.

A mi hijo le agradezco por llegar a mi vida, por ser mi más grande motivación y el motor que me impulsa siempre hacia adelante en la consecución de mis sueños.

A mis padres por el infinito amor que siempre me han dado, por su comprensión y apoyo incondicional. También a mi hermana por sus consejos y por mostrarme con su ejemplo de vida que con esfuerzo y dedicación los sueños siempre pueden hacerse realidad.

A mi pareja quien todos estos años ha soñado a mi lado, por acoger mis sueños como suyos también, por su apoyo y su amor que me impulsan hacia un futuro de bienestar para nuestra familia. También a mis suegros y cuñados por siempre ayudarme cuando lo necesite.

Al profesor Crisóstomo Barajas Ferreira quien nos presentó su idea y nos permitió hacer parte de ella, gracias a él y al profesor Humberto Escalante por todo el tiempo y consejos brindados que permitieron que este trabajo de grado fuera una realidad.

A Camila por escogerme como su compañera de tesis, por su responsabilidad, compromiso y comunicación asertiva que siempre la han caracterizado.

A todas las personas que pusieron su granito de arena en nuestro trabajo de grado, técnicos de laboratorio, docentes y compañeros, gracias.

Karen Julieth Martinez Villamizar

Tabla de contenido

	Pág.
Introducción	11
1. Objetivos.....	13
1.1 Objetivo general	13
1.2 Objetivos específicos.....	13
2. Marco conceptual	13
2.1 Tecnologías de la información y la comunicación (TICs)	13
2.1.1 Definición	13
2.1.2 Características.....	14
2.2 Material educativo computarizado (MEC).....	15
3. Descripción metodológica	16
3.1 Marco teórico	17
3.2 Selección de herramientas de edición y software.....	18
3.3 Estructuración y creación del contenido teórico y práctico del MEC.....	20
3.3.1 Contenido teórico	21
3.3.1.1. Filtración.....	21
3.3.1.2. Fundamentos teóricos de la filtración.....	22
3.3.1.3. Tipos de Filtros	22
3.3.1.4 Ventajas y desventajas de los tipos de filtros.....	23
3.3.1.5 Aplicaciones generales de los filtros.....	23
3.3.2 Contenido práctico.....	23
3.3.2.1 Objetivos.....	24
3.3.2.2 Normas de seguridad.....	24
3.3.2.3 Elementos de protección individual.....	24
3.3.2.4 Materiales.....	24
3.3.2.5 Procedimiento	25
3.3.2.6 Recomendaciones	27
3.3.2.7 Tablas y anexos.....	27
3.3.3 Diseño y montaje del MEC	28
3.3.3.1 Diseño del MEC.....	28

3.3.3.2 Montaje del MEC.....	33
3.4 Creación del contenido evaluativo	34
3.5 Pruebas y ajustes del MEC.....	41
4. Resultados	42
5. Conclusiones	43
6. Recomendaciones	43
Referencias bibliográficas.....	45
Apéndices.....	48

Lista de Figuras

Figura 1	17
<i>Esquema metodológico</i>	17
Figura 2	20
Esquema de la estructura del MEC	20
Figura 3	29
<i>Mapa mental de tipos de filtros</i>	29
Figura 4	30
<i>Vídeo reconocimiento del equipo</i>	30
Figura 5	31
<i>Recurso gráfico de los materiales requeridos para la práctica de filtración</i>	31
Figura 6	32
<i>Descripción etiqueta</i>	32
Figura 7	32
<i>Descripción ventana emergente</i>	32
Figura 8	33
<i>Visualización para opción de cambio de página</i>	33
Figura 9	34
<i>Montaje MEC</i>	34
Figura 10	35
<i>Quiz 1. Sección teórica: Filtración</i>	35
Figura 11	36
<i>Quiz 2. Sección teórica: Fundamentos de la Filtración</i>	36
Figura 12	37
<i>Quiz 3. Sección teórica: Tipos de filtros</i>	37
Figura 13	38
<i>Quiz 1. Sección práctica: Reconocimiento del equipo</i>	38
Figura 14	39
<i>Quiz 2. Sección práctica: operación</i>	39
Figura 15 <i>Quiz 3. Sección práctica</i>	40

Lista de Tablas

Tabla 1	55
<i>Datos corrida 1: 300 g de soluto y presión de 8 inHg. Datos iniciales</i>	<i>55</i>
Tabla 2	56
<i>Datos corrida 1: 300 g de soluto y presión de 8 inHg. Datos del caudal de filtrado</i>	<i>56</i>
Tabla 3	56
<i>Datos corrida 1: 300 g de soluto y presión de 8 inHg. Datos del retenido.....</i>	<i>56</i>
Tabla 4	57
<i>Datos corrida 1: 300 g de soluto y presión de 8 inHg. Datos concentración de filtrado</i>	<i>57</i>
Tabla 5	57
<i>Datos corrida 2: 300 g de soluto y presión de 12 inHg. Datos iniciales</i>	<i>57</i>
Tabla 6	58
<i>Datos corrida 2: 300 g de soluto y presión de 12 inHg. Datos del caudal de filtrado</i>	<i>58</i>
Tabla 7	58
<i>Datos corrida 2: 300 g de soluto y presión de 12 inHg. Datos del retenido.....</i>	<i>58</i>
Tabla 8	59
<i>Datos corrida 2: 300 g de soluto y presión de 12 inHg. Datos concentración del filtrado</i>	<i>59</i>

Lista de Apéndices

Apéndice A: Proceso de filtración	48
Tipos de unidades de filtración	48
Fundamentos de la filtración	49
Masa de soluto perdida	49
Porcentaje de pérdidas	50
Porcentaje de humedad de la torta	50
Concentración de la solución	51
Peso equivalente de soluto	51
Número de equivalentes gramo	52
Masa de soluto en el volumen de filtrado	52
Concentración de sólidos	52
Eficiencia del proceso de filtrado	53
Resistencia de la torta y resistencia del medio filtrante	53
Apéndice B: Ejemplo para validación de la práctica de filtración	55
Apéndice C: Enlaces del trabajo de grado	63

Resumen

Título: Desarrollo de un Material Educativo Computarizado (MEC) como herramienta de enseñanza y preparación para la práctica de filtración en un filtro de tambor rotatorio a escala laboratorio*

Autor: Camila Fernanda Delgado Lamos, Karen Julieth Martinez Villamizar**

Palabras Clave: Aprendizaje, filtración, filtro, Softwares, MEC.

Descripción: El presente trabajo de grado surge en respuesta a la necesidad de crear un material de estudio que ayude a los estudiantes de laboratorio de procesos I de la Universidad Industrial de Santander a reforzar los conceptos de filtración y además permita explicarles de forma clara el procedimiento experimental llevado a cabo en la práctica de filtración con filtro de tambor rotatorio, permitiendo así mejorar su experiencia en el desarrollo de la práctica, lo que les ayudará a obtener un aprendizaje significativo.

Con este fin se ha diseñado un material de estudio computarizado (MEC) en el que se hace uso de diferentes softwares que permiten tener una interfaz didáctica y agradable para su estudio y se ha acudido a bibliografía científica para el desarrollo del cuerpo teórico y práctico de éste. A lo largo del presente trabajo se evidencian las diferentes etapas llevadas a cabo para la construcción del MEC, se muestra el contenido teórico y práctico del cual está constituido, se dan a conocer las herramientas utilizadas para su construcción, también se muestran piezas gráficas que representan partes importantes del MEC, y se describen los resultados, conclusiones y recomendaciones a las que se pudieron llegar tras la realización de este trabajo de grado.

* Trabajo de Grado

** Facultad de Ingenierías Físicoquímicas. Escuela de Ingeniería Química. Director Crisóstomo Barajas Ferreira. Codirector Humberto Escalante Hernández.

Abstract

Title: Development of a Computerized Educational Material (MEC) as a teaching tool and preparation for the practice of filtration in a rotary drum filter at laboratory scale*

Author: Camila Fernanda Delgado Lamos y Karen Julieth Martinez Villamizar**

Key Words: Learning, filtration, filter, software, MEC.

Description: This degree work arises in response to the need to create study material that helps process laboratory I students at the Universidad Industrial de Santander to reinforce the concepts of filtration and allows them to clearly explain the experimental procedure carried out in filtration practice with rotary drum filter, thus improving their experience in the development of the practice, which will help them obtain significant learning.

To this end, a computerized study material (MEC) has been designed in which different software is used that allows having a didactic and pleasant interface for its study and scientific bibliography has been used for the development of the theoretical and practical body of this study. Throughout the present work, the different stages carried out for the construction of the MEC are evidenced, the theoretical and practical content of which it is manufactured is shown, the tools used for its construction are disclosed, and graphic pieces that represent important parts of the MEC, and the results, conclusions and recommendations that can be reached after the completion of this degree work are described.

* Bachelor Thesis

** Facultad de Ingenierías Físicoquímicas. Escuela de Ingeniería Química. Director Crisóstomo Barajas Ferreira. Codirector Humberto Escalante Hernández.

Introducción

A lo largo de los años, la educación se ha impartido en las aulas de clase, que son espacios físicos donde el docente explica la temática y el estudiante interioriza dicho conocimiento. Hoy en día este concepto ha cambiado, gracias a los avances tecnológicos que han permitido implementar nuevas alternativas de enseñanza, en los que el aprendizaje es autónomo y dependiente del interés del estudiante. De esta manera, la educación virtual se ha posicionado últimamente como una forma eficiente, dinámica e independiente de acceder al conocimiento.

Teniendo en cuenta la importancia de la educación virtual en la actualidad y la necesidad de afianzar los conceptos requeridos para llevar a cabo la práctica de filtración realizada por los estudiantes de laboratorio de procesos I, se plantea la siguiente pregunta, ¿Es posible combinar los fundamentos teóricos y prácticos asociados a la práctica de filtración del laboratorio, en un entorno virtual de aprendizaje que ofrezca una preparación adecuada al estudiante antes de enfrentarse a la experiencia?

Dentro de la Universidad Industrial de Santander, específicamente en la Escuela de Ingeniería Química, se han diseñado e implementado diversas herramientas interactivas que buscan apoyar el aprendizaje en diferentes temáticas. Ejemplos de estos trabajos se encuentran los siguientes: Álvarez y Reyes (2009), diseñaron una herramienta interactiva para el acompañamiento del aprendizaje en la asignatura de Bioprocesos de la Escuela de Ingeniería Química, con el fin de motivar el autoaprendizaje del usuario a través de diversos recursos interactivos que le permitieran cuantificar su avance y su experiencia. Arteaga (2010), diseñó un Material Educativo Computarizado (MEC) para el aprendizaje del curso de estequiometría con el objetivo de brindar información de utilidad y de consulta rápida para que el usuario asimile conceptos básicos propios

de esta área del conocimiento. Angarita (2021), diseñó e implementó un Material Educativo Computarizado (MEC) para la enseñanza de la transferencia de calor en el diseño de condensadores, con el fin de recopilar el fundamento teórico asociado a esta temática y presentarlo en un entorno pedagógico y de fácil navegación. Así mismo, Almeida y Pérez (2021), desarrollaron un Material Educativo Computarizado (MEC) para la simulación de los fenómenos de transferencia e hidrodinámica en un evaporador de termosifón vertical a escala laboratorio, con el propósito de ofrecer una herramienta interactiva que permita a los estudiantes de la Escuela de Ingeniería Química, aclarar y revisar los contenidos teóricos propios de la práctica.

Teniendo en cuenta lo anterior y sabiendo que el común denominador de los trabajos señalados, es presentar una temática de interés para el estudiante de Ingeniería Química en un entorno virtual de aprendizaje que le permita afianzar los conocimientos y aprovechando la revolución tecnológica en la que estamos inmersos, se propone elaborar un MEC de la mano con las tecnologías de la información y las comunicaciones con el objetivo de complementar la ejecución de la práctica de filtración en un filtro de tambor rotatorio desarrollada en la asignatura de laboratorio de procesos I. El propósito de este trabajo de grado es diseñar un Material Educativo Computarizado, que incluya el contenido teórico, parte de los conceptos previos adquiridos por el estudiante y las bases necesarias para desarrollar la práctica, complementando dicha información con objetos animados que conformen una interfaz agradable y didáctica para el usuario.

El MEC se desarrolló empleando el software de Genially y se estructuró en dos partes: en la primera se recopiló el fundamento teórico y en la segunda se organizó el contenido práctico. Adicional al contenido, se anexaron en puntos estratégicos del recorrido virtual una serie de cuestionarios que tienen como objetivo poner a prueba los conocimientos del estudiante. De esta manera el usuario puede medir y enfatizar en los conceptos que aún no están claros.

1. Objetivos

1.1 Objetivo general

Desarrollar un material educativo computarizado (MEC) como herramienta de enseñanza y preparación para la práctica de filtración de la asignatura laboratorio de procesos I.

1.2 Objetivos específicos

- Realizar una búsqueda bibliográfica sobre los temas necesarios para el desarrollo del trabajo de grado.
- Diseñar un MEC con interfaz amigable que le permita al estudiante de laboratorio de procesos I, encontrar de forma clara los conceptos asociados a la filtración y al filtro de tambor rotatorio.
- Implementar en el MEC evaluaciones que permitan a los estudiantes afianzar los temas aprendidos.

2. Marco conceptual

2.1 Tecnologías de la información y la comunicación (TICs)

2.1.1 Definición

Las Tecnologías de la Información y la Comunicación, (TICs), son aquellas herramientas basadas en la tecnología digital que involucran un computador y la Internet, permitiendo

almacenar, procesar, recuperar, transmitir y presentar cantidades masivas de información (Cabero, 2015).

Las TICs han sido eje fundamental en el desarrollo de nuevas formas de enseñanza para el aprendizaje autónomo por parte del estudiante, han duplicado las posibilidades de búsqueda de información, han permitido abrir nuevos espacios para el saber y el conocimiento, permitiendo asimilar el aprendizaje de manera clara. En la enseñanza mediante TICs el estudiante deja de ser un actor que escucha a su maestro pasando a convertirse en un lector constante y crítico que empieza a disfrutar de su proceso de aprendizaje con autonomía y disciplina (Espinal, 2013).

El uso de las TICs en la educación permite desplegar, en otro entorno, nuevas estrategias metodológicas que pueden ser el vehículo del aprendizaje autónomo y de una buena combinación entre la presencialidad del aula con el seguimiento de actividades semipresenciales desarrolladas por medio de Internet (López, 2009).

2.1.2 Características

Las características más representativas de las TICs son:

- **Inmaterialidad:** Permite que la información creada, procesada y comunicada, pueda ser llevada a lugares remotos.

- **Interactividad:** Es una de las características más importantes en el campo educativo, ya que mediante dichas tecnologías se consigue un intercambio de información entre el usuario y el ordenador, permitiendo adaptar recursos a las necesidades del usuario.

- **Innovación:** Las TICs están produciendo una innovación constante en todos los ámbitos sociales, uno de ellos es el ámbito educativo donde los métodos tradicionales de enseñanza se

reemplazan por los métodos que involucran el uso de tecnologías. Están creciendo y cambiando constantemente para crear nuevos medios de comunicación. (Cabero, 1998)

2.2 Material educativo computarizado (MEC)

Un MEC “es la denominación otorgada a las diferentes aplicaciones informáticas cuyo objetivo terminal es apoyar el aprendizaje” (Galvis, 1993). Los MECs se caracterizan porque permiten a los estudiantes llevar el control de su propio aprendizaje. Los MECs emplean programas especiales, permitiendo al estudiante interactuar con la información que se presenta en entornos visual y estéticamente agradables. De esta manera el estudiante se enfrenta y comprende de una manera diferente e interactiva nuevos conocimientos (Leguizamón, 2006).

Los MECs se clasifican en materiales algorítmicos y heurísticos. En los materiales educativos algorítmicos predomina el aprendizaje vía transmisión de conocimiento desde quien sabe hacia quien lo desea aprender; se plantean herramientas con el objetivo de guiar al estudiante y este por su parte debe asimilar el mayor conocimiento posible. Por otra parte, en los materiales educativos heurísticos predomina el aprendizaje por experimentación y descubrimiento; el diseñador crea ambientes ricos en situaciones que el alumno debe explorar y este por su parte debe llegar al conocimiento a partir de la experiencia, creando sus propios modelos de pensamiento (Galvis y Salcedo, 1994).

En la escuela de Ingeniería Química de la UIS se han diseñado e implementado MECs en los que se involucra el uso de unidades de operación. *i)* Desarrollo de un Material Educativo Computarizado (MEC) para la simulación de los fenómenos de transferencia de calor e hidrodinámica en un evaporador de termosifón vertical a escala laboratorio, *ii)* Diseño e implementación de Material Educativo Computarizado (MEC) para la enseñanza de la

transferencia de calor en el diseño de condensadores y *iii*) Diseño de una herramienta computacional para la enseñanza de reactores CSTR.

3. Descripción metodológica

El desarrollo del trabajo de grado se estructuró en cinco etapas:

Etapla 1. Marco teórico: Búsqueda bibliográfica e investigación sobre los conceptos relacionados al MEC.

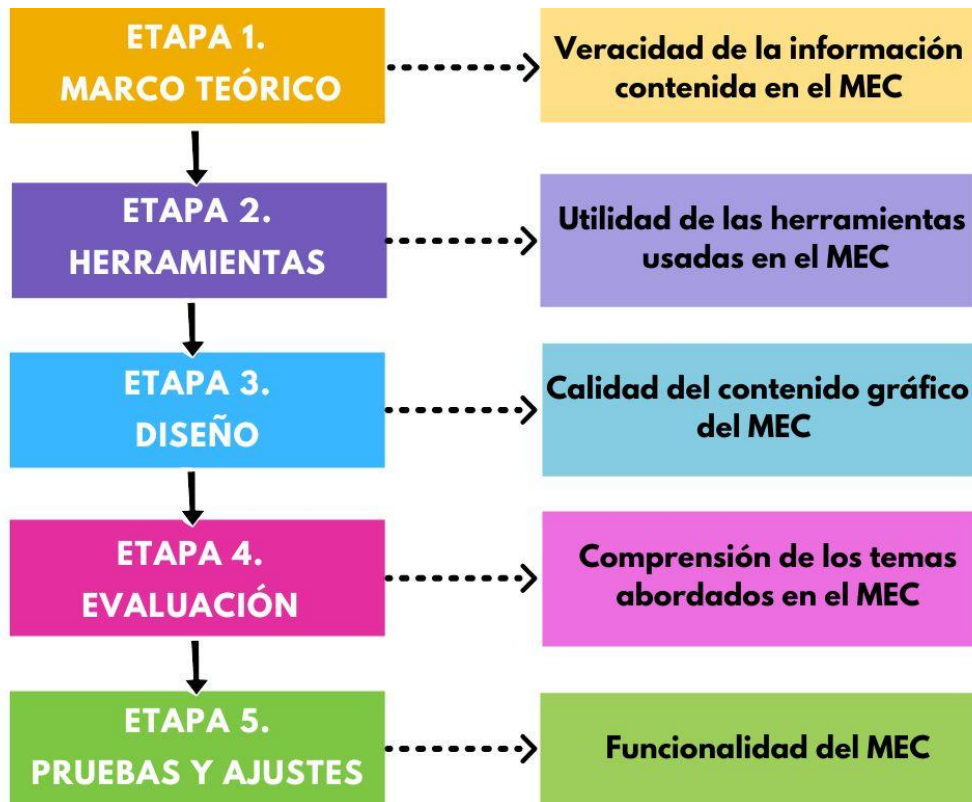
Etapla 2. Herramientas: Revisión de las herramientas y softwares de edición que se tienen a disposición para seleccionar las que mejor se adapten a las necesidades del MEC de filtración.

Etapla 3. Diseño: Organizar y realizar el contenido que se encontrará en el MEC, tales como, lecturas, vídeos, fotografías, diapositivas, botones interactivos, material gráfico y demás elementos multimedia que contendrán los componentes teóricos que se abordarán dentro del MEC, además de su posterior montaje.

Etapla 4. Evaluación: Se analizan los momentos claves en los cuales se deben incluir evaluaciones que le ayuden al estudiante a afianzar los conceptos aprendidos y le permitan realizar una retroalimentación de lo aprendido, además en esta etapa se realiza el material evaluativo.

Etapla 5. Pruebas y ajustes: Realizar las pruebas del MEC y los ajustes necesarios, con el fin de perfeccionar el resultado final que será entregado para su implementación en la asignatura laboratorio de procesos I.

En la figura 1 se presenta el esquema metodológico que se siguió para la realización del MEC.

Figura 1*Esquema metodológico*

3.1 Marco teórico

Se plantearon los temas asociados a filtración que se querían abordar dentro del MEC, escogiendo los que fueran de importancia para el entendimiento de la práctica de filtración. Al ser la filtración una operación unitaria, para la sección teórica del MEC la búsqueda bibliográfica se enfocó en libros de operaciones unitarias que incluyeran el tema de la filtración.

Adicionalmente, para estructurar la sección práctica del MEC se tuvo en cuenta el manual de la práctica de filtración proporcionado a los estudiantes por los docentes de la asignatura laboratorio de procesos I; teniendo presente hacer una revisión del mismo.

Asimismo, se hizo necesario realizar una consulta bibliográfica sobre materiales de estudio computarizados para comprender cómo debían ser realizados, su importancia y ventajas de la implementación de estos a nivel educativo.

3.2 Selección de herramientas de edición y software

La creación del MEC requiere del empleo de diversos programas de uso sencillo y didáctico. Todos ellos en conjunto permiten obtener un contenido virtual interactivo y visualmente agradable. Se realiza una búsqueda de los softwares empleados en entornos virtuales de aprendizaje y se eligen los siguientes:

- **Genially:** Software online que permite crear contenidos interactivos. Por medio de esta plataforma, es posible crear animaciones, dar interactividad e integrar los contenidos para presentarlos por medio de creaciones visuales mínimamente saturadas.

Esta herramienta se empleó para la presentación del MEC. En ella se realiza el montaje del contenido recopilado para la práctica y el enlace con materiales complementarios que sirven de apoyo para el usuario.

- **Microsoft Word:** Software que permite al usuario la creación y edición de documentos de texto mediante un ordenador. En este programa se recopiló y se organizó todo el fundamento teórico necesario para la realización de la práctica, para ser posteriormente vinculado con el entorno virtual de la plataforma Genially.

- **GoConqr:** Entorno de estudio online personalizado que incluye herramientas de aprendizaje, en donde el usuario puede crear, descubrir y compartir contenido educativo. Permite tomar notas, proponer ideas y evaluar lo aprendido. Por medio de esta plataforma se realizaron los

mapas mentales con el fin de presentar el contenido teórico de una manera explícita, organizada y de fácil asimilación para el usuario.

- **Google:** Portal de búsqueda especialista en la creación de productos y servicios enfocados a internet, que tiene como objetivo ofrecer al usuario una manera fácil, rápida y directa de encontrar información. Por medio de esta herramienta se recopiló parte del contenido teórico de la práctica y las imágenes asociadas a los contenidos enunciados.

- **Canva:** Herramienta de diseño que posee una gran infinidad de elementos prácticos para elaborar toda clase de proyectos visuales. Este portal se utilizó para crear objetos visuales llamativos y fondos para la interfaz del MEC.

- **Blender:** Programa informático gratuito y de código abierto que permite modelar, animar y realizar gráficos tridimensionales de manera digital. Por medio de este programa se modeló en 3D el equipo de filtración usado en laboratorio de procesos I.

- **Adobe Substance 3D Painter:** Aplicación en la cual se reúnen un conjunto de herramientas que permiten dar textura a gráficos en 3D ayudando a darles un aspecto realista. Esta aplicación fue usada sobre el modelo 3D del equipo de filtración realizado en el programa Blender, para darle una apariencia real al equipo se añadieron texturas que imitan los materiales que componen el equipo de filtración.

- **Adobe Premiere Pro:** Software de edición de vídeo que contiene una serie de herramientas de fácil manejo que permiten componer clips, crear transiciones, agregar audio, entre muchas otras características que posibilitan obtener vídeos de alta calidad. Este software fue utilizado para la creación de dos vídeos: El primero es el del reconocimiento del equipo en el que

se muestran cada una de las partes del equipo de filtración, y el segundo es el del funcionamiento del equipo de filtración.

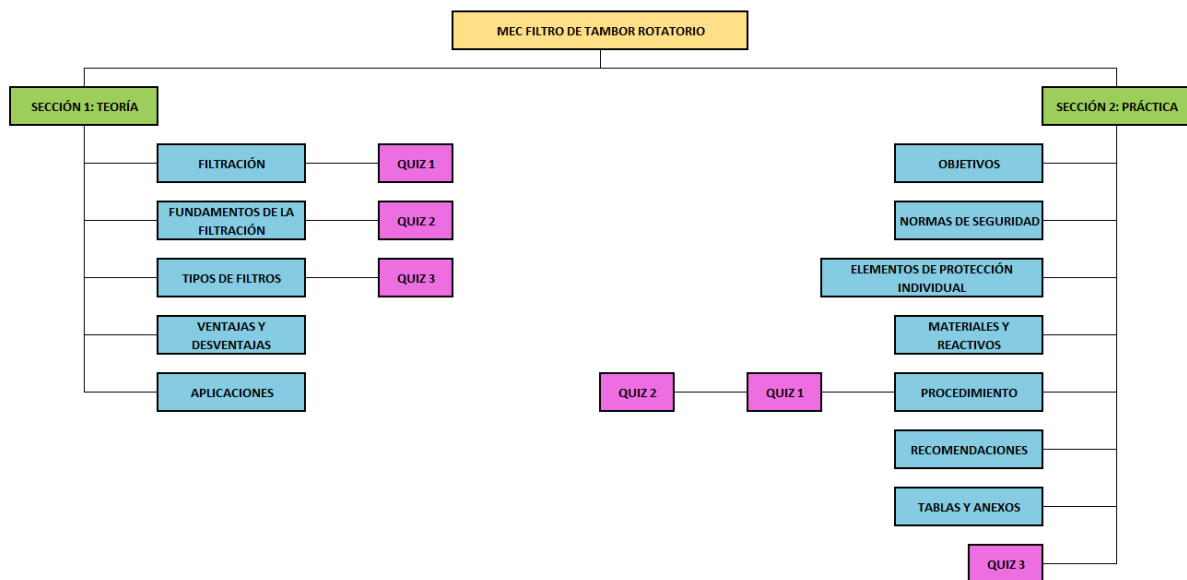
3.3 Estructuración y creación del contenido teórico y práctico del MEC

El MEC se estructuró en 2 apartados generales. En el primero se presenta el fundamento teórico que engloba la práctica de filtración en el laboratorio y que es de suma importancia para su desarrollo. En el segundo apartado, por medio de contenido interactivo se presenta una forma sencilla, secuencial y coherente de realizar la práctica buscando que el aprendizaje sea eficaz y autónomo.

En la figura 2 se presenta la estructura del MEC.

Figura 2

Esquema de la estructura del MEC



3.3.1 Contenido teórico

En este capítulo se reúne el fundamento teórico que sirve como base para la realización de la práctica de filtración. Con el objetivo de presentar el contenido teórico de forma metódica, se estructuran 6 subcapítulos ordenados de la siguiente manera:

3.3.1.1. Filtración

La filtración es la operación por la cual se separan los sólidos suspendidos presentes en determinado fluido utilizando una superficie permeable conocida como medio filtrante. De esta manera, en este subcapítulo se hace mención a la filtración como operación unitaria, las características más particulares y algunos criterios importantes a tener en cuenta en este proceso. Se estructura de la siguiente manera.

- **Definición:** Aquí se enuncia el concepto de filtración como operación unitaria en la industria, los tipos de fluidos que se pueden tratar en este proceso y el mecanismo de acción por el cuál es posible la filtración.

- **Medios Filtrantes:** Son los encargados de retener y soportar la torta que se va formando producto de la operación. En este apartado se menciona el concepto de medio filtrante, su función dentro del proceso, la importancia de realizar una correcta selección y cómo afecta este parámetro la eficiencia. Así mismo se mencionan los criterios a tener en cuenta para seleccionar un medio filtrante y los materiales más utilizados a nivel industrial, entre los que se destacan las materias filtrantes y los materiales tejidos y no tejidos.

- **Selección del equipo de filtrado:** Existen criterios importantes que se deben tener en cuenta al momento de seleccionar un filtro. Esta selección depende en gran medida de la economía,

pero las ventajas económicas varían dependiendo de diversos factores. En esta sección se mencionan dichos criterios.

- **Coadyuvantes de Filtración:** Son materiales que se utilizan con frecuencia para acelerar la filtración o hacer posible recolectar de manera más completa las partículas finas que contiene la suspensión. En esta sección se menciona la función de dichos materiales dentro del proceso y los coadyuvantes de filtración mayormente empleados. Así mismo se indica cuando es conveniente emplearlos y las dos formas existentes para este fin.

3.3.1.2. Fundamentos teóricos de la filtración

En el proceso de filtrado existen parámetros relevantes como lo son la resistencia de la torta y la resistencia del medio filtrante que ofrecen oposición a la filtración y que dependen entre otros factores de las propiedades del material a filtrar. En este apartado se indica la forma de calcular dichos parámetros y la descripción del modelo matemático del proceso desde la formación de la torta, hasta el cálculo de la eficiencia. La descripción detallada puede visualizarse en el Anexo A.2.

3.3.1 3. Tipos de Filtros

En la industria es posible encontrar diversas unidades de filtración empleadas cada una de ellos con un objetivo específico. Los diversos procedimientos para producir la fuerza impulsora del fluido, los diferentes métodos de formación y separación de la torta y las distintas técnicas usadas para eliminar el fluido filtrado de la torta recién formada, requieren una gran variedad de equipos de filtración. En general, los filtros se pueden clasificar de acuerdo a la naturaleza de la fuerza impulsora que provoca la filtración, vea Anexo A.1.

3.3.1.4 Ventajas y desventajas de los tipos de filtros

El empleo de los filtros en la industria depende de diversos factores. Entre dichos factores están: la cantidad de fluido que se desea tratar, la cantidad de materiales sólidos presentes en la suspensión, la necesidad de recuperar el producto sólido, los requerimientos de operación tales como presión necesaria para el proceso y el modo de operación. De acuerdo a estos parámetros, se presentan las ventajas y desventajas que ofrecen los distintos filtros.

3.3.1.5 Aplicaciones generales de los filtros

Finalmente se dedicó un subcapítulo del MEC para ahondar en las diferentes aplicaciones ofrecidas por cada filtro. El empleo de determinado equipo radica como ya se mencionó, en los requerimientos del proceso, en los costos de operación, puesta en marcha y mantenimiento, y en las condiciones que se desea obtener ya sea la torta o el filtrado.

3.3.2 Contenido práctico

En este capítulo se reúnen todos los conocimientos prácticos que el estudiante debe tener claros antes de realizar su práctica de filtración para que esta sea llevada a cabo de manera exitosa. Se dividió en varios subcapítulos que fueron ordenados de forma idónea, como se muestra a continuación, permitiendo que el estudiante pueda adquirir de manera sencilla los conocimientos requeridos para efectuar la práctica.

3.3.2.1 Objetivos

En este subcapítulo se dan a conocer el objetivo general y los objetivos específicos que se esperan alcanzar tras efectuar la práctica de filtración.

3.3.2.2 Normas de seguridad

Al llevar a cabo procesos dentro de un laboratorio se deben tener en cuenta normas de seguridad, que permiten proteger la salud de las personas presentes en el laboratorio. En este subcapítulo se especifican las normas de seguridad que se deben aplicar al realizar la práctica de filtración y además se usa un botón interactivo que le permite al estudiante ampliar la información de las normas de seguridad que se deben seguir en cualquier laboratorio.

3.3.2.3 Elementos de protección individual

Se indican los elementos de protección individual que deben ser usados por los estudiantes durante la realización de su práctica de filtración, para protegerse de posibles lesiones que puedan presentarse en el desarrollo de esta. Además, se agregó un botón interactivo en el cual se les indica cómo deben ir presentados, para de igual manera evitar posibles lesiones en el interior del laboratorio.

3.3.2.4 Materiales

En este subcapítulo se muestran de manera gráfica y escrita los materiales que se usarán durante el desarrollo de la práctica de filtración y se usa un botón interactivo que permite ver los reactivos que serán empleados.

3.3.2.5 Procedimiento

En este subcapítulo se presentan todas las etapas que componen el procedimiento para la realización de la práctica, estas son:

Etapas 1: Reconocimiento del equipo

En esta etapa se dan las indicaciones que el estudiante debe seguir para hacer el reconocimiento del equipo, permitiéndole familiarizarse con sus componentes, para que al momento de su manipulación se ejecute de manera correcta.

Además, se incluyó un vídeo en el que se presenta en tercera dimensión el filtro de tambor rotatorio, y en él se evidencian las partes que lo componen. Lo anterior con el fin de que el estudiante tenga un primer acercamiento al equipo, que le permita ver de manera real el aspecto de cada una de sus partes.

Etapas 2: Preparación

El principio de la práctica de filtración es evaluar la influencia de las variables (masa de soluto, presión de vacío) y cómo el cambio de estas afecta el proceso de filtración y su eficiencia, es por esto que se propone variar la masa de soluto o la presión de vacío según las indicaciones del docente y se muestra el rango de valores en el que se puede llevar a cabo esta variación, para que el proceso sea realizado de manera eficiente. Además, se dan las indicaciones para realizar la preparación de la solución problema a partir de carbonato de calcio.

Etapas 3: Operación

En esta etapa se muestra el paso a paso que el estudiante debe seguir para el manejo del equipo de filtración y el desarrollo operativo de la práctica. También se presenta un vídeo en el

que se replica en tercera dimensión el filtro de tambor rotatorio y se muestra el funcionamiento del equipo siguiendo el paso a paso que se debe replicar durante la práctica, de modo tal que el estudiante al observar el vídeo pueda entender y recordar más fácilmente lo que deberá realizar en el momento de llevar a cabo su práctica de filtración.

Etapa 4: Recolección de datos

En esta etapa se indica a los estudiantes los pasos que deben seguir para recolectar una parte de los datos que necesitarán para su posterior tratamiento, y además se les indica cómo deben realizar la recolección de la muestra de filtrado que en la siguiente etapa se titulara.

Etapa 5: Titulación

En esta etapa se da el paso a paso que el estudiante debe seguir para realizar la titulación de la muestra de filtrado recolectada anteriormente, lo que les permitirá conocer la concentración de carbonato de calcio presente en el filtrado que se obtuvo durante la realización de la práctica.

La práctica de filtración se realiza en la asignatura laboratorio de procesos I, este es el primer acercamiento que tienen los estudiantes de ingeniería química a un laboratorio y a el uso de equipos, por tal motivo el estudiante no se encuentra familiarizado con el proceso de titulación, es por esto que en esta sección se incluyen botones interactivos que permiten acceder a contenido teórico y audiovisual que ayudarán al estudiante a tener una mayor comprensión del proceso de titulación, su finalidad y los cálculos que deben efectuarse para encontrar la concentración que se quiere conocer.

Etapa 6: Medición de torta

Otro de los datos importantes que deben conocer los estudiantes para su posterior tratamiento es el peso de la torta seca, en esta sección se les indica cómo pueden obtenerlo.

Etapa 7: Limpieza del equipo

Esta etapa generalmente es realizada por los técnicos del laboratorio, aun así, fue incluida dentro del MEC para que el estudiante comprenda la importancia que tiene la limpieza de los equipos tras su uso, ya que si esta no se efectúa de manera periódica los equipos pueden sufrir daños que impedirían su posterior uso.

3.3.2.6 Recomendaciones

Este subcapítulo fue incluido para darle al estudiante algunas recomendaciones importantes que le facilitaran la realización de la práctica de filtración, y otras que le ayudarán a hacer un correcto uso de los equipos usados durante la práctica, evitando así posibles daños que podrían darse si no se tienen en cuenta.

3.3.2.7 Tablas y anexos

En este subcapítulo el estudiante podrá acceder y descargar el manual de la práctica de filtración suministrado por los docentes de la asignatura laboratorio de procesos I, y además podrá descargar las tablas que deberá llevar al laboratorio cuando realice la práctica de filtración, en estas podrá ir anotando los datos recolectados a lo largo de la práctica.

3.3.3 Diseño y montaje del MEC

3.3.3.1 Diseño del MEC

El primer paso dentro de este apartado fue organizar el contenido teórico previamente consultado y seleccionado, dentro de la interfaz del MEC.

Una vez dispuesta esta información, se continuó con la creación de ayudas audiovisuales. Con el objetivo de presentar un contenido formativo y pedagógico, se emplearon diversos recursos. El primero de ellos fue la estructuración del contenido mediante el empleo de mapas mentales que buscan presentar la información de manera organizada con el fin de que el usuario tenga una mejor comprensión de los conceptos planteados. Así mismo, tomamos la idea de que el ser humano interioriza y apropia mejor el conocimiento cuando este se presenta en una interfaz visualmente agradable. Durante el recorrido del MEC se presentan varios mapas mentales que apuntan al mismo objetivo.

En la Figura 3 se presenta un ejemplo de los mapas mentales que se encuentran en el MEC.

Figura 3*Mapa mental de tipos de filtros*

Además de este recurso, se crearon una serie de videos donde se presentan las partes del equipo y el funcionamiento del mismo. Se empleó este recurso con el objetivo de presentar al estudiante de forma detallada cada uno de los componentes del equipo y su función dentro del proceso. Así mismo recrear el funcionamiento para facilitar la asimilación de los conceptos al momento de realizar la práctica.

En la figura 4 se muestra la forma en que los vídeos son presentados en el MEC.

Figura 4*Vídeo reconocimiento del equipo*

De igual forma se crearon diversos recursos gráficos, como el que se presenta en la figura 5, estos se realizaron en la página web de diseño Canva, los cuales no fueron posibles crear en Genially por tener un contenido gráfico más limitado, se hicieron con el fin de proporcionar información específica que llamará la atención de los estudiantes y despertará mayor interés en ellos al ir recorriendo el MEC.

Figura 5

Recurso gráfico de los materiales requeridos para la práctica de filtración



Adicional a las ayudas multimedia creadas, también fue necesario presentar ampliaciones de la información mediante etiquetas y ventanas emergentes, las etiquetas, como la presentada en la figura 6, muestran información al pasar el cursor por encima de los elementos interactivos que las contengan, y las ventanas, como la presentada en la figura 7, permiten obtener más información al dar clic sobre los elementos interactivos creados para este fin. Estos recursos hacen parte de la plataforma de Genially. Se emplearon con el objetivo de mostrar contenidos breves y generar interacción entre el estudiante y el MEC. Así mismo se crearon botones interactivos que permiten conectar una página con otra, como se presenta en la figura 8, con el fin de seguir una secuencia ordenada para una correcta comprensión de la información. Además, botones que redireccionan a páginas web externas de contenido o videos y cuyo objetivo es permitir que el usuario amplíe los conocimientos asociados a la temática expuesta.

Figura 6

Descripción etiqueta

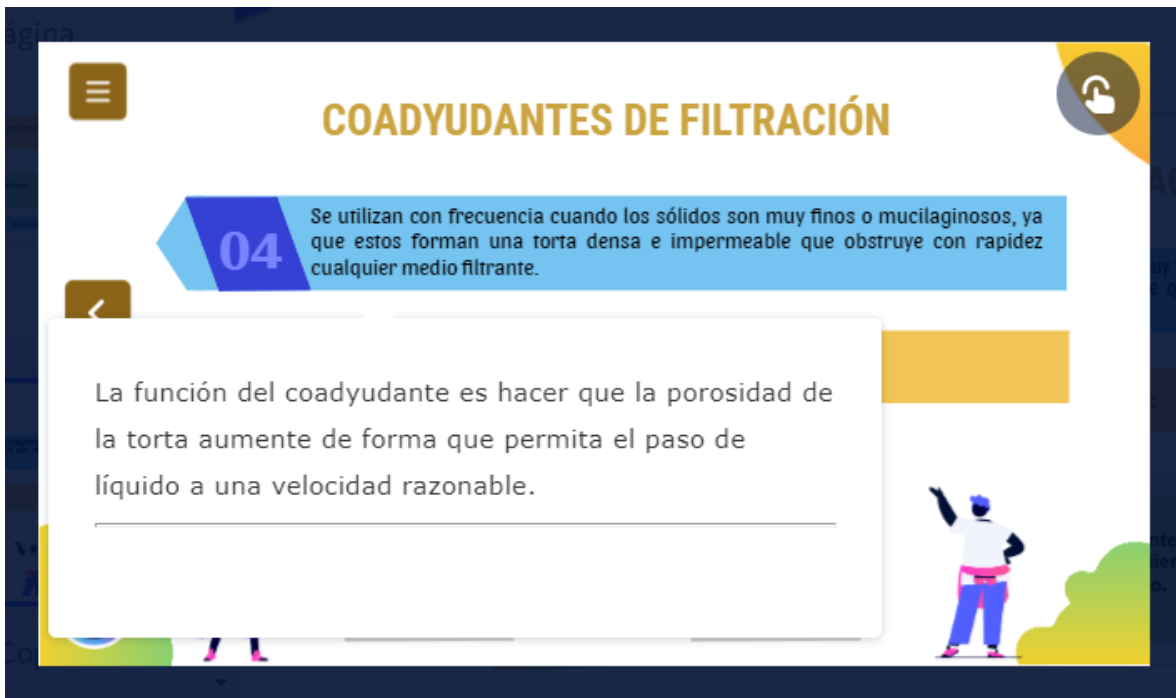


Figura 7

Descripción ventana emergente

Para conocer la concentración de carbonato de calcio presente en el filtrado deberás usar las siguientes ecuaciones:

$$Ca^{+2}(C^{+4}O_3^{-2})^{-2} : 2 \text{ eq/mol}$$

$$H^+Cl^- : 1 \text{ eq/mol}$$

$$2 \text{ eq}_{ac} = \text{eq}_{ba}$$

$$2(N_{ac} * V_{ac}) = N_{ba} * V_{ba}$$

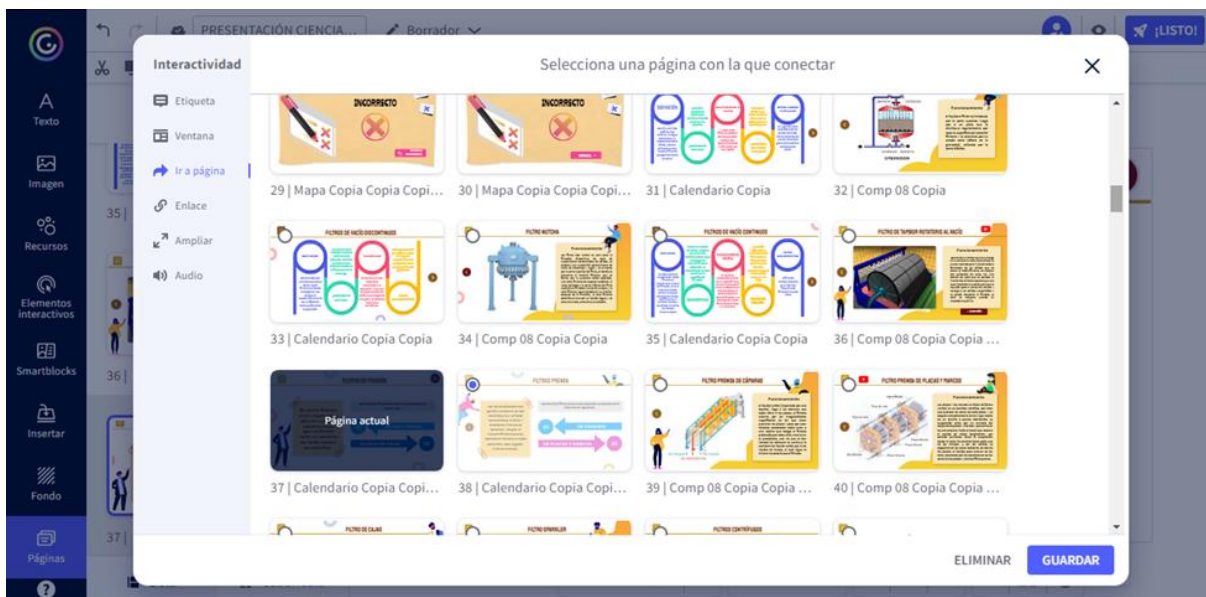
$$N_{ba} = \frac{2(N_{ac} * V_{ac})}{V_{ba}}$$

ac: Hcl
ba: CaCO₃

genially

Figura 8

Visualización para opción de cambio de página



Continuando con el diseño del MEC, también es importante mencionar los recursos didácticos empleados y encontrados en la plataforma de Genially. Estos recursos corresponden a animaciones y elementos interactivos que se pueden aplicar tanto a texto como a imágenes. Así mismo y para darle una idea más cercana al estudiante, se hizo uso de imágenes encontradas en la web. Estos recursos aparte de facilitar la comprensión de los contenidos, también ofrecen un contraste en medio de la información teórica que se presenta.

3.3.3.2 Montaje del MEC

Teniendo ya definido el contenido teórico, práctico, las ayudas audiovisuales y las evaluaciones requeridas a lo largo del recorrido del MEC, se procedió a realizar el montaje como se presenta en la figura 9.

Figura 9*Montaje MEC***3.4 Creación del contenido evaluativo**

Según la Real Academia Española evaluar es “Determinar el valor de algo y examinar y calificar las aptitudes o conocimientos de alguien”. El proceso evaluativo juega un papel importante en la educación, tanto para el estudiante como para el docente; El estudiante puede medir su conocimiento con respecto a los temas evaluados y emprender acciones según los resultados obtenidos, y el docente puede emitir un juicio que le permitirá optimizar el proceso de enseñanza y avanzar en este. Este avance hace parte del desarrollo formativo del estudiante, en el cual se exige de él, que tenga dominio sobre lo aprendido, lo cual puede ser evidenciado por medio de la evaluación.

En el MEC se realizan seis evaluaciones llamadas quices, tres en la sección teórica y tres en la sección práctica. Estas evaluaciones le permiten al estudiante evaluar lo aprendido a medida

que va avanzando en el recorrido del MEC. En cada uno de estos quices el estudiante debe dominar el tema evaluado para poder seguir avanzando, ya que de no ser así el MEC lo redirige a estudiar el tema en cuestión para garantizar que haya una apropiación real del tema.

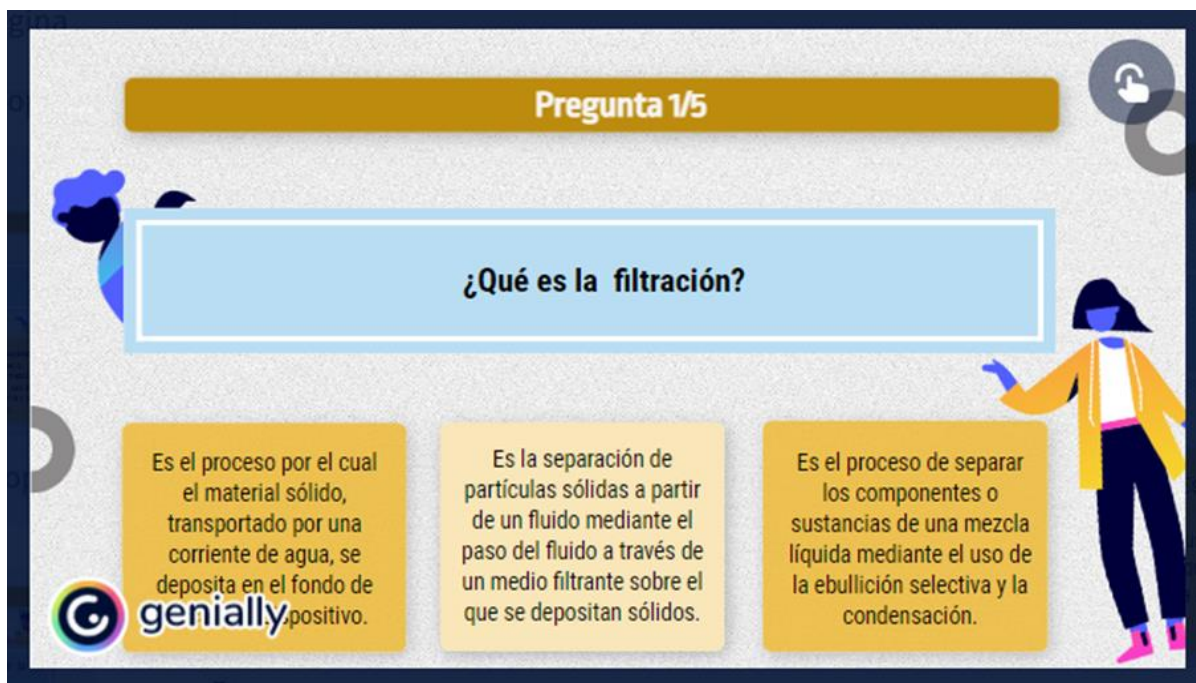
A continuación, se hace una corta explicación de cada uno de los quices contenidos en el MEC:

Quiz 1 Sección teórica: Filtración: Este quiz pretende que el estudiante responda a preguntas sencillas basadas en el concepto de filtración como operación unitaria, que comprenda la importancia de los medios filtrantes y su función dentro del proceso y que identifique las características más relevantes de los coadyuvantes de filtración.

En la figura 10 se presenta una de las preguntas que componen el quiz 1 de la sección teórica.

Figura 10

Quiz 1. Sección teórica: Filtración

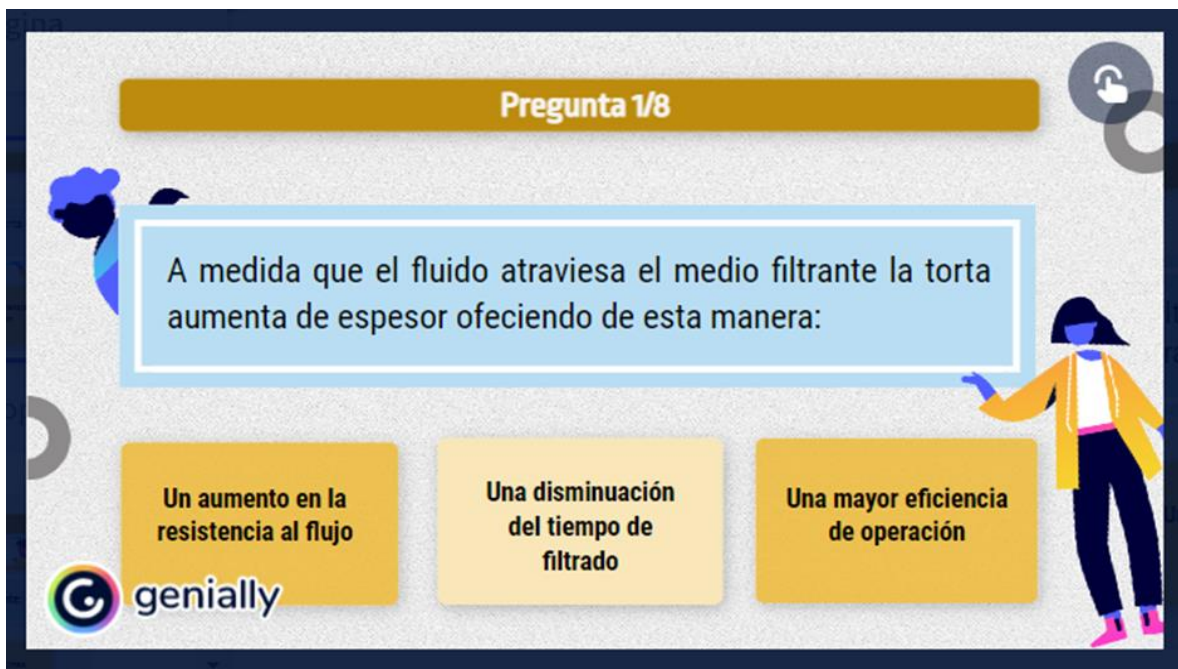


Quiz 2. Sección teórica. Fundamentos de la filtración: El objetivo de esta actividad es que el estudiante afiance conceptos propios de la filtración tales como la resistencia de la torta y del medio filtrante y su influencia con la eficiencia del proceso. Así mismo que identifique en qué condiciones se obtienen tortas compresibles e incompresibles y los distintos regímenes de filtración.

En la figura 11 se presenta una de las preguntas que componen el quiz 2 de la sección teórica.

Figura 11

Quiz 2. Sección teórica: Fundamentos de la Filtración

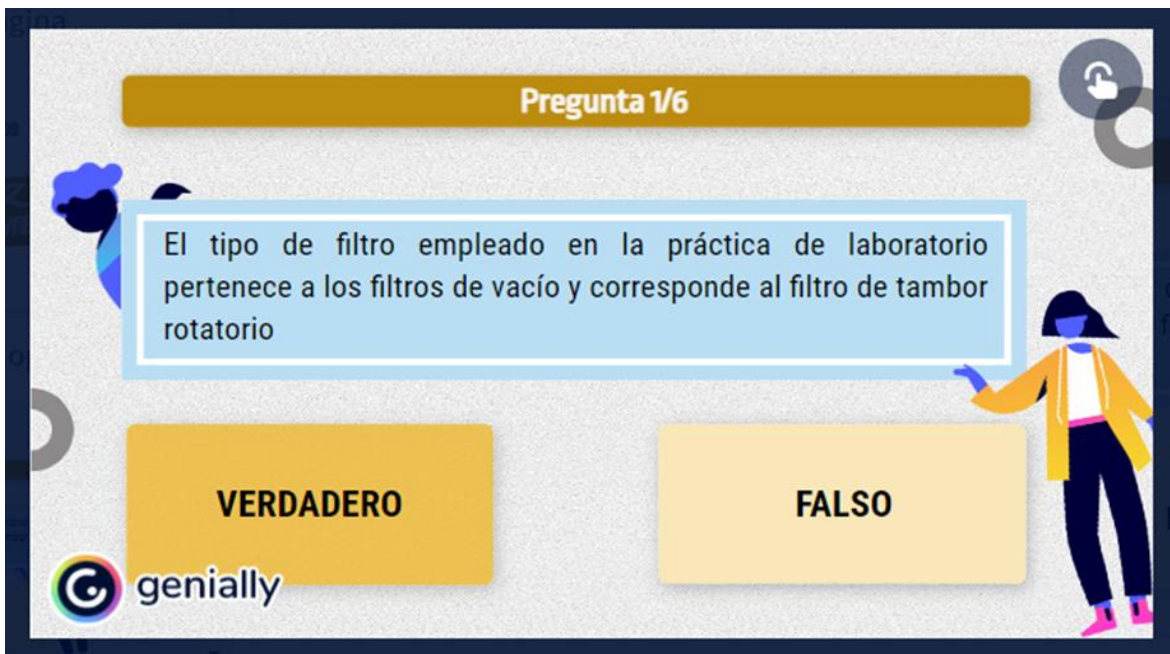


Quiz 3. Sección teórica. Tipos de Filtros: Esta actividad pretende que el estudiante identifique los tipos de filtros que se pueden encontrar a nivel industrial, que reconozca su principio de funcionamiento, y que identifique la fuerza impulsora que hace posible el proceso de filtración en cada tipo de filtro.

En la figura 12 se presenta una de las preguntas que componen el quiz 3 de la sección teórica.

Figura 12

Quiz 3. Sección teórica: Tipos de filtros



Quiz 1. Sección práctica. Reconocimiento del equipo: Este quiz está basado en la etapa de reconocimiento del equipo de la sección práctica. En él, se requiere que el estudiante reconozca las partes generales del equipo, sus nombres y su ubicación.

En la figura 13 se presenta el quiz 1 de la sección práctica.

Figura 13

Quiz 1. Sección práctica: Reconocimiento del equipo

A	B
Tanque de agitación	1
Bomba	2
Tambor rotatorio	3
Tanques de almacenamiento	4
Raspador	5

Quiz 2. Sección práctica. Operación: En este quiz se aborda la etapa de operación de la sección práctica, el estudiante debe ordenar los pasos que componen esta etapa. Al ser la etapa de operación una de las más importantes de la práctica de filtración, se quiso evaluar, para que el estudiante tenga total claridad sobre esta y la recuerde fácilmente al momento de ejecutarla en el laboratorio.

En la figura 14 se presenta el quiz 2 de la sección práctica.

Figura 14

Quiz 2. Sección práctica: operación

Desde que se encienden la bomba de vacío se deben monitorear las válvulas de presión y de alimentación, manteniendo constantes las condiciones de operación

Cada 5 minutos marcar el nivel del filtrado en el tanque de almacenamiento

La toma de datos finalizara cuando la totalidad de la solución alimentada se haya filtrado y la presión de vacío caiga a cero

Encender el agitador interno del tanque del tambor y la bomba que genera el vacío de succión, cuando la presión alcance el valor de trabajo, abrir la válvula de paso del filtrado y activar el cronómetro

Abrir la válvula que da paso a la mezcla del tanque de alimentación hacia el tambor hasta un nivel suficiente en el que quede sumergido en dicha mezcla. En este momento se inicia la toma de datos

Se debe ir retirando el carbonato de calcio retenido en la lona filtrante con ayuda de una espátula e irlo depositando en la bandeja destinada para este fin

1.

2.

3.

4.

5.

6.

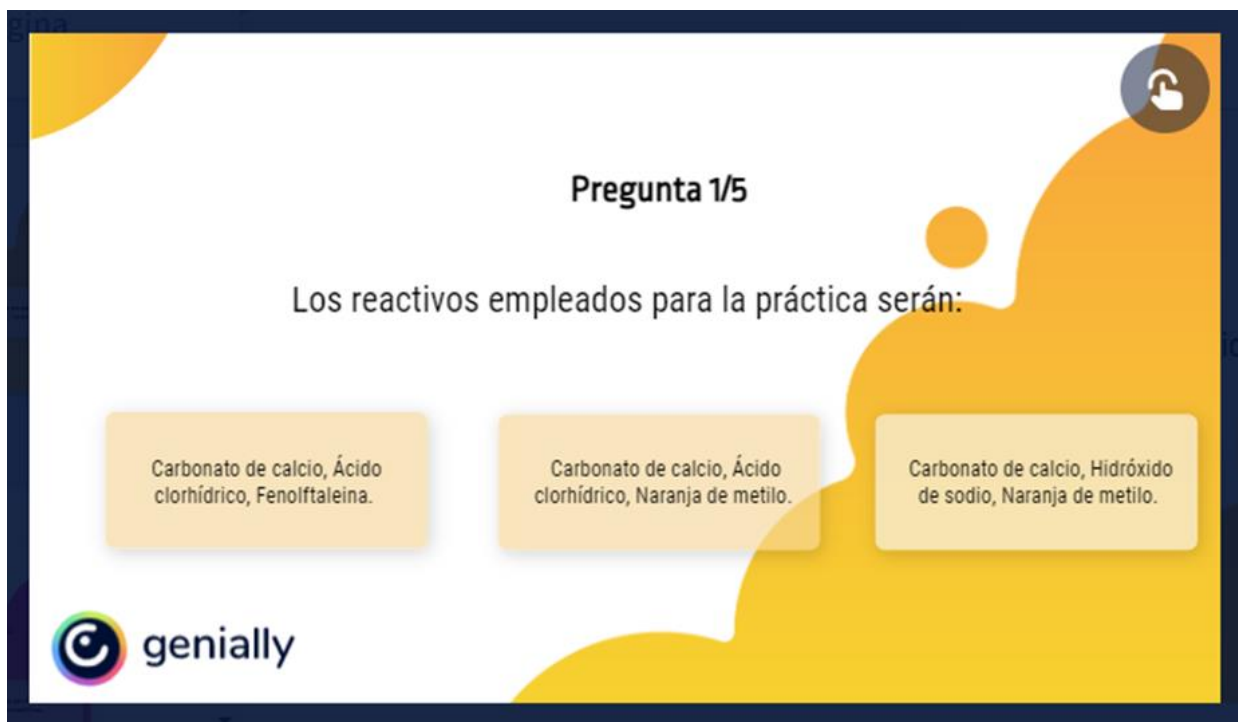
genially

Quiz 3. Sección práctica. Práctica: En este quiz se recogen varios de los temas explicados en la sección práctica, tales como: reactivos, titulación, preparación, operación y recomendaciones. Consta de 5 preguntas con respuesta de selección múltiple, las cuales el estudiante debe responder de manera acertada para seguir avanzando, de lo contrario el MEC redirige al estudiante al tema evaluado en la pregunta, para que pueda volver a estudiarlo y comprenderlo mejor.

En la figura 15 se presenta una de las preguntas que componen el quiz 3 de la sección práctica.

Figura 15

Quiz 3. Sección práctica



3.5 Pruebas y ajustes del MEC

En el desarrollo de cualquier proyecto siempre es importante que éste sea sometido a pruebas que evidencien los errores presentes en él, o las mejoras que requiera, con el fin de realizar los ajustes necesarios, y de esta manera obtener un resultado final de calidad, que satisfaga las necesidades que se desean cubrir tras su ejecución.

Es por esto que durante el desarrollo del MEC se realizaron varias reuniones con el director de tesis, el docente Crisóstomo Barajas Ferreira. En estas reuniones se mostraban los avances que se iban dando en el montaje del MEC y se comentaban los ajustes que se debían realizar para que el MEC cumpliera con el fin para el cual fue creado.

También se contó con una red de apoyo de personas conocidas a las cuales se les pedía su punto de vista durante el desarrollo del diseño gráfico del MEC, esto con el fin de tener opiniones diferentes que permitieran nutrir el diseño, para lograr que fuera visualmente agradable, no solo para las creadoras del trabajo de grado, sino también para las demás personas que tengan contacto con el MEC.

En la etapa final del desarrollo del trabajo de grado se visitó el laboratorio de procesos I y se realizó la práctica de filtración, esto permitió tener un acercamiento real al equipo y al proceso como tal. Durante la realización de la práctica se observó que había ciertos pasos dentro de las etapas del procedimiento en el manual del laboratorio, que no corresponden a la forma en que son llevadas a cabo en la práctica, es por esto que se modificó el subcapítulo de procedimiento en el MEC, más explícitamente la etapa 2 de preparación, y se reescribió de forma tal que correspondiera con lo llevado a cabo en la práctica.

Por último, al completar el montaje, se realizaron recorridos por todo el MEC que permitieron visualizar errores cometidos en cuanto a edición y funcionalidad de botones interactivos, etiquetas, ventanas y enlaces contenidos en el MEC; Procediendo después a la corrección de éstos.

4. Resultados

El MEC brinda amplia e importante información sobre la filtración y la práctica de filtración llevada a cabo en el laboratorio de procesos I, esta información se presenta al estudiante de forma ordenada y clara para que sea de fácil comprensión.

También cuenta con un entorno gráfico agradable que busca llamar la atención del estudiante, y contiene diferentes herramientas, como botones interactivos, ventanas, etiquetas, enlaces y vídeos en los cuales la información es presentada en diferentes formatos, lo que permite mantener activo el interés del estudiante y genera interactividad entre el estudiante y el MEC haciendo que el estudio de éste sea agradable.

Además, el estudiante puede evaluar lo que va aprendiendo durante su recorrido por el MEC con diferentes quices, permitiéndole de esta manera afianzar lo aprendido o volver a estudiarlo si el contenido no ha quedado claro para él, de esta manera se garantiza un aprendizaje significativo.

5. Conclusiones

- Con el fin de presentar un MEC completo y veraz, se realizó una extensa búsqueda bibliográfica en diferentes fuentes para recopilar información relevante de la operación unitaria filtración, que sirva como apoyo en la realización de la práctica de filtro tambor rotatorio para la asignatura laboratorio de procesos I. La herramienta se encuentra disponible en el siguiente enlace:

<https://view.genial.ly/61d602dfdce2dd0d7a123e82/presentation-mec-filtro-de-tambor-rotatorio>

- El MEC creado para la práctica de filtración usando un filtro de tambor rotatorio es una herramienta interactiva y dinámica que ofrece a los estudiantes la posibilidad de tener un acercamiento claro con los conceptos que se deben dominar, con el equipo y su funcionamiento, antes de realizar la práctica. De esta manera el estudiante comprenderá previamente el objetivo de esta operación unitaria y hará más enriquecedor el desarrollo de la misma.

- Durante el recorrido del MEC se implementaron diversas actividades encaminadas a evaluar los conocimientos adquiridos por el estudiante al estudiar el MEC, para de esta manera garantizar la comprensión de los temas abordados.

6. Recomendaciones

El MEC fue creado con el fin de mejorar la experiencia de los estudiantes en su práctica de filtración, además de recordar y ampliar los conceptos de filtración vistos en la asignatura manejo de fluidos y sólidos, es por esto que se recomienda a los docentes de la asignatura laboratorio de procesos I apropiarse de esta herramienta y difundirla entre sus estudiantes para su estudio.

En la Escuela de Ingeniería Química se han venido desarrollando múltiples materiales de estudio que usan las TICs como principal herramienta para su creación y difusión, se recomienda a la escuela de Ingeniería Química y a los docentes de ésta, seguir incentivando este tipo de desarrollos educativos que benefician al estudiantado y permiten explorar nuevas formas de enseñanza que despiertan el interés del estudiante y fortalecen su proceso de aprendizaje.

Referencias bibliográficas

- Almeida, D., y Pérez, J. (2021). Desarrollo de un Material Educativo Computarizado (MEC) para la simulación de los fenómenos de transferencia de calor e hidrodinámica en un evaporador de termosifón vertical a escala laboratorio (Trabajo de pregrado), Universidad Industrial de Santander, Colombia.
- Álvarez, D., y Reyes, O. (2009). Diseño de una herramienta interactiva para el acompañamiento del aprendizaje en la asignatura de Bioprocesos (Trabajo de pregrado), Universidad Industrial de Santander, Colombia.
- Angarita, I. (2021). Diseño e implementación de un Material Educativo Computarizado (MEC) para la enseñanza de la transferencia de calor en el diseño de condensadores (Trabajo de pregrado), Universidad Industrial de Santander, Colombia.
- Arteaga, J. (2010). Diseño e implementación de un Material Educativo Computarizado (MEC) para el aprendizaje del curso de estequiometría (Trabajo de pregrado), Universidad Industrial de Santander, Colombia.
- Brown, G. G. (1956). Operaciones básicas de la Ingeniería Química, Editorial Manuel Marín, Barcelona.
- Cabero, J. (1998) Impacto de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación en las organizaciones educativas. Grupo Editorial Universitario.
- Cabero, J. (2015). Reflexiones educativas sobre las tecnologías de la información y la comunicación (TIC). Tecnología, Ciencia, 1, 19-27. 2015.

- Collazos, C, A; Guerrero, L, A. (2001). Diseño de software educativo. Universidad del Cauca. Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/237781123_Disenos_de_Software_Educativo
- Escalante, H. (2019). Manual de prácticas filtro tambor rotatorio. Universidad Industrial de Santander. Escuela de Ingeniería Química.
- Espinal, A. (2013). TIC en la educación. Revista Docentes 2.0. Edición No. 1.
- Foust, A, S; Wenzel, L, A; Clump, C, W; et al. (2006). Principios de operaciones unitarias, Compañía Editorial Continental, segunda edición, décima reimpresión, 2006, México.
- Galvis, A. H. (1993). Ingeniería del software educativo. Santafé de Bogotá. Ediciones Uniandes.
- Leguizamón, M.C. (2006). Diseño y desarrollo de materiales educativos computarizados (MEC): una posibilidad para integrar la informática con las demás áreas del currículo. Revista Virtual Universidad Católica del Norte, (19), fecha de consulta 26 de junio de 2022. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=194220467007>
- López, P., et al. (2009). Evaluación formativa y compartida en educación superior. Narcea S.A. de Ediciones, 105.
- McCabe, W, L; Smith, J. C y Harriot, P. (2007). Operaciones unitarias en Ingeniería Química. McGraw-Hill/Interamericana, editores S.A de C.V, séptima edición, México.
- Ocon, J y Tojo, G; (1975). Problemas de Ingeniería Química, operaciones básicas, Tomo II, Aguilar S.A de ediciones, primera edición, segunda reimpresión (1975), Madrid.
- Salcedo, P. (2016). Ingeniería del software educativo, tecnologías y metodologías que la sustentan.

Vian, A y Ocón, J; (1979). Elementos de Ingeniería Química (Operaciones básicas). Aguilar S.A de ediciones. tercera edición, cuarta reimpresión (1979). Madrid.

Apéndices

Apéndice A: Proceso de filtración

Tipos de unidades de filtración

Filtros de gravedad: Se menciona la forma en que está constituido y la manera en que se disponen sus componentes. Así mismo se hace mención de cuando es conveniente emplearlo y cuáles son las características que deben poseer los líquidos que se desean filtrar con este tipo de filtros. También se mencionan algunas recomendaciones para evitar obstrucciones durante el proceso y los diversos componentes que se pueden utilizar.

Filtros de vacío: Se indica la manera en que pueden operar, teniendo de esta manera filtros de vacío continuos y filtros de vacío discontinuos.

En los filtros de vacío continuos se hace mención a su funcionamiento, constitución y la manera en cómo el líquido es succionado para producir la filtración. Se indican características importantes de la presión diferencial y un rango normalmente comprendido en este tipo de filtros. Se menciona el filtro de vacío más frecuente.

En los filtros de vacío discontinuos se menciona la forma en que están constituidos y cómo dicha constitución favorece el proceso de filtrado. Así mismo se indica cuando es conveniente emplearlos y las características mecánicas de los materiales de construcción. Finalmente se menciona el filtro de vacío discontinuo más representativo.

Filtros de presión: En esta sección se mencionan aspectos importantes de estos tipos de filtros, los tipos de fluidos que se pueden tratar y sus características, así como los filtros de presión más empleados en la industria.

Filtros centrífugos: En este apartado se indica cuando es conveniente emplear este tipo de filtros, las características del fluido que se desea tratar y la fuerza de presión ejercida durante el proceso. Así mismo se menciona la forma en que pueden operar y aplicaciones específicas de cada tipo de proceso.

Fundamentos de la filtración

Masa de soluto perdida

Para determinar la eficiencia del filtro, es necesario conocer la masa de soluto pérdida respecto a la masa inicial suministrada. Hay pérdidas de masa debido a que a medida que la suspensión de alimentación atraviesa el medio filtrante, van a quedar partículas en dicho medio y así mismo en el volumen filtrado.

$$w_f = w_i - w_{ts} \quad (\text{Ec. 1})$$

Donde:

w_f : masa de soluto perdida

w_i : masa de soluto inicial

w_{ts} : masa de soluto seca recuperada

Porcentaje de pérdidas

Es necesario conocer el porcentaje de pérdidas de masa respecto a la masa inicial suministrada. Para ello se parte de la masa de soluto inicial y se considera la masa contenida en la torta seca y la masa contenida en el volumen de filtrado.

$$\% \text{ de pérdidas} = \left(\frac{w_i - (w_{ts} + w_f)}{w_i} \right) * 100 \quad (\text{Ec. 2})$$

Donde:

w_i : masa inicial de soluto

w_{ts} : masa de soluto seca recuperada

w_f : masa de soluto en el volumen de filtrado

Porcentaje de humedad de la torta

Para conocer el porcentaje de humedad de la torta es necesario conocer la masa de la torta húmeda obtenida después del proceso de filtrado y la masa de la torta seca obtenida después de que la torta es llevada al horno para su respectivo secado.

$$\% \text{ Humedad} = \left(\frac{w_{th} - w_{ts}}{w_{th}} \right) * 100 \quad (\text{Ec. 3})$$

Donde:

w_{th} : masa de torta húmeda

w_{ts} : masa de torta seca

Concentración de la solución

Por medio de la titulación y utilizando un volumen representativo promedio de la mezcla se determina la concentración de la solución filtrada:

$$C_2 = \left(\frac{V_1}{V_2}\right) * C_1 \quad (\text{Ec. 4})$$

Donde:

C_1 : Concentración de ácido empleado

V_1 : Volumen de ácido empleado

V_2 : Volumen de la solución

Peso equivalente de soluto

$$P_{Eq.sto} = \left(\frac{PM_{sto}}{N_{carga\ de\ iones}}\right) \quad (\text{Ec. 5})$$

Donde:

PM_{sto} : Peso molecular de soluto

$N_{carga\ de\ iones}$: Número de carga de iones

Número de equivalentes gramo

$$n^{\circ}_{Eq.gr.sto} = V_T * C_2 \quad (Ec. 6)$$

Donde:

V_T : Volumen total recuperado

C_2 : Concentración de soluto en el volumen de filtrado

Masa de soluto en el volumen de filtrado

$$w_f = P_{Eq.sto} * n^{\circ}_{Eq.gr.sto} \quad (Ec. 7)$$

Donde:

$P_{Eq.sto}$: Peso equivalente de soluto

$n^{\circ}_{Eq.gr.sto}$: Número de equivalentes gramo de soluto

Concentración de sólidos

$$C_S = \frac{w_f}{V_T} \quad (Ec. 8)$$

Donde:

w_f : masa de soluto en el volumen de filtrado

V_T : Volumen total recuperado

Eficiencia del proceso de filtrado

Determina que tanto porcentaje de masa de material fue posible recuperar en el proceso de filtración.

$$\eta = 100 - (\% \text{ de pérdidas}) \quad (\text{Ec. 9})$$

Resistencia de la torta y resistencia del medio filtrante

En la filtración a presión constante se parte de la ecuación del caudal a través del filtro:

$$Q = \frac{V}{t_f} = \frac{A \cdot \Delta P}{\frac{\mu \cdot \alpha \cdot C_s \cdot V}{2 \cdot A} + \mu \cdot R_m} \quad (\text{Ec. 10})$$

Se linealiza la ecuación (10) y se obtienen los parámetros asociados a la operación de filtración como lo es la resistencia de la torta (α) y la resistencia del medio filtrante (R_m), con los datos experimentales recopilados en la práctica. La ecuación linealizada es la siguiente:

$$y = (K)V + B \quad (\text{Ec. 11})$$

$$\frac{t}{V} = \frac{\mu \cdot \alpha \cdot C_s}{2 \cdot \Delta P \cdot A^2} V + \frac{\mu \cdot R_m}{\Delta P \cdot A} \quad (\text{Ec. 12})$$

$$K = \frac{\mu * C_s * \alpha}{2 * \Delta P * A^2} \quad (Ec. 13)$$

$$\alpha = \frac{2 * K * A^2 * \Delta P}{\mu * C_s} \quad (Ec. 14)$$

$$B = \frac{\mu * R_m}{\Delta P * A} \quad (Ec. 15)$$

$$R_m = \frac{\Delta P * A * B}{\mu} \quad (Ec. 16)$$

Donde:

α : Resistencia de la torta

R_m : Resistencia del medio filtrante

μ : Viscosidad

C_s : Concentración de sólidos

ΔP : Caída de presión

A : Área de filtración

V : Volumen de filtrado

t : Tiempo de filtración

Realizando una representación gráfica de t/V frente a V , se obtendrá una línea recta de pendiente K y de ordenada en el origen B , valores con los cuales es posible calcular los parámetros requeridos en el proceso de filtrado.

Apéndice B: Ejemplo para validación de la práctica de filtración

A continuación, se presentará un ejemplo en el que se resolverán las ecuaciones vistas en el fundamento de la filtración, usando datos tomados en la práctica de filtración; Esto con el fin de comprobar la validez que estas tienen para evaluar el comportamiento de las variables de operación y su incidencia en la eficiencia del proceso.

Tabla 1

Datos corrida 1: 300 g de soluto y presión de 8 inHg. Datos iniciales

Datos iniciales		
Peso de la bandeja [g]		385,19
Peso del soluto [g]		300
Velocidad del tambor	No. De vueltas	5
	t [s]	44,37
Presión [inHg]		8

Tabla 2*Datos corrida 1: 300 g de soluto y presión de 8 inHg. Datos del caudal de filtrado*

Datos del caudal de filtrado	
Tiempo [min]	Volumen [mL]
5	6400
10	3770
15	3850
20	3780
25	4510
30	6080
35	4495
40	4850
45	3870
50	4530
53,49	1710
Volumen total recuperado	47845

Tabla 3*Datos corrida 1: 300 g de soluto y presión de 8 inHg. Datos del retenido*

Datos del retenido	
Peso húmedo de la torta [g]	508,88
Peso seco de la torta [g]	480,56

Tabla 4*Datos corrida 1: 300 g de soluto y presión de 8 inHg. Datos concentración de filtrado*

Datos concentración del filtrado	
Volumen de la muestra [mL]	50
Volumen utilizado de agente titulante [mL]	6,05
Concentración del agente titulante [N]	0,05

Tabla 5*Datos corrida 2: 300 g de soluto y presión de 12 inHg. Datos iniciales*

Datos iniciales		
Peso de la bandeja [g]	385,29	
Peso del soluto [g]	300	
Velocidad del tambor	No. De vueltas	5
	t [s]	45,52
Presión [inHg]	12	

Tabla 6

Datos corrida 2: 300 g de soluto y presión de 12 inHg. Datos del caudal de filtrado

Datos del caudal de filtrado	
Tiempo [min]	Volumen [mL]
5	4880
10	3310
15	4490
20	5380
25	4430
30	4770
35	5350
40	4170
45	4350
50	3950
53,49	2940
Volumen total recuperado	48020

Tabla 7

Datos corrida 2: 300 g de soluto y presión de 12 inHg. Datos del retenido

Datos del retenido	
Peso húmedo de la torta [g]	602,19
Peso seco de la torta [g]	553,65

Tabla 8

Datos corrida 2: 300 g de soluto y presión de 12 inHg. Datos concentración del filtrado

Datos concentración del filtrado	
Volumen de la muestra [mL]	50
Volumen utilizado de agente titulante [mL]	3,2
Concentración del agente titulante [N]	0,05

• **Cálculos para masa de soluto = 300 gr y P = 8 inHg**

a) Concentración de la solución

Empleando la ecuación 4, se tiene:

$$C_2 = \left(\frac{6,05}{50}\right) * 0,05$$

$$C_2 = 6,05 * 10^{-3} N$$

b) Peso equivalente de soluto

Empleando la ecuación 5, se tiene:

$$P_{Eq.Sto} = \left(\frac{100,0869}{2}\right) g/mol$$

$$P_{Eq.Sto} = 50,043 g/Eq$$

c) Número de equivalentes gramo

Empeando la ecuación 6, se tiene:

$$n^{\circ}_{Eq.gr.sto} = 47,845 L * 6,05 * 10^{-3} N$$

$$n^{\circ}_{Eq.gr.sto} = 0,2895$$

d) Masa de soluto en el volumen de filtrado

Empleando la ecuación 7, se tiene:

$$w_f = 50,043 g/Eq * 0,2895 Eq$$

$$w_f = 14,487 g$$

e) Concentración de sólidos

Empleando la ecuación 8, se tiene:

$$C_s = \frac{0,01449}{0,047845}$$

$$C_s = 0,297 Kg/m^3$$

f) Porcentaje de pérdidas

Empleando la ecuación 2, se tiene:

$$\% \text{ de pérdidas} = \left(\frac{300 - (95,37 + 14,487)}{300} \right) * 100$$

$$\% \text{ de pérdidas} = 63,38\%$$

g) Porcentaje de humedad

Empleando la ecuación 3, se tiene:

$$\% Humedad = \left(\frac{123,69 - 95,37}{123,69} \right) * 100$$

$$\% Humedad = 22,89\%$$

h) Eficiencia del proceso de filtrado

Empleando la ecuación 9, se tiene:

$$\eta = 100 - (63,38 \%)$$

$$\eta = 37\%$$

• Cálculos para masa de soluto = 300 gr y P = 12 inHg**a) Concentración de la solución**

Empleando la ecuación 4, se tiene:

$$C_2 = \left(\frac{3,2}{50} \right) * 0,05$$

$$C_2 = 3,2 * 10^{-3} N$$

b) Peso equivalente de soluto

Empleando la ecuación 5, se tiene:

$$P_{Eq.Sto} = \left(\frac{100,0869}{2} \right) g/mol$$

$$P_{Eq.Sto} = 50,043 g/Eq$$

c) Número de equivalentes gramo

Empeando la ecuación 6, se tiene:

$$n^{\circ}_{Eq.gr.sto} = 48,020 L * 3,2 * 10^{-3} N$$

$$n^{\circ}_{Eq.gr.sto} = 0,1537$$

d) Masa de soluto en el volumen de filtrado

Empleando la ecuación 7, se tiene:

$$w_f = 50,043 g/Eq * 0,1537 Eq$$

$$w_f = 7,6916 g$$

e) Concentración de sólidos

Empleando la ecuación 8, se tiene:

$$C_s = \frac{7,69 * 10^{-3}}{0,04802}$$

$$C_s = 0,1602 Kg/m^3$$

f) Porcentaje de pérdidas

Empleando la ecuación 2, se tiene:

$$\% de pérdidas = \left(\frac{300 - (168,36 + 7,6916)}{300} \right) * 100$$

$$\% de pérdidas = 41,32\%$$

g) Porcentaje de humedad

Empleando la ecuación 3, se tiene:

$$\% \text{ Humedad} = \left(\frac{216,9 - 168,36}{216,9} \right) * 100$$

$$\% \text{ Humedad} = 22,38\%$$

h) Eficiencia del proceso de filtrado

Empleando la ecuación 9, se tiene:

$$\eta = 100 - (41,32 \%)$$

$$\eta = 59\%$$

Como se puede observar en el ejemplo la eficiencia del proceso cambia cuando se realiza un cambio en alguna de las variables de operación, en este caso la presión; Las ecuaciones usadas permiten evidenciar esto de manera correcta y para este ejemplo se observa que un aumento en la presión genera una mayor eficiencia en el proceso, como se esperaba.

Apéndice C: Enlaces del trabajo de grado

- **Enlace MEC filtro de tambor rotatorio**

<https://view.genial.ly/61d602dfdce2dd0d7a123e82/presentation-mec-filtro-de-tambor-rotatorio>

- **Enlace vídeo reconocimiento del equipo de filtración**

<https://www.youtube.com/watch?v=8AKhDLYomQo>

- **Enlace vídeo funcionamiento del equipo de filtración**

<https://www.youtube.com/watch?v=HsoU9YOaU0Q>