

Diseño y desarrollo de un ambiente virtual de aprendizaje en ventilación mecánica con práctica teleoperada -VENTYLAB-

Design and development of a virtual learning environment in mechanical ventilation with teleoperated practice -VENTYLAB-

Gloria Isabel Toro Córdoba¹, Fanny Constanza Gomez Villareal², Jose Isidro García Melo³

Resumen

Introducción. En el contexto de la pandemia Covid-19 y por las restricciones de distanciamiento físico, las universidades se vieron motivadas a configurar métodos de enseñanza alternativos para facilitar la formación de los profesionales de la salud. **Objetivo.** Describir las consideraciones pedagógicas para el diseño y desarrollo de un ambiente virtual de aprendizaje integrado con tecnología de un Laboratorio remoto para propósitos de práctica en la formación de profesionales de la salud sobre temas de ventilación mecánica. **Metodología.** En una variación del modelo ADDIE de diseño instruccional y a partir del análisis del contexto, necesidades y revisión de experiencias previas, se diseñan los elementos pedagógicos para la integración de un Ambiente Virtual de Aprendizaje y un sistema de emulación de la mecánica ventilatoria en un entorno llamado Ventylab. **Resultados.** Desarrollo de un ambiente para la formación de profesionales de la salud, diseñado para que el estudiante aplique el conocimiento sobre fisiopatología cardiopulmonar en la operación de un sistema de ventilación mecánica invasiva. El ambiente considera los recursos educativos, actividades de aprendizaje, comunicación, evaluación e interacción con el laboratorio remoto. **Conclusión.** El trabajo interdisciplinar para la propuesta pedagógica representó un reto de comunicación y ensamblaje de diferentes saberes. Este trabajo abre puertas para la reflexión hacia la posibilidad de nuevas prácticas de docencia en la formación universitaria sobre temas de ventilación mecánica, así como de aplicación metodológica en otras áreas de conocimiento que requieran práctica.

1. Universidad del Valle, Facultad de Salud, Dpto Medicina Física y Rehabilitación, Cali, Colombia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2223-9042>

2. Universidad del Valle, Centro de Innovación Educativa Regional Sur, Cali, Colombia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9315-2932>

3. Universidad del Valle, Facultad de Ingeniería, Dpto Ing Mecánica, Cali, Colombia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1672-7768>

Correspondencia: gloria.toro@correounivalle.edu.co

► DOI: <https://doi.org/10.22490/24629448.6925>

Recibido: 02/01/2023
Aceptado: 15/02/2023

Palabras claves: educación, respiración artificial, laboratorios, tecnologías de la información, interfaz usuario-computador

Abstract

Introduction. In the context of the Covid-19 pandemic and due to physical distancing restrictions, universities were motivated to set up alternative teaching methods to facilitate the training of health professionals. **Objective.** To describe the pedagogical considerations for the design and development of a virtual learning environment integrated with technology from a remote laboratory for practical purposes in the training of health professionals on mechanical ventilation issues. **Methodology.** It is based on a variation of the ADDIE model of instructional design, on which from the analysis of the context, needs and the review of previous experiences, the pedagogical elements are designed for the integration of a Virtual Learning Environment and an emulation system of ventilatory mechanics in an environment called ventilab. **Results.** Development of an environment for the training of health professionals, designed for the student to apply knowledge of cardiopulmonary pathophysiology in the operation of an invasive mechanical ventilation system. The environment considers educational resources, learning activities, communication, evaluation and interaction with the remote laboratory. **Conclusion.** The interdisciplinary work for the pedagogical proposal represented a challenge of communication and assembly of different knowledge. This work opens doors for reflection towards the possibility of new teaching practices in university education on issues of mechanical ventilation, as well as methodological application. in other areas of knowledge that require practice.

Keywords: education, artificial respiration, laboratories, information technology, user-computer interface.

Introducción

La pandemia ocasionada por el Covid -19 ha dejado una huella en la educación. La irrupción de este peligroso virus a nivel mundial implicó el cierre físico parcial o total de la mayoría de instituciones educativas para adoptar distanciamiento físico

como medida para disminuir el contagio. Esta situación hizo que las universidades configuraran métodos de enseñanza alternativos durante la contingencia, pasando de modelos presenciales a modelos mediados por tecnología. En particular, los abordajes de mediación tecnológica soportados en ambientes virtuales de aprendizaje y video-

conferencias, tomaron gran relevancia en ese momento, permitiendo que profesores y estudiantes interactuaran de forma virtual.

En particular los Ambientes Virtuales de Aprendizaje (AVA) entendidos como plataformas educativas que agrupan herramientas para fines docentes y que permiten la creación y gestión de cursos completos a través de internet, adquirieron especial protagonismo durante la pandemia, pues se convirtieron en el escenario para gestionar los desarrollos teóricos, aplicados y de indagación. Las experiencias han mostrado mayor apropiación por parte de los docentes de las herramientas disponibles en los AVA, propiciando la disposición de recursos en diversos formatos y propuestas de actividades de aprendizaje involucrando diversas herramientas colaborativas y evaluativas (1).

Sin embargo, aunque se reconocen los beneficios obtenidos a partir del aprovechamiento de los AVA durante la contingencia, en varias ocasiones no fue suficiente. En particular, una de las circunstancias que afectó mayormente la formación de los estudiantes de áreas como ciencias, salud e ingeniería, fue el cierre total o el acceso restringido a los laboratorios de práctica e investigación. Muchas actividades de laboratorio debieron suspenderse debido a las restricciones de aforo. Dado que en el proceso formativo los laboratorios son parte de la estrategia que crea espacios y actividades para la integración de la teoría con

la práctica, las instituciones educativas tuvieron que repensar sus metodologías para continuar con las actividades de formación.

En particular la formación de profesionales de las áreas de la salud relacionadas con enfermedades respiratorias, tuvieron que enfrentar retos importantes durante la pandemia. Debido al creciente número de pacientes Covid 19 en busca de tratamiento, se hizo evidente la necesidad de fortalecer las capacidades de los profesionales en el manejo y tratamiento de enfermedades respiratorias, específicamente en torno a la ventilación mecánica, por ser esta una de las principales alternativas terapéuticas adoptada. Sin embargo, dado que los ambientes de práctica presencial hospitalaria representan mayor riesgo de contagio debido a la posible contaminación de los espacios, la formación de estos profesionales implica un gran riesgo.

Como estrategia para facilitar la incorporación de las prácticas en la ventilación mecánica, se emprendió un proyecto para la creación de un espacio mediado por tecnología, que permitiera fortalecer la formación de profesionales en esa área de urgente demanda, disminuyendo los riesgos de contagio entre los participantes. El espacio de práctica seleccionado fue un laboratorio remoto. A partir de esta posibilidad, el proyecto se apoyó en avances tecnológicos previos, para plantear la integración de un emulador en ventilación mecánica con un AVA, con el propósito de

servir de plataforma de aprendizaje. Las consideraciones pedagógicas para la integración de estos dos ambientes se presentan en este trabajo.

La formación y los Ambientes Virtuales de Aprendizaje (AVA)

Los AVA han ampliado su popularidad en todo el mundo debido a las ventajas asociadas con la no dependencia temporal y geográfica en el proceso de aprendizaje, el rol activo del estudiante, la interactividad en diversos espacios, y la flexibilidad del estudiante para seguir una ruta formativa según su ritmo y necesidades (2).

En la formación en salud, el aprovechamiento de los AVA se realiza generalmente a través de plataformas de gestión de aprendizaje (LMS o campus virtual) para cursos o módulos que combinan la modalidad presencial y virtual. En una revisión de 14 estudios, Klimova (3) encontró experiencias que sostienen que el aprendizaje online contribuye por un lado, a una mejor articulación entre el conocimiento y la práctica médica y, por otro, que potencia la comunicación interprofesional. L'Engle y otros (4), sostienen que la formación virtual puede mejorar la prestación de servicios y el alcance de los programas de promoción de la salud, especialmente en países en desarrollo, debido a la posibilidad de capacitar recurso humano geográficamente disperso, reduciendo costos.

A pesar de las reconocidas ventajas de los AVA, existen sin embargo importantes desafíos didácticos relacionados con cada área de conocimiento. Por ejemplo, con la planeación de actividades de intercambio comunitario para estudiantes de trabajo social, o espacios de práctica para estudiantes de ingeniería o ciencias, o prácticas basadas en problemas reales para estudiantes de derecho o ciencias de la salud. En este sentido, dichas áreas normalmente diseñan actividades presenciales de práctica que apoyan a la formación virtual. Sin embargo, cada vez más, se incorporan espacios mediados por tecnologías digitales, como son los laboratorios virtuales y remotos descritos a continuación.

Laboratorios remotos y virtuales

Los laboratorios son entendidos en educación como lugares equipados con los medios necesarios para llevar a cabo experimentos, investigaciones o trabajos de carácter científico o técnico. Son considerados un elemento clave especialmente en la formación de ciencias e ingeniería y cada vez más en otras áreas. Aunque los laboratorios tradicionales in situ son los más utilizados, gracias a los avances tecnológicos, los laboratorios virtuales y remotos son cada vez más una alternativa.

Un laboratorio virtual se construye como una simulación creada a partir de modelaciones matemáticas, buscando reproducir el comportamiento de equipos y situaciones

reales. Sin embargo, al ser un modelo de software, una desventaja apunta a la posibilidad de contener versiones simplificadas de los equipos y actividades de experimentación, disminuyendo así las oportunidades de aprendizaje, de cara a las interacciones con equipos reales.

Los laboratorios remotos a su vez, ofrecen la posibilidad de acceso a la experimentación con equipos e instrumentos reales sobre componentes reales. [...] son laboratorios accesibles de forma remota a través de una red, en los cuales la interacción con los dispositivos físicos reales se lleva a cabo mediante sensores e instrumentación (5). Hacen uso de webcam, micrófonos u otros elementos de hardware específico, así como de un software que permite controlar el comportamiento de los equipos necesarios para llevar a cabo las actividades de experimentación. Dicha experimentación al realizarse con elementos reales (así sea por vía remota) es vista como un valor agregado para el aprendizaje de los estudiantes (6).

Entre los beneficios y desafíos de la era de los laboratorios mediados por tecnología, varios autores (6, 7) destacan:

- En comparación con los laboratorios tradicionales, los laboratorios remotos y virtuales pueden ser utilizados por un mayor número de estudiantes, incluso a través de diferentes instituciones, reduciendo costos y ampliando cobertura.

- Los laboratorios son accesibles para los estudiantes en múltiples horarios y desde cualquier lugar, ofreciendo más autonomía y libertad para realizar sus prácticas.
- Al aumentar el número de estudiantes, es posible recopilar y analizar mayor cantidad de datos y resultados.
- Al contar con más oportunidades de interacción con los equipos y actividades de práctica, los estudiantes tienen más oportunidades de profundizar en la comprensión de sus aprendizajes.
- Siendo que durante las prácticas reales podrían eventualmente existir riesgos de manipulación peligrosa por parte de los estudiantes ocasionando accidentes de seguridad o afectación de los equipos, en los laboratorios remotos y virtuales esta barrera desaparece.

La revisión de la literatura muestra que en las áreas de la salud el uso de laboratorios remotos con fines educativos no es muy frecuente. Sin embargo, algunas experiencias recientes están relacionadas con la práctica a distancia en temas de microbiología y parasitología médica (8), así como en cinética enzimática (9).

Material y métodos

Consideraciones pedagógicas

El abordaje metodológico para el diseño del ambiente de formación en Ventilación mecánica teleoperada se basó en el modelo genérico de diseño instruccional ADDIE - Análisis, Diseño, Desarrollo, Implementación, Evaluación - incorporando la estrategia de Prototipado Rápido en la cual

las etapas del diseño se abordan a manera de espiral, creando un ciclo continuo diseño-evaluación a lo largo del proyecto (10). El proceso de construcción arranca con la creación de un prototipo a escala con las características de la propuesta de formación, y de ahí se inicia un proceso de ajuste progresivo hasta lograr el producto deseado. Las consideraciones pedagógicas para cada etapa se mencionan en la tabla 1 y posteriormente se explican las más relevantes.

Tabla 1. Consideraciones pedagógicas diseño instruccional Ventylab

Etapas de diseño VENTYLAB	Consideraciones pedagógicas
Análisis	Características de la formación en Ventilación Mecánica
	Necesidades del contexto
	Conveniencia de interacción directa
Diseño didáctico	Oportunidad de integración AVA y Lab remoto
	Metodologías activas centradas en actividades
	Estrategia de casos clínicos de estudio
Desarrollo de recursos	Recursos digitales que soporten las actividades de aprendizaje
	Parámetros para la práctica de casos clínicos
Implementación	Recursos educativos usables y de fácil acceso
	Interacción con Lab Remoto diferenciado por rol
	Herramientas colaborativas estudiantes - profesores
Evaluación	Permanente a lo largo del diseño en grupos interdisciplinarios

La formación profesional en ventilación mecánica (VM)

Las enfermedades pulmonares son tratadas por profesionales especializados que procuran mejorar los síntomas y retrasar la progresión de las patologías, llevando al

paciente a conseguir su máxima capacidad física y funcional. Diversos trabajos relatan experiencias de rehabilitación y situaciones condicionantes (11, 12).

La ventilación mecánica es una alternativa terapéutica que permite garantizar un

soporte ventilatorio a los pacientes que se encuentran en estado crítico padeciendo de insuficiencia respiratoria. El objetivo de la VM es dar soporte a la función respiratoria hasta la reversión total o parcial de la causa que originó la disfunción, teniendo como pilares fundamentales mejorar el intercambio gaseoso, evitar la injuria pulmonar y disminuir el trabajo respiratorio (13).

Por el carácter interdisciplinar de los grupos que intervienen en el cuidado de pacientes críticos a nivel cardiorespiratorio, los profesionales de la salud responsables de la ventilación mecánica deben contar con bases sólidas en el contexto teórico práctico para desempeñarse con idoneidad (14). En este sentido, la formación de los aspectos de la VM ofrecida a los estudiantes y profesionales de la salud (terapeutas respiratorios, anestesiólogos intensivistas, terapeutas de cuidado intensivo, médicos generales asistenciales de UCI) tiene un componente teórico amplio, y su componente práctico se realiza normalmente en instalaciones hospitalarias a través del apoyo de la industria médica.

De acuerdo con Pinzón Aldana (14) la formación en temas de ventilación mecánica se debe abordar como práctica para los terapeutas respiratorios en el marco de una estrategia educacional participativa que incremente el conocimiento, en lugar de una estrategia pasiva que conduzca a que los aprendices manejen la tecnología de forma mecánica. En este sentido, recomienda la

inclusión de diversos contextos de aprendizaje que favorezcan la interacción y el acceso al conocimiento a través de problemas, así como prácticas clínicas en contextos de asistencia real, prácticas con la VM en medicina crítica, evaluación objetiva estructurada y la simulación como parte de las metodologías. Es decir, el tipo de actividades de experimentación que se debe realizar para alcanzar los objetivos de aprendizaje esperados son eminentemente prácticas. En otras palabras, “actividades de aprendizaje experiencial, donde la habilidad práctica sea el objetivo” (15), buscando que los estudiantes se familiaricen con el uso de procedimientos y equipos médicos.

A partir de la pandemia, y ante la necesidad de profesionales calificados en temas de VM, se incrementó el ofrecimiento online de cursos sobre estos asuntos, soportados en contenidos multimedia. Algunos de los cursos incluyen análisis de casos clínicos elaborados por expertos en terapia respiratoria, vídeos explicativos de las distintas terapias y fotos de los materiales utilizados para desarrollar las diferentes técnicas. En general, los cursos se ofrecen como actualización a los profesionales de la salud y como apoyo a los médicos no pertenecientes a las unidades de terapia intensiva. También, al personal de la salud vinculado con las áreas de cuidado crítico. Los cursos pretenden ayudar a entender mejor los conceptos básicos de la VM y a asistir al paciente que recibe soporte ventilatorio (16-18).

Dado que estos cursos no ofrecen práctica directa con equipos, algunos de ellos advierten que la información provista no pretende ser un consejo médico de diagnóstico o de tratamiento, sino un complemento al conocimiento previo. Resaltan que los ventiladores deben usarse bajo la supervisión de un médico profesional con licencia.

Las consideraciones descritas motivaron a proponer una iniciativa innovadora ante el desafío de la Pandemia Covid 19, considerando las necesidades de aprendizaje a través de la práctica, naturalmente desafiantes en las ciencias de la salud. Por un lado, factores como la necesidad impuesta de distanciamiento físico; por otro, la escasez de equipos; y finalmente aspectos fundamentales como la seguridad del paciente, llevaron a la propuesta de Ventylab.

Integración de entornos

Teniendo en cuenta las necesidades de formación expuestas y la conveniencia de integrar un entorno de enseñanza que fuera más allá de la conceptualización y presentación audiovisual de las técnicas de la ventilación, se pensó en un ambiente que incluyera la práctica real. Se formularon entonces las condiciones para la implementación de una propuesta de formación que aprovechara por un lado, el potencial didáctico y pedagógico de los AVA a través de la plataforma Campus Virtual Moodle de la Universidad del Valle, y por otro, la posibilidad de interacción remota con equipos de laborato-

rio real, para lograr una experimentación y práctica segura.

Por otro lado, considerando el carácter teórico práctico del área multidisciplinar de la ventilación mecánica y el nivel de complejidad cognitiva que implica la comprensión, aplicación de conceptos, procesamiento y solución de problemas, el ambiente de aprendizaje se conformó alrededor de metodologías activas. Se entiende por metodologías activas “aquellos métodos, técnicas y estrategias que utiliza el docente para convertir el proceso de enseñanza en actividades que fomenten la participación activa del estudiante y que lleven al aprendizaje” (19). De esta forma, el abordaje pedagógico para el planteamiento de situaciones reales se realizó a través de problemas y se fundamentó en la necesidad de desplegar las capacidades cognoscitivas de los estudiantes, intentando igualmente fortalecer su personalidad (20). De ahí que Ventylab utiliza la metodología de análisis de casos clínicos como estrategia pedagógica para la interacción con el laboratorio remoto, buscando representar situaciones traídas de la realidad, con el propósito de que estudiantes y profesores trabajen y debatan sobre estas.

Resultados

Ventylab toma forma a través del desarrollo del curso “Ventilación mecánica teleoperada”. El objetivo de Ventylab es lograr que el estudiante aplique el conocimiento sobre

fisiopatología cardiopulmonar en la operación de un sistema de ventilación mecánica invasiva. El curso está dirigido a estudiantes de los programas de medicina, enfermería, fisioterapia y atención prehospitalaria, que cuentan con conocimientos previos de fisiopatología cardiovascular básica.

Los contenidos del curso, propuesta de actividades, seguimiento y recursos digitales, se gestionan mediante el Campus virtual. Este a su vez, se comunica a través de una Interfaz con el Laboratorio remoto al momento de las prácticas (Figura 1).

Ambiente virtual de aprendizaje: VentyLab

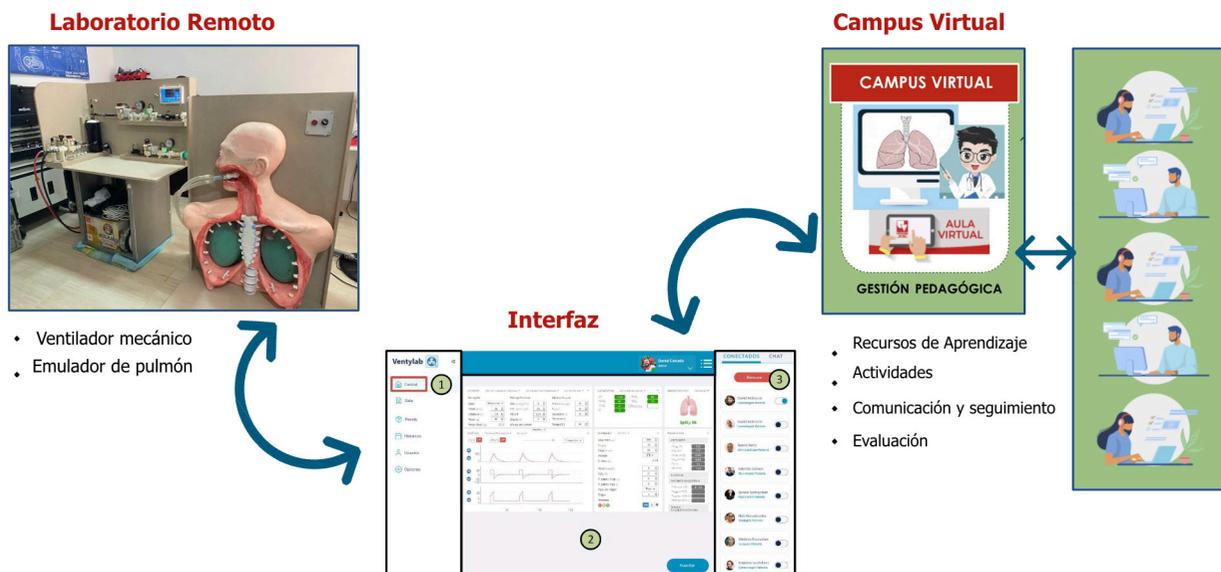


Figura 1. Ambiente virtual de aprendizaje Ventylab

El laboratorio remoto de Ventylab cuenta con dos equipos de emulación: el primero, denominado emulador de ventilador mecánico, reproduce el funcionamiento de un ventilador mecánico comercial; y el segundo, denominado emulador de paciente, emula el comportamiento mecánico de la respiración de un paciente humano. Estos dos equipos son controlados y monitoreados por medio de una interfaz de usuario.

A continuación, se describen las características del curso y posteriormente la interacción con el laboratorio remoto.

Para el ambiente de formación en Ventilación Mecánica (VM) se implementó una secuencia didáctica basada en la realización de trabajos prácticos de laboratorio, mediados íntegramente por tecnología y enfocados en desarrollar capacidades en el estudiante para:

- Reconocer la importancia de la VM no sólo como un instrumento para mejorar la oxigenación y ventilación, sino para mejorar el confort del paciente, restringiendo el daño inducido por el ventilador.
- Asociar conceptos avanzados sobre la fisiología y la fisiopatología aplicados en la VM
- Identificar el funcionamiento básico del hardware y la programación básica del software de un ventilador convencional
- Aplicar las habilidades de programación y ajuste del ventilador mecánico en el abordaje simulado de pacientes

perioperatorios y con patología pulmonar crítica

- Apropiar las nuevas tecnologías para la evaluación y diagnóstico del paciente crítico en ventilación mecánica

Estructura del ambiente de aprendizaje

La propuesta de formación “Ventilación mecánica teleoperada” está estructurada en seis módulos que conducen al estudiante hacia los temas y actividades que desarrollan las competencias propuestas. Los módulos con sus respectivos resultados de aprendizaje se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2. Módulos de formación “Ventilación mecánica teleoperada”

Módulo	Tema	Resultados de aprendizaje
1	La ventilación mecánica en el tiempo	Reconoce la historia y evolución de la ventilación mecánica, reconociendo las opciones terapéuticas de esta práctica.
2	Pensando la ventilación mecánica desde la fisiología	Asocia conceptos avanzados sobre la fisiología y fisiopatología aplicados en la ventilación mecánica Identifica el funcionamiento básico del hardware y la programación básica del software de un ventilador convencional.
3	Aprendiendo a programar un ventilador	Aplica habilidades de programación en parámetros ventilatorios y ajustes del ventilador mecánico, en simuladores de pacientes perioperatorios y con patología pulmonar crítica.
5	Retirando al paciente de la ventilación mecánica	Reconoce las condiciones clínicas que indiquen la decisión de destete y extubación junto con el tratamiento para la debilidad muscular adquirida en UCI
6	Innovación y tecnología en ventilación mecánica	Explora las nuevas tecnologías en ventilación mecánica que contribuyen a la toma de decisiones clínicas y al seguimiento de pacientes críticos

Cada uno de los módulos se accede desde la página de apertura del curso (Figura 2)



Figura 2. Página de apertura del curso y acceso a los módulos

Metodología estudio de casos clínicos

Una vez el estudiante se aproxima al monitoreo gráfico de la ventilación mecánica y al funcionamiento del hardware y software de un ventilador convencional, es introducido a la dinámica de los casos clínicos. Los casos se presentan al estudiante sobre pacientes hipotéticos simulados en el emulador de paciente, a partir de complicaciones iniciales que evolucionan hacia diferentes situaciones de complejidad. El estudiante se enfrenta al seguimiento del caso a través de cuatro momentos:

- Momento 1 - Revisión del material de estudio disponible previo al caso
- Momento 2 - Familiarización individual de la historia clínica del paciente

que incluye antecedentes, enfermedad actual, diagnóstico médico, situaciones de evolución, parámetros del ventilador (cuando aplica) e indicadores de laboratorio clínico

- Momento 3 - Respuesta a interrogantes planteados. Los estudiantes en grupos de trabajo de 3 personas, analizan el caso y responden los interrogantes planteados. El propósito de los grupos no es llegar inmediatamente a consensos o respuestas únicas, sino tener la oportunidad de debatir y profundizar en los aspectos del caso y expresar dudas e inquietudes al respecto, ante los cuales el docente sin involucrarse en el grupo interactúa para moderar las discusiones. En ese momento los estudiantes proponen conductas relaciona-

das con tratamientos y ajustes a los parámetros del ventilador. Los ajustes se realizan en interacción remota con el ventilador y los estudiantes observan y evalúan los cambios observados en la ventilación del paciente. Este momento se realiza con la compañía de un instructor de laboratorio

- Momento 4 - socialización y realimentación de la experiencia - A través de diferentes mecanismos de interacción, los estudiantes presentan y argumentan sus propuestas. Para los casos de baja complejidad se recurre a carteles digitales y foros moderados por el docente. Para los casos más complejos, se busca mayor acercamiento al raciocinio para la adecuada toma de

decisiones, a través de encuentros sincrónicos por videoconferencia con la participación de expertos en el manejo de pacientes críticos. Esta estrategia da la posibilidad de discutir en mayor profundidad los aspectos relacionados con la programación de la ventilación mecánica. Este momento es de gran importancia ya que el estudiante se cuestiona sobre lo que ha aprendido a partir del análisis del problema y cómo puede llegar a aplicarlo en su trabajo. Igualmente identifica generalizaciones y buenas prácticas para cada caso.

Los casos clínicos propuestos en Ventylab para el análisis y prácticas, se presentan en la Tabla 3

Tabla 3. Casos clínicos de análisis y práctica

Caso	Diagnóstico médico principal	Situaciones de evolución para práctica
Síndrome de distrés respiratorio agudo (SDRA)	Septicemia de origen urinario	7
Enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC)	Exacerbación de EPOC. Inminencia de falla ventilatoria.	1
Obstrucción de Vía Aérea	Evento cerebrovascular isquémico.	3
Síndrome Respiratorio del Adulto (SDRA) secundario a sepsis de origen pulmonar.	Sepsis y SDRA	4

Acerca de las actividades

Las actividades que acompañan la propuesta pedagógica buscan privilegiar los espacios de interacción y comunicación entre los profesores y estudiantes, y están orientadas a promover la formulación de

interrogantes, contrastar los conocimientos e hipótesis, estimular el aprendizaje autónomo, plantear relaciones con situaciones reales y generar la exploración de nuevos contenidos.

Las actividades se agrupan de la siguiente forma:

- Actividades de reflexión - se realizan a través de Foros para facilitar la discusión. Cada módulo del curso cuenta con un espacio de reflexión activa que levanta cuestionamientos, opciones, y análisis, a través de los cuales es posible manifestar dudas, socializar experiencias relacionadas con la ventilación mecánica y debatir sobre los componentes de la ventilación, la programación, así como analizar colaborativamente los casos clínicos.
- Actividades de interacción sincrónica con los profesores y expertos invitados - quienes presentan las temáticas del curso tales como historia de la ventilación mecánica, análisis de situaciones clínicas, el ventilador y sus partes entre otros. Los expertos presentan sus experiencias y guían el análisis de los casos de estudio, para ampliar con sus observaciones, el nivel de profundidad y relevancia en las soluciones propuestas por los estudiantes.- Estas actividades se realizan a través de herramientas de videoconferencia.
- Actividades colaborativas - son realizadas a través de un tablero electrónico en el cual los estudiantes adjuntan contenido multimedia. Tiene la ventaja de visualizar en un solo ambiente tipo “cartelera” todas las contribuciones. En el curso esta herramienta se utiliza como mecanismo de integración entre los estudiantes y para compartir recursos.
- Actividades de práctica remota - se desarrollan en grupos y constituyen el centro de la interacción con el laboratorio remoto. En estas actividades los estudiantes acceden al laboratorio a través de la interfaz y desarrollan las tareas relacionadas con las situaciones clínicas analizadas. Esto incluye exploración de los equipos, ajuste de los parámetros del ventilador, lectura y monitoreo gráfico correspondientes a la evolución de los casos clínicos de estudio, análisis de criterios para el destete y extubación, así como acciones relacionadas con eventos de debilidad muscular adquirida en UCI, entre otros.
- Actividades de evaluación - se realizan de dos formas: por un lado, como actividades de autoevaluación a través de cuestionarios que permiten que cada estudiante verifique el nivel de comprensión alcanzado en los diferentes temas. El curso propone autoevaluaciones en temas teóricos relacionados con la historia de la ventilación mecánica y fisiología aplicada a la ventila-

ción. Por otro lado, las actividades de evaluación formativa y sumativa se realizan a lo largo de los seis módulos verificando que los estudiantes hayan completado las prácticas de laboratorio y trabajos de análisis de casos clínicos en grupo.

Interacción con el Laboratorio remoto

La principal característica del laboratorio remoto es que su funcionamiento mecánico es real y permite la visualización e interacción con una interfaz semejante a la de los ventiladores convencionales (Figura 3).

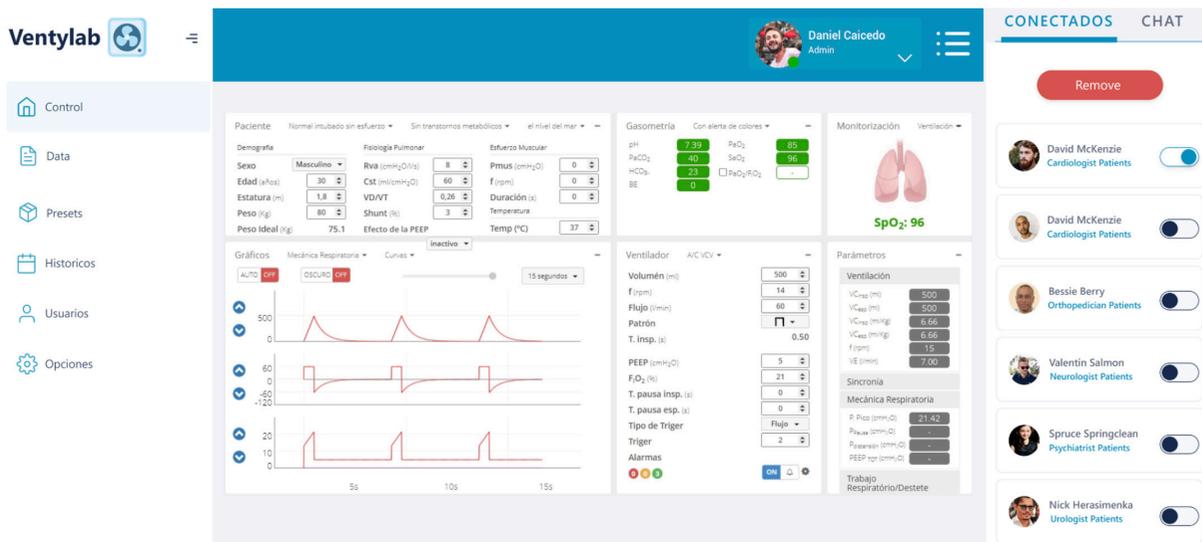


Figura 3. Interfaz de usuario de Ventylab

La interfaz del laboratorio se diseñó según la estrategia pedagógica, para permitir al profesor configurar las prácticas y casos clínicos, y al estudiante practicar en un ambiente similar al de un ventilador real. Adicionalmente, los profesores y estudiantes tienen la posibilidad de ver y escuchar los equipos emuladores a través de una cámara controlada por un servidor de video-streaming y manipulada para observar las partes más relevantes de la práctica.

Los profesores pueden realizar las siguientes funciones:

- Visualizar todas las variables medidas por el emulador del ventilador mecánico y del emulador de pulmón.
- Visualizar todas las gráficas generadas.
- Modificar los parámetros de funcionamiento del emulador ventilador mecánico.
- Visualizar todas las variables calculadas especializadas.
- Seleccionar qué variables calculadas especializadas pueden ser visualizadas por los estudiantes.

- Establecer, almacenar y cargar en el sistema, los parámetros de funcionamiento del emulador de paciente.
- Establecer permisos de configuración del ventilador mecánico a los estudiantes.
- Visualizar, descargar y eliminar los historiales de prácticas.

Los estudiantes interactúan con la interfaz de Ventylab para realizar las siguientes funciones:

- Visualizar todas las variables medidas por el emulador de ventilador mecánico.
- Visualizar todas las gráficas generadas.
- Modificar los parámetros de funcionamiento del emulador de ventilador mecánico bajo permiso previo por parte de un usuario administrador o profesor.
- Visualizar las variables calculadas especiales que indique el usuario administrador o profesor.
- Descargar el historial de prácticas que ha desarrollado.

La interfaz de Ventylab cuenta con un chat, en el cual los profesores y estudiantes intercambian ideas y resuelven dudas.

Con el propósito de disponer del ambiente que habilita la actividad del laboratorio, se crea en el Campus virtual una sección llamada Laboratorio Remoto donde el estudiante encuentra la guía de uso del laboratorio, la agenda de prácticas y un enlace que da acceso a la interfaz descrita.

Discusión

El ambiente de formación Ventylab se implementa sobre una plataforma de gestión de aprendizaje (LMS) englobada como un ambiente de formación. Los LMS, se enfocan en la entrega de aprendizaje en línea tanto de forma asincrónica como sincrónica y brindan posibilidades para organizar material educativo digital, mensajería instantánea, publicaciones, tareas, seguimiento del progreso de los estudiantes, servicios de blog y otros (21). Se reconoce en estos ambientes la capacidad de centrar los intereses y posibilidades del estudiante, así como la oportunidad de trabajo colaborativo y de representación de información a través de múltiples medios (22-24).

El aprendizaje autónomo asimilado a este tipo de plataformas que potencian la interacción, el acompañamiento docente y el trabajo colaborativo, se hace efectivo a partir de un proceso de implementación guiado por objetivos concretos para cada módulo (25). De esta manera, Ventylab a partir del análisis del contexto, necesidades de formación y perfil del profesional de la

ventilación mecánica, hace una propuesta de objetivos centrados en competencias, actividades y prácticas, que buscan crear capacidad para aplicar el conocimiento sobre fisiopatología cardiopulmonar en la operación de un sistema de ventilación mecánica invasiva.

En casos de éxito de laboratorios remotos analizados en la revisión de literatura para este trabajo, se identificó como elemento recurrente, la integración de los laboratorios a cursos, donde el laboratorio remoto hace parte de las estrategias y recursos de aprendizaje disponibles para que los estudiantes alcancen las metas de aprendizaje deseadas (6, 7, 26). Aunque ciertamente la interacción directa con el equipamiento de un laboratorio in situ aporta una experiencia difícil de igualar, la experimentación con elementos reales -así sea por vía remota- es vista como un valor agregado para el aprendizaje de los estudiantes (6).

La práctica con el laboratorio remoto de Ventylab se enfoca en la intervención de casos clínicos como principal estrategia pedagógica. En el marco del aprendizaje basado en problemas, el estudio de casos desde diferentes enfoques y métodos, es frecuentemente utilizado en las ciencias de la salud. El caso-problema sirve al estudiante como punto de partida para enfrentar la toma de decisiones y para apropiarse del conocimiento relevante requerido para comprender y resolver el problema (27). De igual forma, como en la práctica simulada, la experien-

cia a través del laboratorio remoto permite a los estudiantes desarrollar y dominar competencias básicas, así como promover la colaboración interdisciplinar y las habilidades de comunicación (28), proyectándose como una aplicación de telesalud (29).

Otros desafíos importantes que se presentan al implementar un laboratorio remoto con fines educativos, tienen que ver con la comunicación entre profesores y estudiantes (30). Por un lado, es necesario integrar la información obtenida por los equipos y presentarla de forma sencilla e intuitiva, para que pueda ser entendida y aplicada por los docentes y estudiantes durante las prácticas. Por otro lado, es necesario lograr que el acompañamiento del docente esté presente y disponible de forma constante para guiar a los estudiantes durante el trabajo en el laboratorio. En este sentido, es preciso un abordaje que medie entre la presencia sincrónica del profesor y la flexibilidad de horarios y acceso de los estudiantes

Conclusiones

Ante la necesidad de fortalecer la formación de profesionales de la salud en temas de ventilación mecánica durante la pandemia Covid-19, la implementación de un AVA integrado con un laboratorio remoto cumple una doble función: por un lado, mantiene las condiciones de distanciamiento físico requeridas, y por otro, ofrece la oportunidad de práctica en equipos reales

de forma segura. Esta integración se constituyó en un ambiente de formación virtual con práctica teleoperada llamado Ventylab.

El presente trabajo muestra las consideraciones de contexto y pedagógicas para el diseño instruccional del ambiente “Ventylab: Ventilación mecánica teleoperada”, en una propuesta que une las fortalezas educativas de los ambientes virtuales de aprendizaje y los laboratorios remotos. El trabajo interdisciplinar realizado para esta construcción, representó un reto de comunicación y ensamblaje de diferentes saberes para crear un nuevo conocimiento. En este sentido, la apertura hacia diversos enfoques disciplinares (ingeniería, medicina, educación, diseño) respetando las fortalezas de cada uno y la alineación hacia el objetivo común, fueron fundamentales para lograr identificar los requerimientos pedagógicos y tecnológicos, así como la dinámica de la participación colaborativa.

Aunque la experiencia de diseño y desarrollo del ambiente virtual de aprendizaje y el uso del laboratorio remoto Ventylab se planteó como alternativa para aportar a la formación y práctica en momentos de la contingencia Covid-19, se abre la perspectiva de aprovechamiento de este abordaje para otras áreas de conocimiento que profundizan en la práctica y experimentación tales como ciencias e ingeniería.

La práctica sobre laboratorios remotos puede trabajarse como complemento a la

experimentación real o como alternativa en la perspectiva de la formación virtual, ampliando el diseño pedagógico mediado hacia disciplinas tradicionalmente con enfoque presencial. La puesta en marcha y evaluación de la experiencia formativa de la presente implementación, será reportada en otro artículo de divulgación.

La elaboración de la propuesta de formación se apoyó en el marco metodológico de diseño instruccional ADDIE que considera no solo un riguroso análisis de las necesidades educativas y del contexto, sino también la definición de objetivos formativos claros y de una estrategia pedagógica que conduzca a los logros esperados. De ahí que en el marco de las metodologías activas que privilegian el papel protagónico del estudiante en el proceso formativo, se diseña una secuencia de casos clínicos para fortalecer la capacidad de análisis y toma de decisiones del estudiante en situaciones similares a las reales.

Este trabajo abre puertas para la reflexión hacia la posibilidad de nuevas prácticas de docencia en la formación universitaria sobre temas de ventilación mecánica, así como sobre las competencias tecnológicas y pedagógicas necesarias en los docentes para aprovechar este tipo de ambientes. Cabe resaltar igualmente, que el uso de estos ambientes pretende favorecer por un lado la práctica necesaria para la apropiación de nuevo conocimiento disciplinar, así como el desarrollo de competencias tecnológicas y comunicativas en los estudiantes, a través

de las actividades que se plantean de manera colaborativa virtual.

Agradecimientos: Los autores expresan su agradecimiento a los profesores Esther Wilches, Andrés Fabricio Caballero y Andrés Mauricio Valencia por sus aportes disciplinares en las áreas de medicina e ingeniería.

Declaración Conflicto de intereses: Los autores manifiestan no tener conflicto de intereses.

Financiación: La presente investigación recibió financiación de la “Convocatoria Interna 2020 para contribuir al conocimiento y mitigación de los efectos de la pandemia de COVID-19”, realizada por la Vicerrectoría de Investigaciones de la Universidad del Valle, Cali, Colombia.

Referencias

1. Torras Virgili M E. Emergency Remote Teaching: las TIC aplicadas a la educación durante el confinamiento por COVID-19. *IJTEI*. 2021. Disponible en: <https://revistas.uma.es/index.php/innoeduca/article/view/9079>
2. Panigrahi R, Srivastava P R, Sharma D. Online learning: adoption, continuance, and learning outcome—A review of literature. *International Journal of Information Management*. 2018; 43, 1–14, ISSN 0268-4012, <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2018.05.005>
3. Klimova B. The use of eLearning in medical education and healthcare practice—A review study. *Online Engineering & Internet of Things*, 2018; 933-939.
4. L'Engle K, Raney L, D'Adamo M. mHealth resources to strengthen health programs. *Global Health: Science and Practice*. 2014; 2(1), 130-131.
5. García Loro F. Evaluación y aprendizaje en laboratorios remotos: propuesta de un sistema automático de evaluación formativa aplicado al laboratorio remoto VISIR. Universidad Nacional de Educación a Distancia (España). Escuela Internacional de Doctorado. Programa de Doctorado en Tecnologías Industriales. 2018
6. Calvo I, Zulueta E, Gangoiti U, López J. Laboratorios remotos y virtuales en enseñanzas técnicas y científicas, Ikastorratza, e-Revista de didáctica. 2008; ISSN-e 1988-5911, Nº. 3
7. Grodotzki J, Ortelt T R, Tekkaya A E. Remote and virtual labs for engineering education 4.0: achievements of the ELLI project at the TU Dortmund University. *Procedia manufacturing*. 2018; 26, 1349-1360.
8. Mar-Cornelio O, Bron-Fonseca B, Gulín-González J. Sistema de Laboratorios Remoto para el estudio de la Microbiología y Parasitología Médica. *Revista Cubana de Informática Médica*. 2020; 12(2).
9. Bhattacharjee A, Johnson E, Perez-Pinera P, Jensen K. Development and implementation of a remote enzyme kinetics laboratory exercise. *Journal of microbiology & biology education*. 2022; 23(1), e00286-21.
10. Sharif A, Cho S. Diseñadores instruccionales del siglo XXI: cruzando las brechas perceptuales entre la identidad, práctica, impacto y desarrollo profesional. *RUSC. Universities and Knowledge Society Journal*. 2015; vol. 12, no 3, p. 72-86.
11. Betancourt-Peña J, Muñoz-Eraza B, Hurtado-Gutiérrez H. Efecto de la rehabilitación pulmonar en la calidad de vida y la capacidad funcional en pacientes con secuelas de tuberculosis. *NOVA*. 2015; 13(24), 47-54. Disponible en: <https://doi.org/10.22490/24629448.1716>
12. Acero J, Ceballos P, Ramirez A, Escobar F. Determinantes Sociales de la falta de Adherencia al Tratamiento de la Tuberculosis en migrantes venezolanos en Colombia, 2018-2019. *NOVA*. 2022; 20(38). Disponible en: <https://doi.org/10.22490/24629448.6185>
13. Gutiérrez Muñoz F. Ventilación mecánica. *Acta médica peruana*. 2011; 28(2), 87-104.
14. Pinzón Aldana M L. Formación integral de los terapeutas respiratorios del Hospital Militar Central en Ventilación Mecánica. 2017. Disponible en <http://hdl.handle.net/10654/16131>

15. Bhute V J, Inguva P, Shah U, Brechtelsbauer C. Transforming traditional teaching laboratories for effective remote delivery—a review. *Education for Chemical Engineers*. 2021; 35, 96-104.
16. ACMC- Asociación Colombiana de Medicina Crítica. Curso de actualización en ventilación mecánica. [Internet]. [Consultado 3 Jun 2022]. Disponible en: <http://www.amci.org.co/22-noticias-cientificas/454-curso-de-actualizacion-en-ventilacion-mecanica>
17. edX. Ventilación mecánica para pacientes con COVID-19. [Internet]. [Consultado 28 Ago 2022]. Disponible en: <https://www.edx.org/es/course/respiracion-mecanica-para-covid-19>
18. Universidad CES. Curso ventilación mecánica para adultos Online. [Internet]. [Consultado 20 Ago 2022] . Disponible en: <https://www.ces.edu.co/educacion-continua/curso/curso-ventilacion-mecanica-para-adultos-online/>
19. Labrador Piquer M J, Andreu Andrés M Á, de Vera C. Metodologías activas. Ediciones Universidad Politécnica de Valencia. 2008.
20. Azcuy Lorenz L M, Nápoles Crespo E, Infantes Quiles L, Rivero Rivero M, Ramírez Varona R. Algunas consideraciones teóricas acerca de la Enseñanza Problemática. *Humanidades Médicas*. 2004; 4(1), 0-0.
21. Dahlstrom E, Brooks D, Bischel J. *The Current Ecosystem of Learning Management Systems in Education: Student, Faculty, and IT Perspectives*. Louisville, CO: ECAR. 2014
22. Pérez L D , Miguelena R, Diallo A F. La efectividad de la formación en ambientes virtuales de aprendizaje en la educación superior. *Campus virtuales*. 2016; 5(2), 10-17.
23. Díaz Perera J J, Luna Flores M D, Salinas-Padilla H A. Curso de nivelación algebraica para incrementar el rendimiento académico en estudiantes de ingeniería en un ambiente virtual de aprendizaje. *RIDE. Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*. 2019; 9(18), 456-489.
24. Annan R A, Aduku L N, Kyei-Boateng S, Yuen H M, Pickup T, Pulman A, Choi S. Implementing effective eLearning for scaling up global capacity building: findings from the malnutrition elearning course evaluation in Ghana. *Global health action*. 2020; 13(1), 1831794.
25. Triana Ortiz K N, Herrera Muñoz D C, Mesa Mendoza W N. Importancia de los laboratorios remotos y virtuales en la educación superior. *Documentos De Trabajo ECBTI*. 2020; 1(1). <https://doi.org/10.22490/ECBTI.3976>
26. Viegas C, Pavani A, Lima N, Marques A, Pozzo I, Dobboletta E, Alves G. Impact of a remote lab on teaching practices and student learning. *Computers & Education*. 2018; 126, 201-216.
27. Gwee M C E. Problem-Based Learning: A Strategic Learning System Design For The Education Of Healthcare Professionals in the 21ST Century. *The Kaohsiung Journal of Medical Sciences*. 2009; 25: 231-239. [https://doi.org/10.1016/S1607-551X\(09\)70067-1](https://doi.org/10.1016/S1607-551X(09)70067-1)
28. INACSL Standards Committee. INACSL Standards of Best Practice: Simulation SM Simulation-enhanced interprofessional education (sim-IPE). *Clinical Simulation in Nursing*. 2016; 12(S), S34-S38. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecns.2016.09.011>.
29. Millan P, Yunda P, Valencia A. Análisis de factores económicos y empresariales que influyen la Innovación Disruptiva en Telesalud. *NOVA*. 2017; 15(28), 125 - 136. <https://doi.org/10.22490/24629448.2136>
30. Bonavolontà F, D'Arco M, Liccardo A, Tamburis O. Remote laboratory design and implementation as a measurement and automation experiential learning opportunity. *IEEE Instrumentation & Measurement Magazine*. 2019; 22(6), 62-67.