

Evaluación de una unidad didáctica sobre física de la
radiación mediada por objeto virtual de aprendizaje para tecnólogos en imágenes
diagnósticas

Presentado por

Jessica del Pilar Pérez Suárez

Asesora

Profesora Rosa Nidia Tuay Sigua

Línea de profundización en Didáctica y Enseñanza de la Física

Universidad Pedagógica Nacional

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

DEPARTAMENTO DE FÍSICA

Bogotá D.C

2026

Agradecimientos

A Dios, por brindarme fortaleza, sabiduría y perseverancia a lo largo de este proceso académico y personal. Su guía fue fundamental en cada etapa de este camino, permitiéndome afrontar los retos con esperanza y compromiso.

A mi asesora, la doctora Nidia Tuay Sigua, por su orientación, conocimiento, paciencia y acompañamiento académico. Sus aportes y reflexiones fueron fundamentales para fortalecer este trabajo y enriquecer mi formación como futura docente e investigadora.

Asimismo, agradezco profundamente a la profesora Sandra Forero, quien ha sido una mentora significativa en este proceso formativo. Gracias por sus enseñanzas, consejos y apoyo constante, los cuales dejaron una huella importante tanto en mi desarrollo profesional como personal.

A mis padres y a mi hermana Linda Perez, por su amor, apoyo constante y los esfuerzos realizados para acompañarme en la construcción de mis sueños. Gracias por creer en mí incluso en los momentos más difíciles y por enseñarme el valor de la dedicación y la disciplina.

A mi pareja, por su apoyo, compañía y motivación durante este proceso. Gracias por estar presente en los momentos de cansancio, incertidumbre y alegría, convirtiéndose en un apoyo esencial para culminar esta etapa.

A mi amiga Marce, por su amistad incondicional, su escucha oportuna y por compartir conmigo las alegrías y retos de esta etapa universitaria. Gracias por ser un apoyo constante en este camino.

Finalmente, agradezco a todas las personas que, de una u otra manera, hicieron parte de este recorrido y contribuyeron al logro de esta meta académica.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	5
CAPÍTULO I: ORIENTACIONES GENERALES DE LA INVESTIGACIÓN.....	8
1.2 Pregunta problema	9
1.2.1 Objetivo general	10
1.2.2 Objetivos específicos.....	10
1.3 Antecedentes de la investigación.....	11
1.3.1 Antecedentes nacionales.....	11
1.3.2 Antecedentes internacionales	12
JUSTIFICACIÓN.....	16
CAPÍTULO II: A PROPÓSITO DEL MARCO TEÓRICO	21
2.1.1 El kilovoltaje (kV)	23
2.1.2 El miliamperaje (mA).....	24
2.1.3 El miliamperaje por segundo (mAs).....	24
2.3 La enseñanza de la física desde un enfoque constructivista	26
2.3.1 La enseñanza de la física en contextos tecnológicos.....	27
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	29
3.3 Consideraciones éticas.....	31
3.4 Técnicas e Instrumentos.....	31
3.5 Fases de la investigación.....	33
3.5.1 Fase 1. Análisis del contexto y revisión curricular	34
3.5.2 Fase 2. Diseño de la unidad didáctica.....	35
3.5.3 Fase 3. Implementación de la unidad didáctica mediada por el Objeto Virtual de Aprendizaje (OVA)	40
CAPÍTULO IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	49
2 Comprensión de la radiación ionizante.....	49
4.2 Comprensión de las unidades de medida de la radiación	54
4.3 Conciencia del riesgo radiológico.....	57
4.4.1 Transformación en la comprensión de la radiación.....	60
4.4.2 Transformación en la comprensión de la radiación.....	60
4.4.3 Transformación en el uso de parámetros técnicos.....	61
4.4.4 Transformación en la comprensión de unidades de medida.....	61
4.4.5 Transformación en la conciencia del riesgo radiológico.....	62
4.5 Discusión y aporte pedagógico	64
CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES.....	67

REFERENCIAS	70
-------------------	----

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Revisión de planes de estudio en programas de tecnología en imágenes diagnósticas	16
Tabla 2. Información general de la unidad didáctica.....	36
Tabla 3. Organización general de la unidad didáctica.....	37
Tabla 4. Estrategias e instrumentos de evaluación	38
Tabla 5. Matriz de análisis para la fase diagnóstica de las concepciones sobre radiación ionizante	42
Tabla 6. Matriz de análisis para la evaluación final de las transformaciones en las concepciones sobre radiación ionizante	46
Tabla 7. Síntesis de la comprensión conceptual de radiación	50
Tabla 8. Comprensión y uso de parámetros técnicos en la práctica radiológica	52
Tabla 9. Comprensión de las unidades de radiación	55
Tabla 10. Conciencia del uso de radiación	58
Tabla 11. Transformaciones de las comprensiones de los participantes	62

INTRODUCCIÓN

Hace más de 130 años, los estudios iniciales sobre radiaciones de alta energía marcaron un punto de inflexión en el desarrollo de la ciencia. En este contexto, investigaciones asociadas a descargas eléctricas en tubos de vacío, como las realizadas por Nikola Tesla, permitieron evidenciar fenómenos relacionados con la emisión de radiación capaz de atravesar la materia (Hrabak et al., 2008). Posteriormente, en 1895, Wilhelm Conrad Röntgen identificó y describió este fenómeno a partir de experimentos con pantallas fluorescentes, lo que condujo al reconocimiento de una nueva forma de radiación, denominada rayos X (Glasser, 1995).

Debido a hallazgos posteriores se pudo evidenciar que cuando este tipo de radiación interactúa con los tejidos del cuerpo humano se pueden observar estructuras internas con gran precisión (Dance et al., 2014; Burgess, 2026). Además, los avances en la física y en la tecnología han permitido que las imágenes obtenidas sean cada vez más claras y detalladas, facilitando una mejor comprensión de la anatomía y del funcionamiento del cuerpo humano mediante el uso de diferentes equipos de diagnóstico.

Con el fin de garantizar la seguridad tanto de los pacientes como del personal expuesto, surge la necesidad de formar adecuadamente a quienes están a cargo del manejo de estos equipos, ya que este proceso implica diversos retos, entre ellos la manipulación y la exposición a la radiación. En este sentido, la educación en torno al uso de la radiación en el personal del área ha evolucionado significativamente, dado que, hasta hace algunas décadas, era común operar los equipos de manera empírica. Lo anterior pone en evidencia la relevancia de estos conocimientos no solo en el ámbito médico, sino también en el

educativo, en la medida en que se requiere una formación que favorezca la comprensión profunda y la aplicación de los saberes en contextos reales (Díaz Barriga, 2006).

En consecuencia, la labor de los licenciados en física se ha relacionado de manera imperante con la enseñanza en la educación básica y media, orientada a la comprensión de fenómenos naturales y al desarrollo de habilidades científicas. No obstante, esta delimitación ha tendido a camuflar otros escenarios formativos, como la educación técnica, tecnológica y superior, en los cuales la física adquiere un papel determinante en el ejercicio profesional (Ríos & Solbes, 2007).

Para complementar, es necesario observar las posibilidades de la enseñanza de la física en contextos distintos al escolar, particularmente en aquellos donde los conocimientos se articulan de manera directa con la práctica laboral. Por ello, Díaz Barriga (2006) plantea que la enseñanza de la física debe orientarse hacia la construcción de significados en contextos situados, evitando su reducción a un conjunto de formulaciones abstractas independientes del contexto.

Un campo en el que esta necesidad se hace evidente es la tecnología en imágenes diagnósticas, donde la física de la radiación constituye un componente central para la comprensión de los procesos involucrados, así como para la toma de decisiones relacionadas con la calidad de la imagen y la seguridad en los procedimientos. No obstante, como lo han evidenciado Piña Fonseca y León Robaina (2017), en la formación tecnológica persisten vacíos conceptuales que dificultan la comprensión y la aplicación adecuada de los principios físicos en la práctica laboral.

Por otro lado, la experiencia como tecnóloga en imágenes diagnósticas, me permite indicar que se hace necesaria una formación contextualizada y cercana a la práctica laboral. Esta desconexión genera vacíos importantes en la comprensión de parámetros técnicos y en la toma de decisiones propias del ejercicio profesional. Tal como plantea Ausubel (1976), el aprendizaje significativo se da cuando los nuevos conocimientos logran relacionarse con los saberes previos del estudiante; de lo contrario, el aprendizaje se vuelve mecánico y poco duradero.

Es precisamente desde esta experiencia que surge la presente propuesta académica, la cual busca aportar a la didáctica de la física desde una mirada situada en la educación tecnológica. En este sentido, la propuesta se enmarca en un enfoque constructivista, donde el estudiante participa activamente en la construcción del conocimiento y el docente cumple un rol de mediador que orienta el proceso (Viera Torres, 2003).

En coherencia con lo anterior, esta monografía aborda el diseño y la evaluación de una unidad didáctica sobre física de la radiación, mediada por un Objeto Virtual de Aprendizaje (OVA), dirigida a tecnólogos en ejercicio. Su propósito es fortalecer los conocimientos disciplinares en física de la radiación y, al mismo tiempo, ampliar la enseñanza de la física hacia escenarios distintos al aula escolar tradicional, reafirmando que el quehacer del licenciado puede y debe trascender estos límites (Perrenoud, 2004; Coll, 2004).

CAPÍTULO I: ORIENTACIONES GENERALES DE LA INVESTIGACIÓN

En este capítulo se desarrolla el planteamiento del problema de investigación, a partir de la descripción de las dificultades observadas que se asocian directamente a la comprensión de la física de la radiación en tecnólogos en imágenes diagnósticas. Para ello, se distingue el contexto en el que emerge la problemática, se analizan sus implicaciones en la práctica laboral y se sustenta la necesidad de proponer las estrategias pedagógicas encaminadas a favorecer una comprensión más significativa de estos contenidos. También, se delimita la pregunta problema de investigación que orienta el estudio.

1. Planteamiento del problema

En el contexto de los programas de formación tecnológica en imágenes diagnósticas, la enseñanza de la física suele concentrarse en un único semestre de formación. Este plan curricular ha sido asociado a dificultades en la apropiación de los contenidos, evidenciadas en la percepción de estudiantes y egresados, quienes reportan que los conocimientos adquiridos resultan distantes de las exigencias de la práctica laboral. Por ello, presentan limitaciones al momento de adquisición de imágenes.

Todavía más, la escasa articulación entre los contenidos abordados en el aula y las exigencias del entorno clínico se manifiesta en una brecha formativa que incide tanto en la comprensión conceptual como en la toma de decisiones durante la realización de los procedimientos. Por ello, Investigaciones como las de Paolicchi et al. (2015), Piña Fonseca

y León Robaina (2017) y Karfopoulos et al. (2015) evidencian que las dificultades en la interpretación de conceptos físicos esenciales no constituyen casos aislados, sino una situación recurrente en la formación de tecnólogos en imágenes diagnósticas.

Esta carencia formativa incide directamente en la calidad de los estudios realizados y en las condiciones de seguridad, tanto para el personal como para los pacientes expuestos a radiación, lo que refuerza la necesidad de revisar cómo se están enseñando estos contenidos. Como consecuencia, surge la necesidad de replantear las estrategias pedagógicas empleadas en la enseñanza de la física en los programas tecnológicos.

Por lo que, el diseño de una unidad didáctica que articule los conceptos físicos con situaciones clínicas reales, mediada por un objeto virtual de aprendizaje, se plantea como una alternativa para favorecer una comprensión más significativa y contextualizada. Esta propuesta busca no solo fortalecer el aprendizaje disciplinar, sino también contribuir a una práctica clínica más consciente, segura y de mejor calidad.

1.2 Pregunta problema

¿De qué manera una unidad didáctica mediada por un Objeto Virtual de Aprendizaje (OVA) aporta a la transformación de los conocimientos sobre física de la radiación en tecnólogos en imágenes diagnósticas?

1.2 Objetivos

1.2.1 *Objetivo general*

Evaluar el aporte de una unidad didáctica mediada por un Objeto Virtual de Aprendizaje (OVA) en las transformaciones de los conocimientos sobre física de la radiación en tecnólogos en imágenes diagnósticas, desde un enfoque cualitativo interpretativo.

1.2.2 *Objetivos específicos*

- Identificar las concepciones iniciales de los tecnólogos en imágenes diagnósticas sobre los conceptos fundamentales de la física de la radiación, mediante la aplicación de un diagnóstico.
- Diseñar una unidad didáctica mediada por un Objeto Virtual de Aprendizaje (OVA), orientada a la enseñanza de la física de la radiación en el contexto de las imágenes diagnósticas.
- Analizar las transformaciones en las comprensiones de los participantes, a partir de las evidencias cualitativas obtenidas durante la implementación de la unidad didáctica y OVA.

1.3 Antecedentes de la investigación

1.3.1 Antecedentes nacionales

En el contexto nacional, se destaca la monografía desarrollada por Cuarán Ordóñez (2017) en la Universidad Pedagógica Nacional, Facultad de Ciencia y Tecnología, la cual se enmarca en una investigación de enfoque cualitativo y de carácter educativo. El estudio tuvo como propósito analizar la enseñanza de la física de la radiación en escenarios de formación tecnológica, particularmente en el programa de Radiología e Imágenes Diagnósticas, desde una perspectiva pedagógica que integrara los saberes disciplinares con la práctica profesional.

Esta investigación se realiza a partir del diseño e implementación de una estrategia didáctica en donde el enfoque de Enseñanza para la Comprensión y en la articulación interdisciplinar entre la física, la química y la biología son protagonistas. Lo que mostró el análisis es que los participantes (estudiantes de la institución educativa SENA) lograron una comprensión más completa de la forma en que interactúa la radiación con la materia.

Por ello, el avance se reflejó en el desempeño de actividades vinculadas con la interpretación de situaciones propias del contexto, así como en una mayor coherencia entre los fundamentos conceptuales y su aplicación en escenarios de práctica. Posteriormente, se evidenció una actitud más consciente frente al uso de equipos y fuentes de radiación en diferentes procedimientos.

Se resalta que, el trabajo permitió reconocer la relevancia de algunas alteraciones conceptuales relacionadas con la naturaleza de la radiación, lo que da cuenta de la complejidad del proceso de aprendizaje y de la necesidad de propuestas didácticas continuas y estructuradas. Es por ello que, este antecedente resulta pertinente para la presente investigación, en tanto que permite ver la importancia de diseñar estrategias pedagógicas que articulen la física de la radiación con contextos reales de formación tecnológica.

Finalmente, los resultados indican que una comprensión más sólida de estos conceptos no solo fortalece el dominio teórico, sino que también incide en el desempeño en la práctica profesional (Cuarán Ordóñez, 2017; Piña Fonseca & León Robaina, 2017). De esta manera, el estudio aporta bases teóricas y metodológicas que respaldan el diseño de una unidad didáctica mediada por un objeto virtual de aprendizaje, orientada a fortalecer la comprensión y el uso responsable de la radiación en el ejercicio profesional.

La revisión anterior permite plantear esta necesidad de vincular los escenarios de formación de licenciados en física con problemas contextuales y que tiene trascendencia para personas que ya tienen una formación de base.

1.3.2 Antecedentes internacionales

Paolicchi et al. (2015) realizaron en Italia el estudio titulado *“Evaluación de la conciencia de la protección radiológica y conocimientos sobre las dosis de exámenes radiológicos entre los tecnólogos en imágenes italianos”*, cuyo objetivo fue evaluar el nivel de conocimientos básicos en protección radiológica y la estimación de las dosis asociadas a distintos procedimientos radiológicos.

La investigación se desarrolló mediante la aplicación de un cuestionario validado a 780 tecnólogos en imágenes, con una distribución demográfica y geográfica equilibrada. Los resultados evidenciaron que solo el 12,1 % de los participantes asistían de manera regular a cursos de actualización en protección radiológica, a pesar de que cerca del 90 % manifestaba considerar suficientes sus conocimientos en esta área.

Se identificaron errores conceptuales relevantes, como la subestimación de las dosis de radiación en la mayoría de los procedimientos, la confusión sobre el uso de radiación ionizante en técnicas como la resonancia magnética y la ecografía, así como dificultades para diferenciar entre efectos deterministas y estocásticos. Asimismo, se observó que los tecnólogos con menor tiempo de experiencia laboral presentaron mejores resultados en comparación con aquellos con mayor trayectoria profesional.

Los autores concluyen que es necesario fortalecer la formación y actualización permanente mediante acciones educativas específicas, tanto en el pregrado como durante el ejercicio profesional, con el fin de garantizar la seguridad del paciente. Este antecedente resulta pertinente para la presente investigación, ya que evidencia la necesidad de diseñar estrategias formativas estructuradas dirigidas a profesionales en ejercicio, que permitan mejorar la comprensión y aplicación de conocimientos fundamentales en el contexto clínico.

Por su parte, Guillén Estévez y Cañizares Espinosa (2014) desarrollaron en Cuba el estudio titulado *“Caracterización del proceso enseñanza y aprendizaje de la asignatura Física en los tecnólogos de la salud”*, publicado en la revista SciELO. La investigación

tuvo como propósito analizar cómo se desarrolla la enseñanza de la Física en las carreras de Tecnología de la Salud y su grado de integración con los contenidos biomédicos.

El estudio se realizó mediante un diseño exploratorio longitudinal en la Facultad de Tecnología de la Salud de la Universidad de Ciencias Médicas de Villa Clara. Para ello, los autores emplearon métodos teóricos, empíricos y matemáticos, incluyendo el análisis de los programas académicos, la observación de clases y la aplicación de cuestionarios a estudiantes y docentes.

Los autores concluyen que es necesario perfeccionar el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Física en las carreras de Tecnología de la Salud, promoviendo una mayor integración con los estudios biomédicos, el entorno profesional y el resto de las asignaturas del currículo. Este antecedente aporta fundamentos relevantes para la presente investigación, al resaltar la importancia de diseñar propuestas didácticas contextualizadas que fortalezcan la formación de los tecnólogos en salud.

Por otro lado, se encuentra la tesis de maestría desarrollada por Morán Díaz (2023) en la Universidad Internacional de Andalucía, titulada *“Diseño y desarrollo de una unidad didáctica para el módulo de protección radiológica”*. Este trabajo se centra en la elaboración de una propuesta orientada a programas de formación en Imagen para el Diagnóstico, Medicina Nuclear y Radioterapia.

La investigación parte del reconocimiento de la protección radiológica como una actividad multidisciplinar de carácter científico y técnico, fundamental para garantizar la seguridad de las personas y del medio ambiente frente a los efectos de la radiación ionizante (Morán Díaz, 2023).

En este sentido, la propuesta didáctica busca formar a los estudiantes no solo en los fundamentos conceptuales de la radiación, sino también en aspectos prácticos como la gestión de materiales y residuos radiactivos, los procedimientos de almacenamiento y transporte, así como el reconocimiento de categorías y etiquetado de bultos radiactivos.

Los autores señalan que la unidad didáctica presenta una secuencia organizada y progresiva, con una clara evolución de las sesiones y actividades, lo que permite el cumplimiento de los objetivos propuestos. Asimismo, se resalta que la propuesta contribuye al desarrollo del perfil profesional del estudiante, promoviendo un ejercicio responsable frente al uso de materiales radiactivos en contextos clínicos.

Este antecedente resulta relevante para la presente investigación, en la medida en que evidencia la importancia del diseño de unidades didácticas estructuradas y contextualizadas para la enseñanza de contenidos relacionados con la radiación y la protección radiológica. Además, aporta referentes pedagógicos y curriculares que respaldan la pertinencia de evaluar una unidad didáctica mediada por un objeto virtual de aprendizaje en contextos profesionales específicos.

JUSTIFICACIÓN

Uno de los principales desafíos en la enseñanza de la física en contextos tecnológicos, como el de imágenes diagnósticas, radica en la limitada articulación entre los contenidos abordados en el aula y las situaciones reales del ejercicio profesional. A partir de la revisión de los planes de estudio de programas de Tecnología en Radiología e Imágenes Diagnósticas en instituciones como la Fundación Tecnológica Autónoma de Bogotá, el SENA y la Fundación Universitaria del Área Andina, se evidencia que los contenidos de física suelen concentrarse en los primeros semestres, bajo denominaciones como Física de la Radiación o Protección Radiológica.

Esta organización curricular tiende a presentar los contenidos de manera introductoria, lo que puede dificultar su posterior articulación con la práctica clínica. En este sentido, se hace necesario diseñar estrategias pedagógicas que favorezcan la integración entre la teoría y la práctica, acercando el conocimiento científico al quehacer cotidiano de los tecnólogos en formación.

En coherencia con lo anterior, se hace pertinente presentar una revisión de los planes de estudio de algunas instituciones de educación superior que ofertan el programa de Tecnología en Radiología e Imágenes Diagnósticas, las cuales corresponden a las instituciones de egreso de algunos de los participantes en esta investigación.

Esta revisión permite identificar la organización curricular de los contenidos relacionados con la física y su ubicación dentro del proceso formativo.

Tabla 1.

Revisión de planes de estudio en programas de Tecnología en Imágenes Diagnósticas.

Institución	Programa	Asignatura relacionada con física	Semestre	Observaciones
Fundación Tecnológica Autónoma de Bogotá	Tecnología en Radiología e Imágenes Diagnósticas	Física de la radiación	1°	Contenidos introductorios con énfasis teórico
SENA	Tecnología en Imágenes Diagnósticas	Protección radiológica	1°	Enfoque técnico, limitada profundización conceptual
Fundación Universitaria del Área Andina	Tecnología en Imágenes Diagnósticas	Física aplicada / Protección radiológica	1°	Relación parcial con la práctica clínica

Fuente: Elaboración propia. Información tomada de las fuentes universitarias: FABA, SENA, Fundación universitaria del área Andina

A partir de la información presentada en la Tabla 1, se evidencia que, aunque las instituciones analizadas incluyen dentro de sus planes de estudio asignaturas relacionadas con la física de la radiación y la protección radiológica, estas suelen ubicarse en los primeros semestres de formación y con un enfoque introductorio. Esta organización curricular puede dificultar la apropiación profunda de los conceptos, ya que no siempre se garantiza su articulación progresiva con los espacios prácticos y clínicos posteriores.

Por lo tanto, se identifica una posible desconexión entre los fundamentos teóricos abordados en etapas iniciales y las exigencias reales del ejercicio profesional, lo que refuerza la necesidad de proponer estrategias didácticas que favorezcan la integración del

conocimiento físico con los contextos de aplicación propios del campo de las imágenes diagnósticas.

Ahora bien, en cuanto a la propuesta didáctica, se plantea el uso de un Objeto Virtual de Aprendizaje (OVA), pues

Se resalta la capacidad del organismo para influir sobre el medio ambiente físico y social y de, a la vez, ser influido por este. El punto para destacar aquí es que las personas desarrollan sus estructuras y funciones cognoscitivas y aprenden por medio de la actividad y que esta actividad implica complejas interacciones. El aprendizaje se construye a partir de la interacción del estudiante con su entorno y con otros, mediante procesos activos que le permiten reorganizar sus conocimientos Como mediación del proceso educativo” (Coll, 2004 pp 32).

Según lo dicho anteriormente, esta elección se fundamenta en la intención de incorporar recursos flexibles, accesibles y actualizados, capaces de adaptarse a los ritmos de aprendizaje de los participantes y de favorecer la exploración de los contenidos de manera visual e interactiva. De este modo, el uso de tecnologías educativas se vincula con la posibilidad de fortalecer la motivación, facilitar la comprensión de conceptos abstractos y promover procesos de aprendizaje más autónomos (Coll, 2004).

Se resalta que el desconocimiento de conceptos físicos no se limita a una dificultad individual, sino que se ajusta a una problemática que también involucra dimensiones formativas. Por lo que, se observa una tendencia a priorizar la ejecución de protocolos, lo que puede derivar en un uso predominantemente mecánico de los equipos, sin una apropiación suficiente de los principios físicos que los sustentan. Esto implica que la

calidad de las imágenes diagnósticas como en la seguridad del paciente y del personal resulte en incrementar el riesgo de exposición innecesaria (Paolicchi et al., 2015).

En consecuencia, la presente monografía se orienta a aportar, desde la formación inicial en licenciatura en física, una propuesta educativa que responda a necesidades identificadas en el campo de las imágenes diagnósticas. De esta manera, se busca articular la formación científica con el compromiso pedagógico, reconociendo que la enseñanza de la física en contextos tecnológicos requiere no solo dominio conceptual, sino también el desarrollo de pensamiento crítico y una actitud reflexiva frente al uso de los equipos.

La necesidad de una formación en física contextualizada se hace evidente ante las deficiencias detectadas en el uso de parámetros técnicos como el kilovoltaje (kV), el miliamperaje (mA), el tiempo de exposición, así como en el manejo de unidades como el gray (Gy), el sievert (Sv) o el becquerel (Bq). Estas dificultades no son irrelevantes, pues están directamente relacionadas con errores técnicos, repeticiones innecesarias de estudios y una mayor exposición a la radiación (Paolicchi et al., 2015).

Así pues, la formación de profesionales implica el fortalecimiento de competencias que permitan aprender de la experiencia y cualificar de manera continua la práctica (MEN, 2009). Por lo que, se espera que el trabajo contribuya a transformar los conocimientos sobre física de la radiación, con ello fortalecer las competencias de los tecnólogos y, a largo plazo, mejorar la práctica laboral.

La propuesta de desarrollar una unidad didáctica mediada por TIC responde a una necesidad formativa urgente, dado que la centralidad de la educación y la formación ha estado acompañada de un protagonismo creciente de las TIC en los procesos educativos

(Coll, 2004). En este sentido, se reconoce que los procesos educativos pueden optimizarse mediante este tipo de mediaciones, especialmente cuando se articulan con enfoques constructivistas que favorecen el papel activo del estudiante en su proceso de aprendizaje.

En resumen, este trabajo de investigación busca proponer una alternativa que contribuya a transformar y fortalecer la enseñanza de la física de la radiación en los entornos formativos y laborales del área de radiología e imágenes diagnósticas. De esta manera, se pretende consolidar la práctica profesional a partir de una comprensión sólida de los fenómenos físicos, favoreciendo el desarrollo de un pensamiento crítico en el ejercicio de su labor.

En este orden, para hablar de la importancia de promover una práctica reflexiva que permita al profesional analizar su propio desempeño y tomar decisiones fundamentadas en el contexto se cita a (Philippe Perrenoud, 2004), porque defiende formar a un practicante reflexivo no solo puede abarcarse durante la formación inicial, especialmente cuando ésta se limita a uno o dos años de formación. En resumidas cuentas, se hace esencial contribuir con una propuesta pedagógica que favorezca el análisis del quehacer profesional, de modo que el tecnólogo pueda tomar decisiones informadas y garantizar una imagen de calidad en su servicio.

CAPÍTULO II: A PROPÓSITO DEL MARCO TEÓRICO

El foco de interés de la presente Investigación lo constituyen los fundamentos teóricos en relación con aquellos conceptos que se involucran con la física de radiación en el contexto. En primer lugar, la radiación y su diferenciación entre ionizante y no ionizante, en segundo lugar, aquellos parámetros técnicos usados en el proceso de adquisición de la imagen, en tercer lugar, las diferentes unidades de medida que se suelen tergiversar y finalmente, la enseñanza de la física desde un enfoque constructivista.

Por supuesto, se reconoce la necesidad de contar con una base teórica que permita comprender los procesos de construcción del conocimiento en situaciones aplicadas. De esta manera, en el presente capítulo se integra fundamentos pedagógicos, y disciplinares que sustentan la propuesta, centrada en el aprendizaje significativo, contextualizado y mediado por tecnologías educativas, con el propósito de fortalecer los conocimientos.

1 La radiación.

Para comprender la formación de una imagen diagnóstica, es necesario abordar algunos conceptos físicos fundamentales. En particular, se consideran la radiación, el espectro electromagnético, el kilovoltaje (kV), asociado a la energía de los rayos X; el miliamperaje (mA), relacionado con la cantidad de radiación emitida; y el tiempo de exposición, que incide tanto en la calidad de la imagen como en la dosis recibida. Las unidades de medida

como el gray (Gy), el sievert (Sv) y el becquerel (Bq) permiten cuantificar la energía absorbida, los efectos biológicos y la actividad de una fuente radiactiva (Ordoñez, 2023).

La radiación es la emisión y transferencia de energía a través del espacio o de un medio material. Esta puede presentarse en forma de ondas electromagnéticas o de partículas, dependiendo de su origen y de los procesos físicos involucrados (IAEA, 2014). Desde la física de la radiación, estas interacciones con la materia son fundamentales para la formación de imágenes diagnósticas, ya que determinan cómo los fotones de rayos X son absorbidos o dispersados en los tejidos (Burgess, 2026).

De acuerdo con la clasificación propuesta por la IAEA (2014), la radiación se divide en ionizante y no ionizante, según su capacidad de producir ionización en la materia. La radiación no ionizante incluye formas de energía como las ondas de radio, microondas, radiación infrarroja y luz visible. Estas radiaciones no poseen la energía suficiente para remover electrones de los átomos. Por el contrario, la radiación ionizante entre las que se encuentran los rayos X, los rayos gamma y las partículas alfa y beta tiene energía suficiente para provocar la ionización de los átomos y moléculas, lo que la hace útil en diagnóstico médico (IAEA, 2014, p. 3).

Tanto la radiación ionizante como la no ionizante hacen parte del espectro electromagnético, el cual organiza las diferentes formas de energía según su frecuencia y longitud de onda. En este espectro, los rayos X se ubican en la región de mayor energía, lo que les permite atravesar el cuerpo humano y generar imágenes a partir de la atenuación diferencial en los tejidos (IAEA, 2014).

En el campo de la física médica, comprender la radiación implica también conocer la manera en que esta se mide y se cuantifica. En este sentido, se emplean distintas magnitudes dosimétricas para describir la interacción de la radiación con la materia. Entre las más relevantes se encuentran el gray (Gy), que permite expresar la energía absorbida por unidad de masa; el sievert (Sv), que considera el tipo de radiación y la sensibilidad del tejido para estimar el riesgo biológico; y el becquerel (Bq), que se utiliza para indicar la actividad de una fuente radiactiva en términos de desintegraciones por segundo (Dance et al., 2014, pp. 512–560).

En síntesis, comprender la naturaleza de la radiación, sus tipos y las formas de cuantificarla es fundamental para el tecnólogo en imágenes diagnósticas. Estos conocimientos posibilitan un uso responsable de los equipos, la correcta interpretación de los parámetros técnicos y la aplicación de los principios de protección radiológica que garantizan la seguridad del paciente y del tecnólogo.

2.1 Parámetros técnicos en imágenes diagnósticas

En radiología, la obtención de una imagen diagnóstica adecuada depende de la correcta selección de los parámetros técnicos del equipo. Entre los más importantes se encuentran el kilovoltaje (kV), el miliamperaje (mA) y el mAs.

2.1.1 El kilovoltaje (kV)

Representa la diferencia de potencial aplicada entre el cátodo y el ánodo dentro del tubo de rayos X. Este parámetro controla la energía con la que los electrones son acelerados

y, por tanto, la capacidad de penetración de los rayos producidos. Un aumento en el kV incrementa la energía del haz y su poder de penetración, lo que influye en el contraste radiográfico y en la visualización de estructuras de distinta densidad (Dance et al., 2014).

2.1.2 El miliamperaje (mA)

Se relaciona directamente con la cantidad de electrones emitidos por el filamento del cátodo. Cuanto mayor es el mA, mayor es el número de fotones generados y, por tanto, mayor la cantidad de radiación que llega al receptor. Este parámetro influye directamente en la densidad de la imagen, sin afectar significativamente el contraste (Dance et al., 2014).

2.1.3 El miliamperaje por segundo (mAs)

Es el producto entre los factores del y el mA tiempo de exposición (s), y representa la cantidad total de radiación emitida durante una exposición. Este parámetro controla la densidad general de la imagen: un valor bajo puede producir imágenes subexpuestas, mientras que un valor excesivo genera sobreexposición. Por tanto, ajustar el mAs de forma equilibrada permite obtener imágenes nítidas sin aumentar innecesariamente la dosis al paciente (*kV, mA, mAs y su relación con la calidad de imagen*, 2020, p. 5).

En conjunto, estos tres parámetros deben seleccionarse considerando el tipo de estudio, la región anatómica y las condiciones del paciente. Como enfatiza la Agencia Internacional

de Energía Atómica (IAEA, 2014), el dominio de estas variables permite optimizar el resultado diagnóstico (pp. 37–38). Estos parámetros no solo contribuyen a obtener imágenes adecuadas para la interpretación clínica, sino que también constituyen una parte esencial del proceso de protección radiológica, al favorecer el equilibrio entre una exposición controlada y una dosis segura para el paciente.

2.2 Unidades de medida de radiación

La radiación ionizante, al interactuar con la materia, deposita energía que puede ser descrita a partir de distintas magnitudes físicas. A partir esto, estas unidades son las que indican principalmente: La cuantificación del riesgo biológico por lo que permite establecer límites de exposición seguros, facilitar el monitoreo ambiental para detectar posibles problemas de contaminación, permitiendo así una respuesta rápida ante emergencias nucleares (Dance et al., 2014). Así, comprender estas unidades permite informar y proteger al paciente, asegurando que el beneficio de la toma del estudio nunca sea superado por el riesgo de la radiación.

En primer lugar, el gray corresponde a la dosis absorbida, es decir, a la cantidad de energía depositada por la radiación en un kilogramo de materia. Esta magnitud resulta clave para estimar la exposición física durante los procedimientos y definir niveles seguros para la adquisición de imágenes.

En segundo lugar, el sievert se emplea para expresar la dosis equivalente o efectiva, aplicando factores asociados tanto al tipo de radiación como a la sensibilidad biológica de

los tejidos que fueron expuestos a la radiación. Como resultado, esta unidad permite valorar el riesgo biológico de la exposición, más allá de la energía absorbida. De hecho, exposiciones con igual dosis absorbida pueden generar efectos distintos según el tipo de radiación implicada (Dance et al., 2014).

Finalmente, el becquerel (Bq) es utilizado principalmente para describir la actividad radiactiva de una fuente, entendida como el número de desintegraciones nucleares que ocurren por segundo. Esta es especialmente útil en medicina nuclear, donde la cantidad de material radiactivo administrado debe controlarse con precisión para asegurar la efectividad diagnóstica y minimizar la exposición (IAEA, 2014, p. 39).

Asimismo, el conocimiento y uso adecuado de estas unidades forma parte de la base conceptual de la protección radiológica, ya que permiten establecer límites de dosis, diseñar protocolos de seguridad y garantizar que las exposiciones médicas se mantengan dentro de los márgenes recomendados (Dance et al., 2014).

2.3 La enseñanza de la física desde un enfoque constructivista

La propuesta se ubica en un enfoque constructivista del aprendizaje, entendido como un proceso activo en el cual el estudiante está en la capacidad de construir el conocimiento a partir de sus experiencias anteriores, su interacción con la práctica y la resolución de situaciones relevantes. Se conoce al estudiante como protagonista de su propio aprendizaje, y al docente como mediador que guía, orienta y estimula el desarrollo de las diferentes habilidades cognitivas. Desde la perspectiva de autores como Piaget, Vygotsky y Ausubel,

el aprendizaje no se limita a la recepción pasiva de información o memorización, sino que el estudiante debe ser el protagonista de lo que se aprende (Viera Torres, 2003).

Es de notar que el enfoque constructivista que se va a llevó a cabo en la aplicación de la unidad didáctica da cuenta que el aprendizaje colaborativo contribuye de manera significativa. Pues, esta modalidad se centra en la interacción entre pares como una ruta viable para construir conocimiento, resolver problemas y tomar decisiones con pensamiento crítico. Con ello, la colaboración permite el intercambio de saberes, compartir experiencias y de ese modo la construcción de soluciones a problemas reales en la práctica laboral. También, a través de esta estrategia, se promueve el desarrollo de habilidades comunicativas, el pensamiento crítico y la responsabilidad compartida, aspectos clave para la mejora continua en el ámbito profesional (Johnson & Johnson, 1999).

Entretanto, Rodríguez Arocho (1999) resalta la importancia de la mediación en los procesos de aprendizaje. En efecto, el aprendizaje se configura como un proceso en el que el estudiante avanza desde sus conocimientos previos, contruidos en muchos casos desde la experiencia empírica, hacia niveles más elaborados de comprensión, apoyado por la orientación docente o por herramientas educativas.

2.3.1 La enseñanza de la física en contextos tecnológicos

A propósito de la enseñanza de la física en contextos tecnológicos, como el de las imágenes diagnósticas, se resalta la física ha sido abordada desde enfoques abstractos. En estos campos se requiere una atención especial, dado que la comprensión de fenómenos

como la radiación, resulta indispensable para un ejercicio profesional seguro y responsable (Dance et al., 2014).

Esto pone en evidencia que la formación de tecnólogos en imágenes diagnósticas demanda una enseñanza de la física que trascienda la transmisión de contenidos teóricos y favorezca la comprensión de su aplicabilidad. Desde esta perspectiva, la propuesta se orienta hacia una enseñanza de la física con sentido para el estudiante, en la que los contenidos se articulen con situaciones propias de su contexto profesional. En esta línea, Díaz Barriga (2006) plantea que el aprendizaje significativo se favorece cuando los nuevos conocimientos se relacionan con la experiencia previa y con contextos relevantes para la formación.

De manera complementaria, Perrenoud (2004) destaca la importancia de una formación orientada a la práctica reflexiva, en la que el conocimiento trascienda la memorización de fórmulas y permita comprender fenómenos y tomar decisiones en situaciones reales. Por lo que, la enseñanza de la física en estos contextos debe orientarse hacia la comprensión de los principios que sustentan el uso de la radiación, favoreciendo una aplicación consciente, crítica y segura.

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

El presente capítulo tiene como propósito dar a conocer el proceso de la metodología implementada en la investigación, orientada a comprender las concepciones de los tecnólogos en imágenes diagnósticas en torno a la radiación ionizante y sus unidades de medida, así como a analizar las posibles transformaciones en dichas comprensiones a partir de la implementación de un Objeto Virtual de Aprendizaje (OVA).

En coherencia con lo anterior, la investigación se orienta a identificar las concepciones iniciales de los participantes, analizar su interacción con la estrategia didáctica propuesta y reconocer posibles transformaciones en sus comprensiones conceptuales. Así pues, el capítulo se organiza en varios apartados: inicialmente se presenta el enfoque y tipo de investigación; posteriormente, se describen los participantes y las consideraciones éticas; de igual forma, se exponen las técnicas e instrumentos de recolección de información; y, finalmente, se detallan las fases del proceso investigativo, las cuales se sintetizan mediante un diagrama y se desarrollan especificando las acciones y propósitos de cada una.

3.1 Enfoque metodológico.

El estudio se enmarca en un enfoque cualitativo con perspectiva interpretativa, orientado a comprender una problemática educativa situada en el contexto profesional de los tecnólogos en imágenes diagnósticas. En este contexto, a partir de la identificación de vacíos conceptuales relacionados con el uso de las unidades de medida de la radiación ionizante, se propone el diseño de una estrategia didáctica que permita analizar las concepciones de los participantes y las posibles transformaciones en sus comprensiones a partir de la interacción con el OVA.

“Los estudios cualitativos permiten comprender fenómenos desde la perspectiva de los actores involucrados, siendo apropiados para investigaciones en contextos educativos que buscan mejorar procesos formativos” (Quecedo & Castaño, 2002). De este modo, la investigación cualitativa resulta pertinente, en tanto posibilita analizar las experiencias, percepciones y discursos de los tecnólogos frente al uso de los conceptos físicos asociados a la radiación y sus unidades de medida en su práctica profesional.

3.2 Participantes

La investigación contó con la participación de cuatro tecnólogos en imágenes diagnósticas en ejercicio profesional, vinculados a contextos clínicos en los que interactúan de manera directa con el uso de radiación ionizante. Para ello, se incluyeron participantes egresados de distintas instituciones de educación superior, lo que permite reconocer la diversidad en los procesos de formación y en las bases conceptuales relacionadas con la física de la radiación. Esta condición facilita analizar diferentes formas de comprensión de los conceptos abordados, así como posibles variaciones asociadas a los enfoques curriculares de cada institución como parte del primer objetivo específico.

El tamaño de la muestra responde al enfoque cualitativo del estudio. No se busca la generalización de los resultados, sino una comprensión de las concepciones y significados contruidos por los participantes.

3.3 Consideraciones éticas

La investigación se desarrolló considerando principios éticos fundamentales para estudios en contextos educativos, garantizando el respeto, la confidencialidad y la participación voluntaria de los involucrados. Los participantes fueron informados sobre los objetivos del estudio, las actividades a desarrollar y el uso de la información recolectada. Su participación se formalizó mediante la aceptación de un consentimiento informado.

La confidencialidad de la información se aseguró evitando la divulgación de datos personales que permitieran la identificación de los participantes. Para ello, se utilizaron códigos alfanuméricos con el propósito de preservar su anonimato durante el análisis y la presentación de los resultados. De igual manera, la información recolectada fue utilizada exclusivamente con fines académicos, respetando la integridad de las respuestas y evitando cualquier tipo de manipulación que pudiera afectar la interpretación de los datos.

3.4 Técnicas e Instrumentos

La recolección de la información en la presente investigación se realizó mediante técnicas e instrumentos cualitativos que permitieron acceder a las concepciones, interpretaciones y procesos de comprensión de los participantes en relación con la física de la radiación y sus unidades de medida.

En este sentido, se empleó como técnica principal el análisis de producciones de los participantes, el cual permitió interpretar las respuestas, reflexiones y actividades desarrolladas a lo largo de la implementación del Objeto Virtual de Aprendizaje (OVA).

Como instrumentos de recolección de información se utilizaron:

- **Cuestionario diagnóstico:** aplicado al inicio del proceso con el propósito de identificar las concepciones previas de los participantes en relación con los conceptos de radiación, espectro electromagnético, unidades de medida y parámetros técnicos utilizados en los equipos de diagnóstico por imagen.
- **Actividades desarrolladas en el OVA:** Se incluyeron foros de discusión, cuadros comparativos, análisis de casos y resolución de situaciones problemáticas, orientadas al fortalecimiento de habilidades específicas relacionadas con la comprensión conceptual, el análisis crítico y la aplicación de los contenidos abordados durante el desarrollo de la unidad didáctica.
- **Actividad final o evaluación de cierre:** permitió identificar posibles transformaciones en las concepciones de los participantes, a partir de la comparación con los resultados obtenidos en el cuestionario diagnóstico inicial.

Estos instrumentos no solo permitieron valorar el proceso de aprendizaje de los participantes, sino que constituyeron la base para el análisis cualitativo de la información, en coherencia con los objetivos de la investigación y las categorías establecidas para la interpretación de los datos.

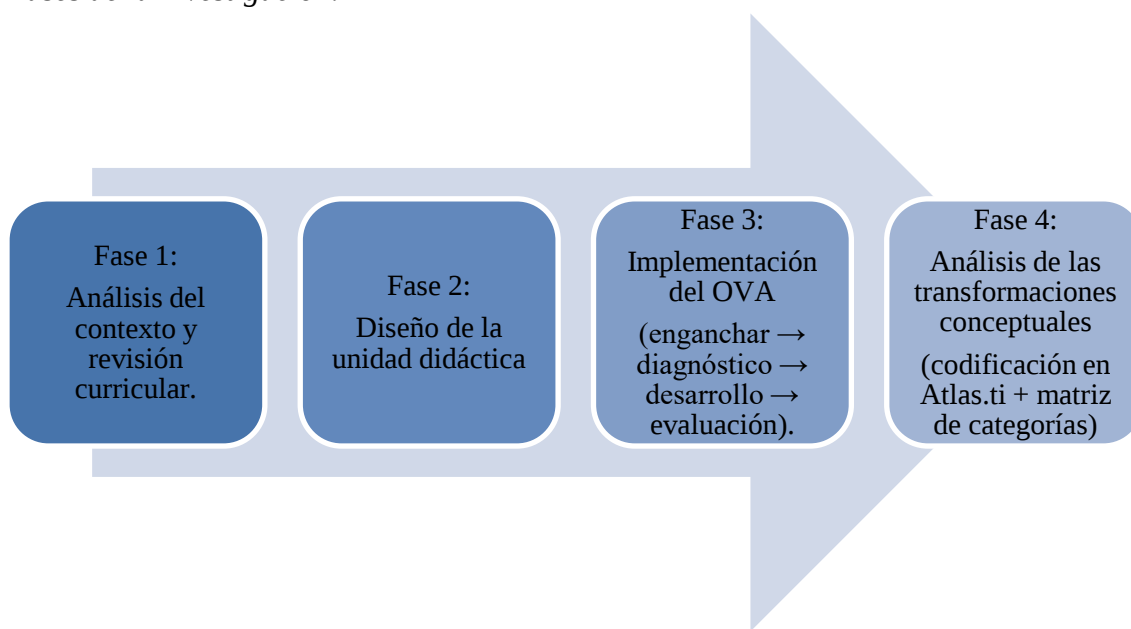
3.5 Fases de la investigación

El desarrollo de la presente investigación se organizó en cuatro fases metodológicas, las cuales permitieron estructurar de manera sistemática el proceso investigativo. Estas fases corresponden a: (1) análisis del contexto y revisión curricular, (2) diseño de la unidad didáctica, (3) implementación del Objeto Virtual de Aprendizaje (OVA) y (4) análisis de las transformaciones en las comprensiones de los participantes.

Esta organización responde a la necesidad de abordar de manera secuencial los diferentes momentos del proceso, desde la revisión de los fundamentos curriculares hasta el análisis de los cambios conceptuales evidenciados durante la implementación de la propuesta didáctica.

Figura 1

Fases de la investigación.



Fuente: elaboración propia

Como se muestra en la figura 1, se describen cada una de las fases del proceso investigativo, especificando las acciones desarrolladas en cada una de ellas y su relación con los objetivos del estudio.

3.5.1 Fase 1. Análisis del contexto y revisión curricular

En esta fase se llevó a cabo un análisis del contexto de formación de los tecnólogos en imágenes diagnósticas, así como una revisión de los contenidos curriculares relacionados con la enseñanza de la física de la radiación en diferentes instituciones de educación superior de las cuales son egresados los participantes. Este proceso tuvo como propósito identificar la manera en que se abordan los conceptos fundamentales de la física de la radiación, especialmente aquellos relacionados con las unidades de medida y los parámetros técnicos empleados en la adquisición de imágenes diagnósticas.

A partir de esta revisión se reconocieron posibles vacíos en la formación conceptual, particularmente en la comprensión e interpretación de las unidades de medida de la radiación y su relación con la práctica profesional. Estos hallazgos permitieron orientar la planificación de la unidad didáctica, así como la selección de los contenidos y actividades a desarrollar en el Objeto Virtual de Aprendizaje (OVA).

3.5.2 Fase 2. Diseño de la unidad didáctica

Los hallazgos obtenidos en la fase de análisis del contexto y la revisión curricular orientaron el diseño de la unidad didáctica centrada en los conceptos fundamentales de la física de la radiación en el contexto de las imágenes diagnósticas. La propuesta se estructuró con base en el modelo pedagógico de las 5E (Bybee et al., 2006), el cual permite organizar de manera secuencial las actividades de enseñanza y aprendizaje, favoreciendo la activación de conocimientos previos, la construcción progresiva de los conceptos y su aplicación en situaciones propias del contexto profesional.

En esta fase se definieron los objetivos de aprendizaje, los contenidos a abordar, las actividades propuestas, los recursos digitales y los tiempos de trabajo, los cuales fueron articulados en el Objeto Virtual de Aprendizaje (OVA). Este entorno permitió integrar diferentes estrategias didácticas, tales como recursos interactivos, actividades de análisis y espacios de reflexión, orientadas a promover la comprensión de los conceptos relacionados con la radiación y sus unidades de medida.

Adicionalmente, el diseño de la unidad didáctica se orientó a integrar de manera articulada los componentes declarativos, procedimentales y actitudinales del aprendizaje (Zabala, 2007). En este sentido, no solo se abordaron los conceptos teóricos relacionados con la física de la radiación (saber), sino también su aplicación en la interpretación de situaciones propias del contexto clínico (saber hacer), así como la reflexión sobre el uso responsable de la radiación en la práctica profesional (saber ser).

Asimismo, se diseñaron las estrategias e instrumentos de evaluación (diagnóstica, formativa y de cierre), los cuales fueron incorporados dentro de la secuencia didáctica con el propósito de recoger evidencias del proceso de comprensión de los participantes a lo largo de la implementación.

Tabla 2.

Información general de la unidad didáctica.

Elemento	Descripción
Título de la unidad	Física de la radiación aplicada a la imagen: Evaluando parámetros para una interpretación técnica consciente
Nivel educativo	Tecnológico
Población	Tecnólogos en imágenes diagnósticas en ejercicio laboral con proyección a la formación de profesores de física
Área	Ciencias aplicadas a la salud – Física de la radiación
Duración	6 sesiones
Modalidad	Mediación virtual y trabajo autónomo
Enfoque pedagógico	Aprendizaje significativo, activo y contextualizado, mediado por TIC

Fuente: Elaboración propia.

Como se muestra en la Tabla 2, la unidad didáctica se plantea como la estrategia pedagógica que orienta el proceso formativo, mientras que el Objeto Virtual de Aprendizaje (OVA) actúa como el recurso mediador para el desarrollo de las actividades. En este sentido, la unidad define la organización de los contenidos, los propósitos de aprendizaje y la secuencia de trabajo, mientras que el OVA facilita la interacción de los participantes con dichos contenidos en un ambiente virtual.

El Tiempo de aplicación de la estrategia: La implementación de la unidad didáctica mediada por el OVA se desarrolló durante un periodo aproximado de un mes y medio. En este tiempo se llevaron a cabo seis sesiones de trabajo, orientadas al abordaje progresivo de

los contenidos relacionados con la física de la radiación y al desarrollo de actividades de análisis, reflexión y aplicación conceptual.

Instrumentos para valorar la motivación: La motivación de los participantes frente al desarrollo de la unidad didáctica mediada por el OVA fue valorada mediante diferentes instrumentos y actividades pedagógicas, entre ellas la participación en foros de discusión, el desarrollo de cuadros comparativos, el análisis de casos y la resolución de situaciones problemáticas. Asimismo, se tuvieron en cuenta las intervenciones, el nivel de participación y el interés evidenciado durante las sesiones, lo cual permitió identificar procesos de apropiación y compromiso frente a los contenidos abordados. De esta manera, la valoración no se limitó únicamente a percepciones subjetivas de los estudiantes, sino que buscó evidenciar procesos de comprensión conceptual, análisis crítico y participación activa durante la implementación de la estrategia didáctica.

Asimismo, para el análisis de las relaciones entre variables asociadas a la participación y motivación de los estudiantes, se contempló el uso de referentes de análisis correlacionar, como la correlación de Pearson, entendida como una herramienta que permite identificar posibles asociaciones entre variables cuantificables dentro de procesos educativos. Sin embargo, debido al enfoque predominantemente cualitativo de la investigación, el análisis se centró principalmente en la interpretación pedagógica de las evidencias obtenidas durante el desarrollo de la estrategia didáctica.

Tabla 3.*Organización general de la unidad didáctica*

Etapas (Modelo E5)	Contenidos principales	Actividades de aprendizaje	Recursos	Evidencia
Enganchar	Conciencia sobre el uso de la radiación	Observación de video y foro reflexivo	Video, OVA, Classroom	Participación en foro
Elicitar	Conocimientos previos sobre radiación	Formulario diagnóstico y reflexión sobre experiencia laboral	Google Forms, Classroom	Respuestas al diagnóstico
Explicar	Fundamentos físicos de la radiación	Exploración del OVA, cuadro comparativo y quiz	OVA, lecturas, formularios	Resultados del quiz
Explorar	Parámetros técnicos y calidad de imagen	Análisis de casos simulados y resolución de caso clínico	OVA, documentos compartidos	Caso clínico resuelto
Extender	Toma de decisiones técnicas y éticas	Propuesta de mejora de protocolos	Classroom, documentos colaborativos	Propuesta argumentada

Fuente: Elaboración propia.

Como se presenta en la Tabla 3, la unidad didáctica se organiza a partir del modelo E5 (Enganchar, Elicitar, Explicar, Explorar y Extender), el cual orienta la secuencia de enseñanza y aprendizaje desde un enfoque constructivista. Cada una de estas etapas responde a momentos específicos del proceso formativo, que van desde la activación de conocimientos previos hasta la aplicación de los conceptos en situaciones propias del contexto profesional.

Tabla 4*Estrategias e instrumentos de evaluación*

Tipo de evaluación	Instrumento	Evidencia	Momento (Modelo E5)	Relación con categorías de análisis
Diagnóstica	Formulario en Google Forms	Identificación de conocimientos previos	Elicitar	Permite identificar categorías relacionadas con concepciones previas, comprensión inicial de la radiación y reconocimiento de unidades de medida
Formativa	Quiz en OVA	Comprensión de conceptos físicos	Explicar	Se relaciona con la construcción conceptual, comprensión de magnitudes físicas y relación entre conceptos
Actitudinal	Foro ético	Argumentación reflexiva	Explicar (actitudinal)	Permite analizar categorías como conciencia del riesgo radiológico, responsabilidad profesional y reflexión crítica
Aplicación	Rúbrica de caso clínico	Toma de decisiones técnicas fundamentadas	Explorar	Se vincula con categorías como aplicación del conocimiento, toma de decisiones y relación entre parámetros técnicos y calidad de imagen

Como se presenta en la Tabla 4, los instrumentos de evaluación fueron diseñados no solo para valorar el proceso de aprendizaje de los participantes, sino también para generar evidencias en distintos momentos del desarrollo de la unidad didáctica, en coherencia con

el modelo de las 5E (Bybee et al., 2006). En este sentido, cada tipo de evaluación permitió recoger información relacionada con la comprensión de los conceptos abordados, la aplicación de los conocimientos en contextos específicos y la reflexión frente al uso de la radiación en la práctica profesional.

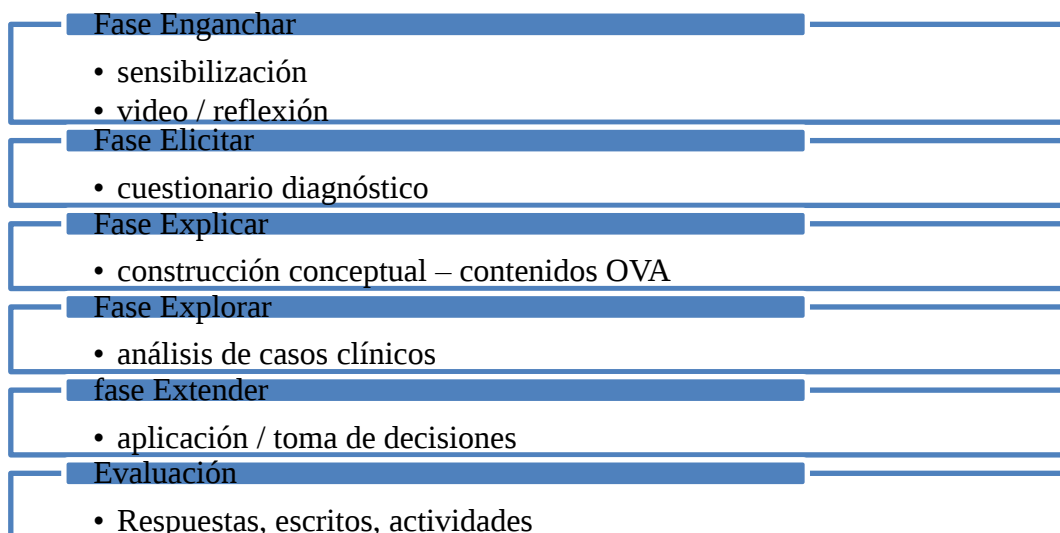
Estas evidencias constituyen la base para el posterior análisis cualitativo, el cual se desarrolla en función de las categorías definidas en coherencia con los objetivos de la investigación.

3.5.3 Fase 3. Implementación de la unidad didáctica mediada por el Objeto Virtual de Aprendizaje (OVA)

La tercera fase de la investigación corresponde a la implementación de la unidad didáctica diseñada, la cual se desarrolló mediante un Objeto Virtual de Aprendizaje (OVA) orientado a favorecer la comprensión de los conceptos de la física de la radiación en el contexto de las imágenes diagnósticas. Esta fase se llevó a cabo con la participación de cuatro tecnólogos en imágenes diagnósticas en ejercicio laboral, quienes desarrollaron las actividades propuestas en la unidad didáctica a lo largo de seis sesiones organizadas bajo el modelo pedagógico de las 5E (enganchar, elicitar, explicar, explorar y extender).

Figura 2

Proceso de implementación de la unidad didáctica mediada por el OVA



Como se muestra en la Figura 2, el proceso inició con la fase de *enganchar*, orientada a la sensibilización de los participantes frente al uso de la radiación en contextos clínicos, con el propósito de generar interés y activar ideas iniciales.

En la fase de elicitar se aplicó un cuestionario diagnóstico orientado a identificar los conocimientos previos de los participantes sobre la radiación y sus unidades de medida. Durante las fases de explicar y explorar se desarrollaron actividades centradas en la construcción conceptual y en la aplicación de los contenidos, apoyadas en recursos del OVA, ejercicios guiados y el análisis de situaciones propias del contexto profesional.

Lo anterior permite dar cuenta que las actividades facilitaron la articulación entre el conocimiento declarativo, procedimental y actitudinal, favoreciendo una comprensión más amplia de los conceptos abordados. En la fase de extender, los participantes trabajaron con

situaciones de mayor complejidad, como el análisis de casos clínicos, lo que evidenció procesos de toma de decisiones fundamentadas en el uso de la radiación.

Finalmente, las actividades desarrolladas generaron diversas evidencias de aprendizaje, tales como respuestas a foros, producciones escritas y resolución de actividades, las cuales constituyen la base para el análisis cualitativo de la investigación.

3.6 Análisis de resultados

Para orientar el análisis de la información se definieron categorías y subcategorías que organizaron e interpretaron las respuestas de los participantes en relación con los objetivos de la investigación. Estas categorías se construyeron a partir de los ejes conceptuales del estudio y guiaron tanto el diseño de los instrumentos como el proceso de codificación en el software ATLAS.ti.

En la Tabla 5 presenta la categoría de comprensión conceptual de la radiación, la cual se desglosa en subcategorías que permiten abordar distintos niveles de análisis, desde las concepciones previas hasta la aplicación del conocimiento en el contexto profesional. Cada una de las preguntas fue diseñada con una intención específica, orientada a identificar no solo el nivel de conocimiento de los participantes, sino también su capacidad para diferenciar conceptos, ejemplificarlos y relacionarlos con su práctica laboral.

Tabla 5.

Matriz de análisis para la fase diagnóstica de las concepciones sobre radiación ionizante.

CATEGORÍA	SUBCATEGORÍA	PREGUNTA	INTENCIÓN
1. Comprensión conceptual de la radiación	Concepciones previas	¿Qué entiende por radiación ionizante?	Identificar las ideas previas del participante sobre la radiación, reconociendo posibles vacíos conceptuales desde su formación técnica.
	Diferenciación conceptual	¿En qué se diferencia la radiación ionizante de la no ionizante?	Analizar la capacidad de distinguir tipos de radiación, base para comprender sus efectos y aplicaciones.
	Ejemplificación en contexto clínico	Mencione ejemplos de radiación ionizante utilizados en imágenes diagnósticas.	Evaluar la capacidad de contextualizar el concepto dentro de su campo profesional.
	Aplicación en la práctica	¿En qué procedimientos de su práctica considera que se utiliza la radiación ionizante?	Reconocer el nivel de articulación entre conocimiento conceptual y experiencia laboral.
2. Reconocimiento y comprensión de unidades de medida de la radiación	Identificación de unidades	¿Qué unidades de medida de la radiación conoce?	Identificar el nivel de familiaridad con magnitudes físicas propias del campo radiológico.
	Significado físico	¿Qué cree que mide el gray (Gy)?	Analizar la comprensión del concepto de dosis absorbida desde la física.
	Diferenciación de	¿Cuál considera que	Evaluar la capacidad

	magnitudes	es la diferencia entre el gray (Gy) y el sievert (Sv)?	de diferenciar entre magnitudes físicas y su efecto biológico.
	Uso en la práctica profesional	¿En qué situaciones de su práctica ha escuchado o utilizado estas unidades?	Identificar la relación entre conocimiento teórico y aplicación clínica.
3. Comprensión de parámetros técnicos en la formación de imagen	Función del kilovoltaje (kV)	¿Qué función cumple el kilovoltaje (kV) en la obtención de una imagen radiográfica?	Evaluar la comprensión del papel del kV en la energía del haz y su incidencia en la calidad de imagen.
	Función del miliamperaje (mA)	¿Qué función cumple el miliamperaje (mA) en la toma de una radiografía?	Analizar la comprensión del mA como cantidad de radiación emitida.
	Relación con calidad de imagen	¿Cómo influyen el kV y el mA en la calidad de la imagen diagnóstica?	Evaluar la capacidad de relacionar parámetros técnicos con resultados de imagen.
	Aplicación en la práctica	¿Cómo selecciona los valores de kV y mA en su práctica profesional?	Identificar criterios de uso y nivel de apropiación técnica.
4. Conciencia y percepción del riesgo radiológico	Identificación de riesgos	¿Qué riesgos considera que tiene el uso de la radiación en el contexto clínico?	Identificar la percepción inicial del riesgo radiológico.
	Protección del paciente	¿Qué medidas considera necesarias para proteger al paciente durante un estudio radiológico?	Analizar el conocimiento en protección radiológica.
	Experiencia significativa	¿Ha evidenciado algún caso de uso	Reconocer experiencias que

		inadecuado de la radiación? Describalo.	evidencien prácticas inadecuadas.
	Nivel de conciencia crítica	¿Considera que el uso de la radiación siempre es seguro? Justifique su respuesta.	Evaluar el nivel de reflexión crítica frente al uso de la radiación.

Fuente: Elaboración propia

Esta organización permitió estructurar el proceso de recolección y análisis de la información, facilitando la identificación de las concepciones iniciales de los participantes y su posterior contraste con las evidencias obtenidas durante la implementación y la evaluación final, en coherencia con los objetivos de la investigación.

Durante la fase de implementación del Objeto Virtual de Aprendizaje (OVA), se retomaron las mismas categorías de análisis definidas en la fase diagnóstica, con el fin de dar continuidad al proceso interpretativo y posibilitar la comparación entre los diferentes momentos del estudio. La información se recogió de las actividades entregadas por los participantes, entre ellas foros de reflexión, cuadros comparativos y análisis de situaciones relacionadas con la práctica radiológica.

Estos instrumentos permitieron profundizar en la comprensión de los conceptos, así como en su articulación con el contexto profesional, la toma de decisiones técnicas y la conciencia sobre el uso de la radiación.

Para el análisis de la evaluación final, se construyó una matriz de análisis específica orientada a identificar las transformaciones en las concepciones de los participantes. A

diferencia de la fase diagnóstica, esta matriz incorpora categorías relacionadas con la apropiación conceptual, la transformación de la práctica profesional, el fortalecimiento de la seguridad radiológica y el desarrollo de una reflexión crítica, en coherencia con el objetivo de comprender los cambios en los significados construidos a lo largo del proceso formativo.

Como se observa en la Tabla 6, la matriz de análisis correspondiente a la evaluación final se organiza en categorías orientadas a identificar las transformaciones en las concepciones de los participantes, abordando aspectos como la apropiación conceptual, la toma de decisiones en la práctica laboral, la seguridad radiológica y la reflexión crítica. Cada una de las preguntas fue diseñada con una intención específica, dirigida a reconocer no solo la comprensión alcanzada, sino también la forma en que los participantes integran estos conocimientos en su ejercicio profesional.

Tabla 6

Matriz de análisis para la evaluación final de las transformaciones en las concepciones sobre radiación ionizante.

CATEGORÍA	SUBCATEGORÍA	PREGUNTA	INTENCIÓN
1. Apropiación conceptual de la física de la radiación	Reestructuración conceptual	Después del proceso formativo, ¿cómo define ahora la radiación ionizante?	Identificar cambios y evolución en la comprensión conceptual.
	Dominio de unidades	¿Qué unidades de medida de la radiación considera fundamentales en su práctica y por qué?	Evaluar apropiación y jerarquización de magnitudes físicas.
	Integración de conceptos	Explique cómo se relacionan la dosis absorbida y el efecto	Analizar la integración entre física y contexto

		biológico en el paciente.	clínico.
	Claridad conceptual	¿Qué conceptos considera que logró comprender con mayor claridad después del OVA?	Identificar logros en el aprendizaje conceptual.
2. Transformación de la práctica profesional	Cambio en toma de decisiones	¿Cómo han cambiado sus criterios para seleccionar parámetros técnicos como kV y mA?	Evaluar transformación en la toma de decisiones clínicas.
	Optimización de procedimientos	¿Qué acciones implementa ahora para evitar la repetición de estudios radiológicos?	Analizar mejoras en la práctica orientadas a la calidad.
	Aplicación del conocimiento	Describe una situación en la que haya aplicado lo aprendido.	Evidenciar transferencia del aprendizaje al contexto real.
	Mejora en la calidad de imagen	¿Cómo contribuye ahora su conocimiento a la obtención de mejores imágenes diagnósticas?	Evaluar impacto del aprendizaje en resultados técnicos.
3. Fortalecimiento de la seguridad radiológica	Conciencia del riesgo	¿Cómo comprende ahora los riesgos asociados al uso de la radiación?	Evaluar evolución en la percepción del riesgo.
	Protección del paciente	¿Qué medidas aplica actualmente para proteger al paciente?	Analizar apropiación de prácticas seguras.
	Reducción de exposición	¿Cómo contribuye desde su rol a minimizar la dosis de radiación?	Evaluar compromiso con principios de protección radiológica.
	Relación técnica–seguridad	¿Cómo integra la calidad de imagen con la seguridad del paciente?	Analizar equilibrio entre técnica y protección.
4. Reflexión crítica	Conciencia	¿Qué significa para	Analizar el

y responsabilidad profesional	profesional	usted el uso responsable de la radiación en su profesión?	desarrollo de conciencia ética.
	Impacto del aprendizaje	¿Qué fue lo más significativo que aprendió durante el proceso?	Identificar elementos clave del aprendizaje significativo.
	Proyección profesional	¿Cómo cree que este aprendizaje influirá en su ejercicio profesional futuro?	Evaluar proyección del conocimiento en su desarrollo laboral.
	Reflexión final	¿Qué recomendaciones daría a otros tecnólogos para mejorar el uso de la radiación?	Evidenciar pensamiento crítico y apropiación del conocimiento.

Fuente: Elaboración propia

Esta organización permitió estructurar el análisis de la información en el momento de cierre del proceso, facilitando la identificación de cambios en los significados construidos por los participantes en relación con los conceptos de la física de la radiación y sus unidades de medida, en coherencia con los objetivos de la investigación. En esta fase, la información se obtuvo a partir de la actividad de evaluación final, la cual permitió contrastar las concepciones iniciales con las elaboradas después de la implementación del Objeto Virtual de Aprendizaje (OVA).

En este sentido, la matriz posibilita un análisis comparativo entre los distintos momentos del estudio (diagnóstico, implementación y evaluación), con el propósito de comprender cómo se configuran y transforman las concepciones de los participantes a lo largo del proceso formativo.

CAPÍTULO IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS.

El presente capítulo tiene como propósito analizar e interpretar los resultados obtenidos a partir de la implementación de la estrategia didáctica mediada por el Objeto Virtual de Aprendizaje (OVA), orientada a comprender las concepciones de los tecnólogos en imágenes diagnósticas en torno a la radiación ionizante y sus unidades de medida. El análisis se organiza a partir de las categorías establecidas en el proceso metodológico, permitiendo contrastar las concepciones iniciales, los procesos de construcción conceptual durante la implementación y las transformaciones evidenciadas en la evaluación final. En este sentido, se presentan evidencias derivadas de las respuestas de los participantes, las cuales son interpretadas en función de los objetivos de la investigación.

2 Comprensión de la radiación ionizante.

En relación con la comprensión conceptual de la radiación ionizante, se evidenció que los cuatro participantes presentan nociones generales sobre el fenómeno, asociándolo principalmente con su uso en el contexto médico. Los participantes reconocen que se trata de un tipo de radiación con alta energía capaz de interactuar con la materia, como se observa en afirmaciones como: “ondas con energía de alta frecuencia que al interactuar con la materia crean iones” (Participante 3) y “radiación que por su carga energética desprende un electrón a los átomos” (Participante 4).

No obstante, al analizar con mayor detalle las respuestas, se identifican diferencias en el nivel de precisión conceptual. Mientras algunos participantes logran aproximarse a una

explicación desde la física del fenómeno, otros presentan descripciones fragmentadas o centradas en ejemplos, como el caso del Participante 2, quien señala: “son ondas electromagnéticas que poseen energía, hay radiación alfa, beta, rayos x, gamma”, sin establecer claramente la diferencia conceptual entre radiación ionizante y no ionizante.

Como se ha indicado, la diferenciación entre radiación ionizante y no ionizante no se presenta de manera explícita ni fundamentada en las respuestas de los participantes, evidenciándose una tendencia a enumerar tipos de radiación sin explicar las características que las distinguen, particularmente en relación con su capacidad de ionizar la materia.

De manera similar, aunque algunos participantes mencionan tipos de radiación o hacen referencia implícita a su energía, no se evidencia una comprensión clara de su ubicación dentro del espectro electromagnético ni de la relación entre frecuencia, energía y capacidad de penetración. Esto sugiere que el concepto es abordado de manera aislada, sin una integración con otros fundamentos físicos que resultan esenciales para su comprensión.

De forma resumida se muestra que, si bien existe una comprensión general del concepto, esta se caracteriza por un enfoque predominantemente descriptivo y operativo, con limitaciones en la diferenciación conceptual y en la articulación con fundamentos teóricos como el espectro electromagnético. Este hallazgo se relaciona con el objetivo de analizar las concepciones iniciales de los participantes, evidenciando que dichas comprensiones se configuran principalmente desde la experiencia práctica más que desde una estructuración conceptual sólida.

Con el fin de sintetizar los principales hallazgos asociados a esta categoría, se presenta la tabla 7. Cabe señalar que los aspectos analizados se derivan de las preguntas del instrumento diagnóstico, descritas en el capítulo metodológico.

Tabla 7.

Síntesis de la comprensión conceptual de la radiación.

Subcategoría	Aspecto analizado	Hallazgo
Concepciones previas	Definición de radiación ionizante	Comprensión general asociada a alta energía y uso médico
Diferenciación conceptual	Distinción entre radiación ionizante y no ionizante	Dificultad para establecer diferencias conceptuales claras
Relación con el espectro electromagnético	Ubicación y características de la radiación	No se evidencia articulación con frecuencia, energía y penetración
Aplicación en contexto	Uso en práctica clínica	Enfoque operativo basado en la experiencia

Fuente: elaboración propia.

Los resultados evidencian que los participantes tienen una comprensión inicial de la radiación ionizante construida principalmente desde la experiencia práctica, lo cual les permite reconocer su uso en el contexto clínico de manera superficial, pero limita la articulación con fundamentos teóricos como la diferenciación conceptual y su relación con el espectro electromagnético.

Esta tendencia refleja un conocimiento de carácter operativo que, aunque funcional en la práctica, presenta vacíos en la estructuración conceptual, aspecto fundamental para una comprensión más profunda de los fenómenos físicos involucrados. Estos hallazgos permiten dar cuenta del estado inicial de las concepciones de los participantes, en coherencia con el objetivo de la investigación.

4.1 Comprensión y uso de parámetros técnicos en la práctica radiológica.

En relación con la comprensión y uso de los parámetros técnicos en la práctica radiológica, se evidenció que los cuatro participantes reconocen la importancia del kilovoltaje (kV) y el miliamperaje (mA) en la obtención de imágenes diagnósticas de calidad. En sus respuestas, los participantes destacan la relación entre estos parámetros y la visualización adecuada de las estructuras, como se observa en afirmaciones como: “la combinación de kV y mA permite una adecuada visualización de las estructuras” (Participante 2) y “estos dos parámetros bien combinados nos dan imágenes óptimas para diagnóstico” (Participante 3).

Asimismo, los participantes identifican que la selección de estos parámetros depende de las características del estudio y del paciente, como se evidencia en expresiones como: “depende del órgano que se va a estudiar” (Participante 1) y “debemos tener claros estos conceptos para lograr un correcto balance entre dosis de radiación y calidad del estudio” (Participante 4).

No obstante, al analizar con mayor detalle las respuestas, se identifican algunas imprecisiones en la comprensión conceptual de estos parámetros, particularmente en la diferenciación de sus funciones específicas. Los participantes reconocen la importancia de estos conceptos en la práctica; sin embargo, sus explicaciones se centran principalmente en resultados operativos, como la calidad de la imagen, más que en una comprensión fundamentada de los principios físicos que los sustentan.

En relación con el miliamperaje por segundo (mAs), la comprensión aparece más implícita que explícita. Los participantes hacen referencia a la cantidad de radiación o al

tiempo de exposición, pero no siempre identifican con claridad que se trata de una magnitud derivada que integra el miliamperaje y el tiempo. Esto indica que, aunque el concepto se utiliza en la práctica, su estructura conceptual no se encuentra completamente consolidada.

La Tabla 8 sintetiza los principales hallazgos asociados a esta categoría. Los aspectos analizados se derivan de las preguntas del instrumento diagnóstico descritas en el capítulo metodológico.

Tabla 8.

Comprensión y uso de parámetros técnicos en la práctica radiológica.

Subcategoría	Aspecto analizado	Hallazgo
Función del kV	Energía y penetración	Comprensión general asociada a la penetración de los rayos X
Función del mA	Cantidad de radiación	Reconocimiento del mA como cantidad de radiación emitida
Relación kV–mA	Calidad de imagen	Alta articulación entre parámetros y calidad diagnóstica
Uso en la práctica	Toma de decisiones	Selección basada en experiencia clínica
Comprensión del mAs	Relación mA-tiempo	Comprensión implícita, no siempre conceptualizada

Fuente: Elaboración propia.

Como resultado, los participantes presentan una comprensión funcional de los parámetros técnicos, especialmente en su aplicación dentro del contexto clínico. Esta comprensión les permite tomar decisiones orientadas a la obtención de imágenes de calidad y a la reducción de la exposición innecesaria la radiación. Sin embargo, se identifican limitaciones en la conceptualización de estos parámetros desde la física, particularmente en

la comprensión del miliamperaje por segundo (mAs) como magnitud integrada. Esto sugiere que el conocimiento de los participantes se configura principalmente desde la experiencia práctica, lo cual resulta coherente con su ejercicio profesional.

4.2 Comprensión de las unidades de medida de la radiación

Los cuatro participantes reconocen el Gray (Gy) y el Sievert (Sv) como magnitudes asociadas al uso de la radiación en el contexto clínico. En sus respuestas, los participantes identifican el Gray como una medida de la dosis absorbida, como se observa en expresiones como: “Gy unidad para medir dosis absorbida por un órgano” (Participante 1) y “el gray mide lo absorbido por el cuerpo” (Participante 3).

De manera similar, el Sievert es asociado con el efecto de la radiación en el organismo, como se evidencia en afirmaciones como: “los Sievert mide el efecto de ella” (Participante 2) y “el sievert mide el posible daño” (Participante 3). Estas respuestas muestran que los participantes logran establecer una diferenciación básica entre ambas magnitudes, reconociendo la relación entre la dosis física y su impacto biológico.

No obstante, al analizar con mayor profundidad las respuestas, se identifican algunas imprecisiones conceptuales. En ciertos casos, el Sievert es interpretado como una dosis absorbida general del cuerpo, como lo expresa el Participante 4 al señalar: “dosis absorbida promediada en todo el cuerpo”, lo cual evidencia confusiones en la comprensión de esta magnitud y su relación con el daño biológico.

En cuanto al uso de unidades como el miligray (mGy), los participantes logran interpretar su significado en contextos prácticos, particularmente en relación con la cantidad de radiación absorbida durante un procedimiento, como se observa en la afirmación: “el paciente absorbió 2 mGy de radiación” (Participante 2). Esto evidencia una comprensión operativa del concepto, vinculada a su experiencia en el ámbito clínico.

Por otro lado, la unidad becquerel (Bq), aunque incluida dentro de los contenidos abordados, no aparece de manera explícita en las respuestas de los participantes, lo cual sugiere una menor apropiación de esta magnitud, posiblemente debido a su uso más frecuente en contextos de medicina nuclear que en procedimientos radiológicos convencionales.

En conjunto, estos hallazgos evidencian que los participantes poseen una comprensión funcional de las unidades de medida de la radiación, centrada en su aplicación práctica, pero con limitaciones en la articulación conceptual entre las magnitudes físicas y sus implicaciones en el contexto clínico.

Con el fin de sintetizar los principales hallazgos asociados a esta categoría, se presenta la tabla 9. Los aspectos analizados se derivan de las preguntas del instrumento diagnóstico, descritas en el capítulo metodológico.

Tabla 9.

Comprensión de las unidades de radiación.

Categoría	Antes (Diagnóstico)	Durante (Implementación)	Después (Evaluación final)
Radiación	Concepciones	Mayor relación con	Comprensión más

	descriptivas, basadas en ejemplos	contexto clínico	estructurada e integrada
Parámetros técnicos	Uso práctico sin fundamentación clara	Reflexión sobre su uso	Justificación técnica y toma de decisiones
Unidades de medida	Diferenciación básica Gy–Sv	Uso en actividades	Mayor claridad conceptual (aunque parcial)
Riesgo radiológico	Reconocimiento general del riesgo	Reflexión en foros	Conciencia ética y profesional fortalecida
Subcategoría	Aspecto analizado	Hallazgo	
Identificación de unidades	Reconocimiento de Gy y Sv	Reconocimiento general de las principales unidades	
Significado físico	Comprensión del Gray (Gy)	Asociado a dosis absorbida	
Diferenciación conceptual	Relación Gy–Sv	Diferenciación básica entre dosis y efecto biológico	
Uso en contexto	Interpretación de mGy	Comprensión operativa en procedimientos clínicos	
Apropiación conceptual	Uso del Becquerel (Bq)	Escasa o nula mención en las respuestas	

Fuente: Elaboración propia.

En conjunto, estos resultados muestran que los participantes logran reconocer y utilizar las unidades de medida de la radiación en contextos prácticos, particularmente aquellas asociadas a su ejercicio profesional. Sin embargo, se identifican limitaciones en la comprensión conceptual más profunda de estas magnitudes, especialmente en la articulación entre la dosis física y el efecto biológico, así como en la apropiación de unidades menos utilizadas en su práctica cotidiana, como el becquerel.

Esto sugiere que el conocimiento se construye principalmente desde la experiencia, lo cual favorece su aplicación, pero restringe su integración dentro de un marco conceptual más amplio de la física de la radiación

4.3 Conciencia del riesgo radiológico

Los participantes reconocen los riesgos asociados a la exposición a la radiación y la responsabilidad que implica su uso en el contexto clínico. Las reflexiones desarrolladas en los foros muestran que esta comprensión no se limita al ámbito técnico, sino que incorpora una dimensión ética y profesional.

Algunos participantes hacen énfasis en las consecuencias de una exposición inadecuada, especialmente en su impacto sobre la salud del paciente. Por ejemplo, el Participante 3 señala: “no se maneja material radiactivo [...] sin una adecuada capacitación previa”, lo que resalta la importancia del conocimiento técnico en la prevención de riesgos. De manera similar, el Participante 4 afirma que “la falta de capacitación [...] puede ocasionar diferentes tipos de accidentes”, estableciendo una relación directa entre formación y seguridad.

También aparecen reflexiones asociadas a la responsabilidad ética del tecnólogo en la toma de decisiones, particularmente en situaciones que implican la repetición de estudios o la posible sobreexposición del paciente. El Participante 2 menciona que “podemos estar causando daños celulares por cada exposición [...] y eso lo debemos tener en cuenta”, lo cual evidencia una conciencia sobre los efectos de la radiación.

De igual manera, los participantes reconocen la importancia de optimizar los parámetros técnicos con el fin de garantizar la calidad de la imagen sin comprometer la seguridad del paciente. En este sentido, se plantea que una adecuada selección de los

factores técnicos permite evitar la repetición innecesaria de estudios, reduciendo así la exposición a la radiación.

No obstante, aunque se evidencia una conciencia del riesgo radiológico, esta se encuentra principalmente asociada a experiencias prácticas y situaciones observadas en el entorno laboral, más que a una comprensión estructurada desde principios teóricos de la protección radiológica. En conjunto, estos hallazgos evidencian que los participantes han desarrollado una sensibilidad frente al uso de la radiación, reconociendo su impacto en la salud del paciente y la importancia de su uso responsable dentro del ejercicio profesional.

Con el fin de resumir los principales hallazgos asociados a esta categoría, se presenta la tabla 9. Los aspectos analizados se derivan de las actividades desarrolladas durante la implementación del OVA, descritas en el capítulo metodológico.

Tabla 10.

Conciencia del uso de la radiación.

Subcategoría	Aspecto analizado	Hallazgo
Identificación del riesgo	Consecuencias de la radiación	Reconocimiento de efectos adversos en la salud
Formación y capacitación	Manejo adecuado de la radiación	Relación entre conocimiento técnico y prevención de riesgos
Responsabilidad profesional	Toma de decisiones clínicas	Conciencia sobre la sobreexposición y repetición de estudios
Protección del paciente	Uso de parámetros técnicos	Enfoque en reducción de dosis y optimización de la imagen
Reflexión ética	Posturas frente a casos críticos	Desarrollo de pensamiento crítico y sentido ético

Fuente: Creación propia.

Según lo observado en la tabla 10, se puede notar que los participantes han desarrollado una conciencia progresiva frente al riesgo radiológico, integrando aspectos técnicos y éticos en su comprensión del uso de la radiación. Esta conciencia se manifiesta en la preocupación por la seguridad del paciente, la optimización de los procedimientos y la toma de decisiones informadas. Sin embargo, dicha comprensión se encuentra principalmente sustentada en la experiencia práctica, lo cual resalta la importancia de fortalecer su fundamentación teórica para consolidar una práctica profesional más crítica y reflexiva.

4.4 Transformaciones en las comprensiones a partir del OVA

Este apartado analiza las transformaciones en las comprensiones de los participantes sobre los conceptos de la física de la radiación, a partir de la implementación del Objeto Virtual de Aprendizaje (OVA). En este orden de ideas, la comparación entre las concepciones iniciales identificadas en la fase diagnóstica, las evidencias recogidas durante la implementación y los resultados de la evaluación final.

Posteriormente, se identifican cambios en la forma en que los participantes comprenden la radiación ionizante, las unidades de medida y los parámetros técnicos, así como en su percepción del riesgo radiológico y el cambio de conciencia. Por lo que, las transformaciones no se entienden únicamente como la adquisición de nuevos conocimientos, sino como la redefinición de las concepciones previas hacia comprensiones más estructuradas, integradas y contextualizadas en la práctica laboral.

4.4.1 *Transformación en la comprensión de la radiación.*

En relación con la comprensión de la radiación ionizante, se evidenció una evolución desde concepciones iniciales de carácter descriptivo hacia explicaciones más estructuradas que incorporan elementos del espectro electromagnético y la interacción de la radiación con la materia. En la fase diagnóstica, los participantes tendían a definir la radiación a partir de ejemplos o usos en el contexto médico, con dificultades para establecer diferencias claras entre radiación ionizante y no ionizante. Sin embargo, en la evaluación final, se observa una mayor precisión conceptual, evidenciada en respuestas como: “se encuentran en la parte del espectro electromagnético donde la energía es muy alta [...] pueden atravesar el cuerpo y cada tejido los absorbe de manera diferente” (Participante 1).

Este cambio sugiere una transición hacia una comprensión más integrada del fenómeno, en la que se articulan conceptos físicos con su aplicación en el diagnóstico por imágenes.

4.4.2 *Transformación en la comprensión de la radiación*

Para el caso de la comprensión de la radiación ionizante, se muestra una evolución desde concepciones iniciales de carácter descriptivo hacia explicaciones más estructuradas que incorporan elementos del espectro electromagnético y la interacción de la radiación con la materia.

En la fase diagnóstica, los participantes tendían a definir la radiación a partir de ejemplos o usos en el contexto médico, con dificultades para establecer diferencias claras entre radiación ionizante y no ionizante. Sin embargo, en la evaluación final, se observa una mayor precisión conceptual, evidenciada en respuestas como: “se encuentran en la

parte del espectro electromagnético donde la energía es muy alta [...] pueden atravesar el cuerpo y cada tejido los absorbe de manera diferente” (Participante 1).

Este cambio sugiere una transición hacia una comprensión más integrada del fenómeno, en la que se articulan conceptos físicos con su aplicación en el diagnóstico por imágenes.

4.4.3 Transformación en el uso de parámetros técnicos

En cuanto a los parámetros técnicos, se identificó una transformación en la forma en que los participantes comprenden y justifican el uso del kilovoltaje (kV) y el miliamperaje (mA). Mientras que en la fase inicial predominaban explicaciones centradas en la práctica, durante y después de la implementación del OVA se evidencian respuestas más fundamentadas, que relacionan estos parámetros con la calidad de la imagen, la penetración de los rayos X y la dosis de radiación.

Asimismo, se observa una mayor conciencia en la toma de decisiones, particularmente en relación con la optimización de los estudios y la reducción de la exposición innecesaria, lo cual evidencia una articulación más sólida entre conocimiento técnico y responsabilidad profesional.

4.4.4 Transformación en la comprensión de unidades de medida

En relación con las unidades de medida de la radiación, se evidenció una evolución en la diferenciación conceptual entre el Gray (Gy) y el Sievert (Sv). En la fase diagnóstica, los

participantes demostraron comprensiones generales, con algunas confusiones en la interpretación de cada una de las magnitudes.

En contraste, en la evaluación final, se observa una mayor claridad en la distinción entre dosis absorbida y efecto biológico, como se evidencia en expresiones como: “el gray mide la cantidad de radiación absorbida, mientras que el sievert considera el daño biológico” (Participante 2). No obstante, persisten algunas limitaciones en la comprensión de unidades menos utilizadas en su práctica, como el becquerel, lo cual indica que la transformación conceptual es parcial y se encuentra mediada por la relevancia de las magnitudes en el contexto profesional.

4.4.5 *Transformación en la conciencia del riesgo radiológico.*

En cuanto a la conciencia del riesgo radiológico, se evidenció un fortalecimiento en la reflexión ética y profesional de los participantes. A lo largo del proceso, los participantes no solo reconocen los riesgos asociados a la radiación, sino que desarrollan una postura crítica frente a su uso, evidenciada en sus reflexiones sobre la sobreexposición, la repetición de estudios y la responsabilidad del tecnólogo.

Estas transformaciones se manifiestan en la incorporación de criterios más conscientes en la toma de decisiones, así como en la preocupación por garantizar la seguridad del paciente, lo cual evidencia un avance hacia una práctica más reflexiva y responsable. Con el fin de sintetizar las principales transformaciones identificadas, se presenta la tabla 11 que permite comparar las comprensiones de los participantes.

Tabla 11.*Transformaciones en las comprensiones de los participantes.*

Categoría	Antes (Diagnóstico)	Durante (Implementación)	Después (Evaluación final)
Radiación	Concepciones descriptivas, basadas en ejemplos	Mayor relación con contexto clínico	Comprensión más estructurada e integrada
Parámetros técnicos	Uso práctico sin fundamentación clara	Reflexión sobre su uso	Justificación técnica y toma de decisiones
Unidades de medida	Diferenciación básica Gy–Sv	Uso en actividades	Mayor claridad conceptual (aunque parcial)
Riesgo radiológico	Reconocimiento general del riesgo	Reflexión en foros	Conciencia ética y profesional fortalecida

Fuente: Elaboración propia

Lo anterior, permite ver que, la implementación del Objeto Virtual de Aprendizaje (OVA) favoreció procesos de transformación en las comprensiones de los participantes, pasando de concepciones iniciales de carácter descriptivo y fragmentado hacia interpretaciones más estructuradas, contextualizadas y articuladas con su práctica profesional.

Estas transformaciones no se limitan a la adquisición de conocimientos, sino que implican una reconfiguración de la manera en que los participantes interpretan, aplican y reflexionan sobre el uso de la radiación en el contexto clínico. No obstante, se identifican algunas limitaciones en la profundidad conceptual de ciertos temas, lo cual sugiere la necesidad de fortalecer procesos formativos que integren de manera más sólida los fundamentos teóricos desde el currículo con la práctica laboral.

Como síntesis frente a los resultados, se logra evidenciar que la implementación del Objeto Virtual de Aprendizaje (OVA) favoreció procesos de transformación en las comprensiones de los participantes en la medida que se pasa de concepciones iniciales de carácter descriptivo y fragmentado hacia interpretaciones más estructuradas, contextualizadas y articuladas con la práctica profesional. No obstante, este proceso de transformación no se presenta de manera homogénea en todos los participantes. En algunos casos, aún se evidencian vacíos conceptuales, particularmente en la comprensión profunda de ciertas magnitudes físicas y en la articulación entre los conceptos teóricos y su fundamentación desde la física. Esto sugiere que, si bien se lograron avances significativos, la apropiación conceptual requiere procesos formativos más prolongados y sistemáticos. Finalmente, los resultados permiten reconocer que el aprendizaje no se configura como un proceso lineal ni uniforme, sino como una construcción progresiva en la que coexisten comprensiones consolidadas y aspectos en desarrollo.

4.5 Discusión y aporte pedagógico

A parte de demostrar mejoras puntuales en el desempeño de los participantes, los resultados de esta investigación permiten exponer una problemática persistente en la formación tecnológica desde el currículo: la fragmentación entre el saber conceptual y el saber hacer. En efecto, el contraste entre el diagnóstico inicial, el proceso de implementación del Objeto Virtual de Aprendizaje (OVA) y la evaluación final no solo evidencia transformaciones, sino que deja al descubierto la profundidad de dichos factores.

En un primer momento, las concepciones de los participantes se fijan en una lógica mayormente operativa, donde el uso de equipos y la ejecución de procedimientos

prevalecían sobre la comprensión de los principios físicos que los sustentan. Esta tendencia no resulta accidental, sino que responde a modelos formativos que históricamente han privilegiado la eficiencia técnica por encima de la construcción de sentido conceptual.

Aun así, a lo largo de la mediación, se observa un desplazamiento progresivo aunque no uniforme hacia formas de comprensión más articuladas. Esto se debe a que los participantes comienzan a establecer relaciones entre conceptos físicos, calidad de imagen, parámetros técnicos y conciencia, lo cual sugiere no simplemente una acumulación de contenidos, sino un incipiente proceso de reorganización conceptual. Sin embargo, conviene precisar este avance: dicha reorganización no alcanza a consolidarse de manera homogénea ni profunda en todos los casos.

De hecho, la tendencia de explicaciones parciales o fragmentadas, especialmente al abordar los fundamentos físicos de ciertos fenómenos, pone en evidencia que la incorporación de recursos digitales como el OVA, aunque significativa, no resulta suficiente por sí sola para transformar estructuras de pensamiento arraigadas. Dicho de otro modo, el problema no radica únicamente en el acceso a contenidos, sino en las condiciones pedagógicas que posibilitan o limitan su apropiación crítica.

En este punto, la conciencia sobre el riesgo radiológico emerge como un aspecto particular. Va más allá de un aprendizaje declarativo, se observa una reconfiguración en la manera en que los participantes asumen su responsabilidad profesional, incorporando criterios de optimización. Este hallazgo sugiere que la articulación entre teoría y práctica no solo impacta el plano cognitivo, sino que incide directamente en la dimensión ética de la práctica laboral.

Desde esta perspectiva, el principal aporte pedagógico de la investigación no reside en afirmar que el OVA “mejora” la práctica laboral, sino en evidenciar que su potencial radica en su capacidad para abrir espacios de problematización donde antes predominaba la ejecución mecánica. No obstante, los resultados también advierten sobre la necesidad de dar continuidad a este tipo de propuestas, en la medida en que los vacíos conceptuales identificados no se resuelven en intervenciones puntuales, sino que requieren procesos formativos sostenidos, intencionados y reflexivos.

Así, este trabajo deja planteada una exigencia: repensar la enseñanza de la física en contextos aplicados no como un complemento teórico, sino como un eje organizador de la formación profesional. En consecuencia, se hace necesario avanzar hacia diseños didácticos que no solo integren herramientas tecnológicas, sino que promuevan de manera intencional la reconstrucción conceptual, el cuestionamiento de la práctica y la toma de decisiones con criterio. En definitiva, se evidencian transformaciones en la comprensión de los participantes; no obstante, estas no alcanzan un nivel de consolidación suficiente para incidir de manera sostenida en la práctica laboral, lo que sugiere que el proceso formativo logra movilizar el conocimiento, pero requiere continuidad para favorecer una reestructuración más profunda y con más significado.

CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES

Este capítulo tiene como propósito presentar los hallazgos más significativos que emergen del desarrollo de la investigación, en relación con la enseñanza de la física de la radiación en contextos de formación tecnológica en imágenes diagnósticas. En este sentido, se exponen, por una parte, las conclusiones vinculadas con la pregunta de investigación, en las que se interpretan los alcances del proceso formativo mediado por el Objeto Virtual de Aprendizaje (OVA); y, por otra, aquellas relacionadas con el objetivo general y los objetivos específicos, desde donde se reconoce tanto el alcance de la propuesta didáctica como las tensiones que aún persisten en la apropiación conceptual de los participantes.

En cuanto a la pregunta de investigación, orientada a comprender cómo se transforman las concepciones sobre la física de la radiación en tecnólogos en formación a partir de una mediación didáctica, los resultados permiten afirmar que el proceso formativo genera transformaciones en las formas de comprensión de los participantes. Partiendo de un escenario inicial en el que predominaban aproximaciones de carácter operativo, centradas en la ejecución de procedimientos y el uso instrumental de los equipos, se hace evidente que, a lo largo de la implementación, los participantes comienzan a establecer relaciones más explícitas entre los conceptos físicos y su aplicación en el contexto profesional.

No obstante, conviene precisar que dichas transformaciones no se configuran de manera homogénea ni plenamente consolidada. En efecto, aunque se identifican avances en la articulación entre variables físicas, calidad de imagen y mayor criterio, persisten dificultades cuando se trata de fundamentar conceptualmente ciertos fenómenos. Esta

situación permite afirmar que el proceso formativo logra movilizar el conocimiento, pero no alcanza a reconfigurarlo de manera profunda, lo que pone de manifiesto la necesidad de procesos más sostenidos que favorezcan una apropiación conceptual más sólida.

En relación con el objetivo general, centrado en evaluar la unidad didáctica mediada por un Objeto Virtual de Aprendizaje (OVA), los resultados permiten reconocer que la propuesta se configura como un escenario pedagógico que posibilita la problematización de la práctica profesional. No obstante, dicha evaluación también deja ver que, si bien se generan avances en la comprensión de los participantes, estos no se consolidan de manera homogénea, lo que pone en evidencia tanto el potencial como los límites de la mediación didáctica en procesos de apropiación conceptual.

En este aspecto, el OVA trasciende su función como recurso tecnológico para situarse como un mediador que promueve la interacción con los contenidos, la reflexión sobre las decisiones técnicas y la toma de conciencia frente al riesgo radiológico. En lo que respecta a los objetivos específicos, en primer lugar, la identificación de las concepciones iniciales permitió evidenciar comprensiones fragmentadas y fuertemente orientadas a lo operativo, aspecto que no solo caracterizó el punto de partida, sino que también explicó, en parte, las dificultades observadas posteriormente en la apropiación conceptual.

En segundo lugar, el diseño de la unidad didáctica mediada por el OVA se consolidó como una estrategia que buscó articular los fundamentos teóricos con la práctica profesional; sin embargo, sus alcances dependen en gran medida de las condiciones de implementación y del tiempo disponible para el desarrollo del proceso formativo. Finalmente, el análisis de las evidencias cualitativas permitió identificar transformaciones

en las comprensiones de los participantes, aunque no de manera homogénea ni plenamente consolidada, lo que permitió valorar tanto los avances como las limitaciones de la propuesta en términos de apropiación conceptual.

Desde una perspectiva más amplia, estos hallazgos permiten señalar que la enseñanza de la física en contextos aplicados no puede reducirse a la transmisión de contenidos ni a la adquisición de destrezas técnicas. Por el contrario, exige propuestas pedagógicas que favorezcan la construcción de sentido, la articulación entre teoría y práctica y el desarrollo de una mirada crítica sobre el ejercicio profesional.

En definitiva, más que evidenciar una transformación acabada, la investigación pone en relieve un proceso en movimiento: un desplazamiento en las formas de comprender que, si bien resulta significativo, aún se encuentra en construcción. De ahí que se haga necesario dar continuidad a este tipo de apuestas pedagógicas, no como intervenciones aisladas, sino como parte de procesos formativos intencionados que permitan avanzar hacia una integración más consistente entre la física como campo de conocimiento y su aplicación en el ámbito de las imágenes diagnósticas.

REFERENCIAS

- Altamirano Galván, S. G., Méndez Ramírez, A. L., & Rojas Galindo, M. B. (2022). Beneficios del uso de la rúbrica en la enseñanza-aprendizaje del diseño. *Zincografía*, 6(11), 228–244. <https://doi.org/10.32870/zcr.v6i11.136>
- Bybee, R. W., Taylor, J. A., Gardner, A., Van Scotter, P., Powell, J. C., Westbrook, A., & Landes, N. (2006). The BSCS 5E instructional model: Origins and effectiveness. BSCS.
- Burgess, P. (2026). Radiation interactions with matter. En *Principles and techniques of radiological protection*. Institute of Physics Publishing. <https://doi.org/10.1088/978-0-7503-2424-3ch3>
- Chau, M., & Arruzza, E. (2026). Learning through play: Educators’ autoethnography on gamification in medical radiation science. *Journal of Medical Imaging and Radiation Sciences*, 57, 102203.
- Coll, C. (2004). *Psicología de la educación y prácticas educativas mediadas por las tecnologías de la información: Una mirada constructivista*.
- Díaz Barriga, F. (2006). Estrategias docentes para un aprendizaje significativo. <http://formacion.sigeyucatan.gob.mx/formacion/materiales/4/4/d1/p1/2.%20estrategias-docentes-para-un-aprendizaje-significativo.pdf>
- Glasser, O. (1995). Wilhelm Conrad Röntgen and the early history of the Roentgen rays. *American Journal of Roentgenology*, 165(5), 1033–1040.
- Hrabak, M., Stern-Padovan, R., Kralik, M., Ozretic, D., & Potocki, K. (2008).

Nikola Tesla and the discovery of X-rays. *Radiographics*, 28(4), 1189–1192.

<https://doi.org/10.1148/rg.284075206>

Karfopoulos, K. L., Carinou, E., Kamenopoulou, V., Dimitriou, P., & Housiadas, C. (2015). Building competence in radiation and nuclear safety through education and training. *Radioprotection*, 50(1), 59–64. <https://doi.org/10.1051/radiopro/2014032>

Dance, D. R., Christofides, S., Maidment, A. D. A., McLean, I. D., & Ng, K. H. (2014). *Diagnostic radiology physics: A handbook for teachers and students*. International Atomic Energy Agency.

McDonagh, D. (2026). The role of clinical competency-based education in training in radiation science: A scoping review. *Journal of Medical Imaging and Radiation Sciences*. <https://doi.org/10.1016/j.jmir.2026.102337>

Ministerio de Educación Nacional. (2009). *Maestros competentes*. <https://www.mineduacion.gov.co/1621/article-195576.html>

May Acosta, N. K. (2017). Ambientes educativos a distancia para la mejora de la enseñanza. *Revista Electrónica sobre Cuerpos Académicos y Grupos de Investigación*, 5.

Paolicchi, F., Miniati, F., Bastiani, L., Faggioni, L., Ciaramella, A., Creonti, I., Sottocornola, C., Dionisi, C., & Caramella, D. (2015). Assessment of radiation protection awareness and knowledge about radiological examination doses among Italian radiographers. <https://link.springer.com/article/10.1007/s13244-015-0445-6>

- Perrenoud, P. (2004). Desarrollar la práctica reflexiva en el oficio de enseñar. Graó.
https://coleccion.siaeducacion.org/sites/default/files/files/6_perrenoud_philippe_2007desarrollar_la_practica_reflexiva.pdf
- Piña Fonseca, R., & León Robaina, R. (2017). Impacto de la formación científico-investigativa en el desempeño profesional del tecnólogo de la salud. MEDISAN, 21(9), 2061–2067. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1029-30192017000900013
- Viera Torres, T. (2003). El aprendizaje verbal significativo de Ausubel: Algunas consideraciones desde el enfoque histórico cultural. Universidades, (26), 37–43.
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=37302605>
- Ordóñez, F. A. (2023). Comprendiendo la fenomenología involucrada en la interacción radiación-materia. Bogotá.
- Quecedo, R., & Castaño, C. (2002). Introducción a la metodología de investigación cualitativa. Revista de Psicodidáctica, 7–14.
- Ríos, E., & Solbes, J. (2007). Las relaciones CTSA en la enseñanza de la tecnología y las ciencias. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, 6, 24.
- Rodríguez Arocho, W. C. (1999). El legado de Vygotski y de Piaget a la educación. Revista Latinoamericana de Psicología, 3–8.