

**UNA REVISIÓN DOCUMENTAL SOBRE LA ESPECTROSCOPIA DE  
ABSORCIÓN Y EMISIÓN ATÓMICA: CONSTRUCCIÓN DE UN PROYECTO  
CURRICULAR DESDE EL ALINEAMIENTO CONSTRUCTIVO**

CARLOS MARIO RIVEROS TORO  
JULIÁN DAVID REYES GALVIS

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL  
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA  
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA  
MAESTRÍA EN DOCENCIA DE LA QUÍMICA  
BOGOTÁ, COLOMBIA  
2022

**UNA REVISIÓN DOCUMENTAL SOBRE LA ESPECTROSCOPIA DE  
ABSORCIÓN Y EMISIÓN ATÓMICA: CONSTRUCCIÓN DE UN PROYECTO  
CURRICULAR DESDE EL ALINEAMIENTO CONSTRUCTIVO**

**CARLOS MARIO RIVEROS TORO  
JULIÁN DAVID REYES GALVIS**

Tesis de maestría para optar por el título de Magister en Docencia de la Química

**DIEGO ALEXANDER BLANCO MARTÍNEZ  
MAGISTER EN CIENCIAS - QUÍMICA  
DIRECTOR**

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL  
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA  
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA  
MAESTRÍA EN DOCENCIA DE LA QUÍMICA  
BOGOTÁ, COLOMBIA  
2022**

NOTA DE ACEPTACIÓN

---

---

---

---

FIRMA DEL EVALUADOR INTERNO

---

FIRMA DEL EVALUADOR EXTERNO

---

FIRMA DEL DIRECTOR

---

## DEDICATORIA

### ***Dedicatoria Julián Reyes***

Dedico este trabajo primeramente a Dios, por permitirme tener salud, voluntad y disciplina en poder realizar uno más de mis propósitos en la vida. También dedico el trabajo a mis padres, **Rafael** y **María**, quienes me apoyaron incondicionalmente y siempre me han impulsado a continuar con mis estudios sin importar las dificultades a las que me tenga que enfrentar.

A **Carlos Riveros**, le dedico este trabajo que construimos, pues con él, me di cuenta de que no solo encontré un compañero de tesis, también encontré un amigo que me mostro el camino hacia la superación.

A **Juan Manrique**, otra persona muy importante en el desarrollo de este trabajo, pues dedico parte de su tiempo para darnos aportes, hacernos preguntas y gratas conversaciones.

A **T. Olaya**, quien me ayudo a profundizar en mis ideas y me acompañó durante un tiempo en el desarrollo de este trabajo.

### ***Dedicatoria Carlos Riveros***

Dedico ese trabajo en primera instancia a **Dios** que me ha brindado paz, acompañamiento espiritual y me ha puesto en buen camino. A mi padre, **Carlos Eduardo Riveros** y a mi madre, **María Lilián Toro**, por su incondicional apoyo, comprensión y cariño que me han brindado no sólo en el proceso universitario sino durante toda mi vida, poco a poco se irán viendo los frutos de lo que ustedes han cultivado en mí, espero no defraudarlos y que estén orgullosos de mí.

En memoria de mi abuela, **María del Carmen Bobadilla**, que me enseñó, me cuidó, me mimó y ha sido un estilo de vida desde su partida.

A mi **familia**, que me han aportado su conocimiento, disposición y energía para ser una mejor persona. A **Julieth Alexandra Reina**, que ha sido mi apoyo incondicional desde hace muchos años, nuestros objetivos personales y colectivos van bien encaminados y seguiremos creciendo como personas, profesionales y compañeros de vida.

A mi compañero de tesis, **Julián David Reyes**, por ser incondicional en momentos y trabajos de los seminarios, por los buenos momentos y ocurrencias, que junto a **Juan David Manrique** disfrutamos.

## AGRADECIMIENTOS

Es importante destacar que el proceso posgradual no es fácil, y que cuando se llega a cumplir la meta existe un sentimiento de felicidad, de orgullo y de nostalgia que marcará por siempre nuestros caminos.

Queda por agradecer a todas las personas que nos escucharon, aconsejaron y guiaron en los diferentes seminarios y en nuestra formación continuada, como lo son:

Nuestras familias por aportarnos una parte de su conocimiento, disposición y apoyo incondicional,

Al profesor **Diego Alexander Blanco** por su calidez, conocimiento y constante colaboración para que todo nuestro proceso formativo fuera por buen camino.

A los cinco profesores evaluadores del proyecto curricular, el evaluador externo del trabajo y la profesora **Martha Alix Novoa y Yesid Murillo** por evaluar la tesis con esmero y dedicación.

Por último, agradecemos al personal del departamento de química de la Universidad Pedagógica Nacional, por brindarnos diligencia en todos los procesos que nos permitieron completar este trabajo.

**MUCHAS GRACIAS.**

## TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN .....	11
FORMULACIÓN Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA .....	13
JUSTIFICACIÓN .....	15
OBJETIVOS .....	17
Objetivo General.....	17
Objetivos Específicos .....	17
ANTECEDENTES.....	18
MARCO CONCEPTUAL .....	22
Alineamiento constructivo .....	22
Taxonomía SOLO .....	22
Modelo 3P .....	25
Una breve reconstrucción de la EAEA .....	26
Sobre la espectroscopía .....	28
Espectroscopía por absorción y emisión atómica .....	31
Sobre la espectrofotometría.....	34
RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	42
Estado Del Arte.....	42
<i>Formalización</i> .....	42
<i>Reporte o sistematización de memorias científicas</i> .....	47
<i>Aplicación</i> .....	49
<i>Implicaciones Didácticas</i> .....	51
Proyecto Curricular Para La Enseñanza De La EAEA.....	60
Validación Del Proyecto Curricular .....	67
CONCLUSIONES .....	79
RECOMENDACIONES.....	81
BIBLIOGRAFÍA .....	82
ANEXOS.....	90

<b>Anexo 1.</b> Proyecto Curricular para la enseñanza de la Espectroscopía de Absorción y Emisión Atómica desde el Alineamiento Constructivo. ....	90
<b>Anexo 2.</b> Rúbrica para la validación del proyecto.....	137
<b>Anexo 3.</b> Ejemplo de rúbrica para la validación del proyecto desarrollada por un evaluador.....	141

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Características de los docentes y estudiantes en los enfoques superficial y profundo. Elaboración propia. (Adaptado de Biggs, 2005). .....	24
<b>Tabla 2.</b> Perfil profesional de los evaluadores expertos Elaboración propia. ....	40
<b>Tabla 3.</b> Documentos tipificados en la categoría de Formalización. Elaboración propia.....	42
<b>Tabla 4.</b> Documentos tipificados en la categoría de Reporte o sistematización de memorias científicas. Elaboración propia. ....	47
<b>Tabla 5.</b> Documentos tipificados en la categoría de Aplicaciones. Elaboración propia.....	49
<b>Tabla 6.</b> Documentos tipificados en la categoría de Implicaciones Didácticas. Elaboración propia. ....	51
<b>Tabla 7.</b> Relación entre resultados de aprendizaje y los elementos de la Taxonomía SOLO aplicados al proyecto curricular. Tomado y adaptado de (Ladino, Y. y Blanco, D. Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá, Colombia, Observación Inédita, 2021) .....	63
<b>Tabla 8.</b> Tipos de actividades prácticas. Tomado y Adaptado de Sanmartí Puig (2002) en Fernández y Pujalte (2019). ....	65
<b>Tabla 9.</b> Contenidos y resultados de aprendizaje para la Categoría de Formalización.....	66
<b>Tabla 10.</b> Descripción de los indicadores de la rúbrica de validación. Elaboración Propia. ....	68

## LISTA DE GRÁFICAS

<b>Gráfica 1.</b> Evaluación ponderada del Proyecto Curricular por el grupo de Validación. Elaboración Propia.....	69
---	----

## LISTA DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 1.</b> Taxonomía SOLO. Tomada de Soler (2015) .....	22
<b>Ilustración 2.</b> Modelo 3P. (Adaptado de Soler, 2015).....	25
<b>Ilustración 3.</b> Principio de absorción y emisión de un fotón. Tomado de (Simoes, 2013).....	28
<b>Ilustración 4.</b> Espectro electromagnético de la Luz. Recuperado de: <a href="https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/b/b6/Electromagnetic_spectrum-es.svg/800px-Electromagnetic_spectrum-es.svg.png">https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/b/b6/Electromagnetic_spectrum-es.svg/800px-Electromagnetic_spectrum-es.svg.png</a> .....	29
<b>Ilustración 5.</b> Relación entre los espectros de absorción y emisión. Tomada de (Ortiz, 2013).....	30
<b>Ilustración 6.</b> Proceso de absorción de la radiación. Tomado de Ortiz (2013). ....	32
<b>Ilustración 7.</b> Sistemas de espectroscopía atómica. Tomado de Beaty y Kerber (1997). .....	33
<b>Ilustración 8.</b> Diagrama del proceso de atomización en una llama. Tomado de Razmilic, s.f.....	34
<b>Ilustración 9.</b> Relaciones conceptuales para el proyecto curricular en la enseñanza de la espectroscopía de absorción y emisión atómica. Elaboración Propia.....	57
<b>Ilustración 10.</b> Mediación de contenidos para el desarrollo del proyecto curricular para la enseñanza de la espectroscopía de absorción y emisión atómica. Elaboración Propia.....	59
<b>Ilustración 11.</b> Elementos teóricos y metodológicos para el proyecto curricular para la enseñanza de la espectroscopía de absorción y emisión atómica. Elaboración Propia. ....	59
<b>Ilustración 12.</b> Modelo 3P aplicado a el proyecto curricular para la enseñanza de la EAEA. Elaboración Propia. ....	61
<b>Ilustración 13.</b> Taxonomía SOLO aplicada al proyecto curricular para la enseñanza de la EAEA. Elaboración Propia. ....	62

## INTRODUCCIÓN

La espectrofotometría o espectroscopía de absorción y emisión atómica (de ahora en adelante, EAEA), es una técnica de análisis cuyo fundamento se basa en la absorción o emisión de radiación de una longitud de onda específica y selectiva por unidades atómicas que tengan niveles energéticos cuya diferencia en energía corresponda en valor a la energía de los fotones incidentes (Skoog, Holler y Crouch, 2008). Por lo general, los entramados conceptuales que se abordan en su enseñanza son: la radiación electromagnética, proceso de atomización de la muestra, componentes del instrumento óptico de medición, metodología de análisis, atributos de la técnica y aplicaciones analíticas.

Según Gonzales y Montaña (2015) la técnica de espectroscopía de absorción y emisión atómica permite determinar la señal de un analito de interés en una matriz determinada en términos de absorbancia, que se relaciona con la concentración del mesurando y determinar diferentes elementos en disolución o directamente en muestras, así, su aplicación comúnmente se encuentra en análisis de aguas, muestras geológicas, muestras orgánicas, metales, aleaciones, petróleo y sus subproductos. De esta manera, se hace imprescindible incluir la temática en los diferentes currículos de cursos de química por los componentes conceptuales antes mencionados y por ser la técnica analítica más utilizada en investigación, análisis, control y diagnóstico en muchos ámbitos relacionados con las ciencias naturales.

Por tanto, se realizó un trabajo de grado sobre los cambios tecnológicos sustanciales en la técnica de la EAEA, que ameritan una revisión tanto de los objetos de enseñanza como de los materiales de referencia y consulta, libros de texto de análisis químico instrumental, manuales y las publicaciones en revistas especializadas, que implican una transformación en las prácticas de enseñanza, para así comprender el desarrollo que ha tenido dicha técnica de análisis. Lo anterior, con el fin de diseñar un proyecto curricular, enfocado a profesionales en ciencias, para la enseñanza de la técnica, centrado en los elementos conceptuales y metodológicos del Alineamiento Constructivo, el Modelo 3P y la Taxonomía SOLO.

Este documento presenta en primer lugar, una justificación enmarcada en las exigencias de contextos a nivel nacional e institucional, y describe la pertinencia de la revisión sistemática sobre la EAEA para comprender las implicaciones didácticas asociadas y la evolución de la técnica con el fin de presentar un proyecto curricular para su enseñanza. Posterior a ello, se presenta la pregunta de investigación que

orienta esta tesis de trabajo de grado de maestría y los objetivos correspondientes. Más adelante se presentan los antecedentes y referentes conceptuales, los cuales se enfocaron al componente teórico de los métodos de análisis químico, la EAEA, espectro de absorción, emisión y fluorescencia, alineamiento constructivo, la taxonomía SOLO y el Modelo 3P. Posteriormente, se describe la metodología que se tuvo en cuenta para este trabajo monográfico, que se estructuró en 4 fases: La primera fase es el estado del arte, la segunda es el levantamiento documental, que describen las implicaciones en la enseñanza de la EAEA, la tercera fase concierne al proyecto curricular para la enseñanza de la técnica, y finalmente, la validación del proyecto curricular bajo el juicio de expertos a través de la aplicación de una rúbrica de recolección de información para reconocer la pertinencia y viabilidad metodológica del mismo, como cuarta fase. Como últimos apartados, se presentan los resultados y su respectivo análisis a la luz de las fases metodológicas descritas, además del apartado de conclusiones del presente trabajo.

## FORMULACIÓN Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

En los currículos para la formación de profesionales en ciencias, se incluye la red conceptual sobre la EAEA, que supone comprender, interpretar y analizar la interacción entre la radiación electromagnética frente a un analito de interés en una matriz determinada, el proceso de atomización de la muestra, los componentes del instrumento óptico de medición, la metodología de análisis, los atributos de la técnica y las aplicaciones analíticas, además, por ser la técnica de análisis más utilizada en investigación, control y diagnóstico en muchos ámbitos relacionados con las ciencias naturales. Elementos que los profesionales en ciencias deben comprender ya que fundamentan su quehacer en el desarrollo de procedimientos, que les permiten determinar la composición y estructura química de una muestra natural o artificial en una matriz diversa a partir de un conjunto de técnicas operacionales para la separación, identificación y cuantificación de los componentes de una muestra, cuya finalidad es la toma de decisiones fundamentadas para la obtención de información cualitativa y cuantitativa de calidad al seleccionar un método analítico, en este caso un método óptico de análisis.

De esta manera, se hace necesario analizar los entramados conceptuales asociados a la absorción o emisión por parte de una muestra de radiaciones de frecuencias determinadas, debidas a tránsitos entre niveles cuantizados, es decir, vislumbrar los elementos que los profesionales en ciencias deben comprender ya que fundamentan su quehacer en el desarrollo de procedimientos que les permiten determinar la composición y estructura química de una muestra natural o artificial en una matriz diversa a partir de un conjunto de técnicas operacionales para la separación, identificación y cuantificación de los componentes de una muestra, la interacción entre las Ondas Electromagnéticas (OEM) y la muestra problema para examinar los cambios producidos en las ondas como resultado de esta interacción con la materia, lo que involucra, reconocer y profundizar en los cambios tecnológicos asociados a la técnica para la cuantificación de analitos de interés en matrices diversas.

En este sentido y en el contexto universitario, es pertinente considerar las implicaciones didácticas al abordar la técnica de la EAEA a partir de una revisión del estado del arte y de elementos pedagógicos y/o didácticos que conduzcan a un aprendizaje profundo desde los elementos teóricos del Alineamiento Constructivo cuya finalidad es la toma de decisiones fundamentadas para la obtención de

información cualitativa y cuantitativa de calidad al vincular la técnica espectroscópica como componente disciplinar del proyecto.

En consecuencia, el proyecto curricular se estructuró en el marco de los elementos teóricos del alineamiento constructivo, el Modelo 3P y la Taxonomía SOLO. Estos se caracterizan por definir previamente los resultados de aprendizaje a los que se espera llegar en una intervención educativa, a través de objetivos que delimitan el grado de aprendizaje al que se pretende llegar (aprendizaje profundo o superficial). Vinculando estrategias didácticas que conduzcan a los estudiantes a adoptar un estilo de aprendizaje que se vea reflejado en el proceso de evaluación formativa.

Desde esta perspectiva, la pregunta que orientó esta tesis de trabajo de grado en la modalidad de profundización es: ¿Qué elementos teóricos del alineamiento constructivo, del modelo 3P, la taxonomía SOLO y de una revisión documental, centrada en los cambios tecnológicos e implicaciones didácticas de la técnica de espectroscopía de absorción y emisión atómica, se deben retomar para construir un proyecto curricular en el nivel universitario?

## JUSTIFICACIÓN

El aprendizaje tiene lugar mediante el comportamiento activo del estudiante, lo cual significa que ellos aprenden lo que hacen y no lo que el profesor realiza y para ello, los estudiantes deben alcanzar satisfactoriamente objetivos que el docente propone a través de actividades dinámicas de aprendizaje, diseñadas bajo la perspectiva de que éstas, pueden dar cuenta de lo que el estudiante aprende y la forma como lo hace. Sin embargo, es bastante común encontrar sistemas donde el aprendizaje no se encuentre alineado, es decir, que la intención del profesor, la intención del estudiante, la metodología y la evaluación están pensados hacia diferentes intereses, y teniendo en cuenta que el contexto social y el ambiente educativo son factores inmersos, no se representa una linealidad para desarrollar el aprendizaje sobre algún tema en específico. De esta manera, el alineamiento constructivo, juega un papel articulador entre los elementos anteriormente descritos, generando, como su nombre lo indica, un sistema alineado (Soler, 2015).

Adicionalmente, este enfoque no funciona de manera autónoma e independiente, puesto que se necesita integrar el Modelo 3P, que relaciona los factores dependientes del estudiante y del profesor con las actividades centradas en la enseñanza como resultado de aprendizaje, y la Taxonomía SOLO, que brinda una estructura del resultado observable de aprendizaje que puede ser de tipo superficial o profundo articulados a los niveles de comprensión. Por consiguiente, en esta investigación, se utilizarán estos enfoques con el fin de desarrollar el aprendizaje de los estudiantes mediante un proyecto curricular fundamentada en la EAEA, como se indica en los siguientes párrafos.

Tras una revisión sistemática acerca de la espectroscopía, surge la noción de exponer que la EAEA es una técnica sensible y confiable en la determinación de diversos elementos químicos, que goza de popularidad, debido a la especificidad, sensibilidad y operación de la técnica, todo ello, reunido en un aparato instrumental, que tiene como fundamento, la absorción y emisión de radiación de una longitud de onda determinada proveniente de una fuente. Esta radiación, es absorbida selectivamente por átomos que tengan niveles energéticos, cuya diferencia en energía corresponde en valor a la energía de los fotones incidentes. Por otro lado, el estudio de la espectroscopía reúne saberes apropiados para el desarrollo conceptual y argumentativo de cualquier profesional en formación vinculado con las áreas de ciencias.

Así, la intención del presente trabajo de grado se justifica desde los elementos conceptuales y teóricos, que dan cuerpo a la espectroscopía como una técnica de análisis químico, sin olvidar, que el aporte más loable que puede suministrar un método de análisis es el develar la composición o identidad química de alguna muestra. Por último, es importante aclarar, que la EAEA, es un escenario propicio para integrar elementos, históricos, epistemológicos, didácticos, pedagógicos y conceptuales, que no solo busquen facilitar el uso de la técnica de análisis, sino, aportar a la comprensión de los fenómenos que han enriquecido la técnica a través del tiempo y las implicaciones que estos han tenido hasta la actualidad.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General**

Analizar qué elementos teóricos del alineamiento constructivo, del modelo 3P y la taxonomía SOLO conviene retomar para la construcción de un proyecto curricular en el nivel universitario centrado en los cambios tecnológicos e implicaciones didácticas de la técnica de espectroscopía de absorción y emisión atómica.

### **Objetivos Específicos**

Identificar los objetos de enseñanza - aprendizaje, los cambios tecnológicos y las implicaciones didácticas de la técnica de espectroscopía de absorción y emisión atómica, mediante la realización del estado del arte.

Construir un proyecto curricular centrado en el alineamiento constructivo, el modelo 3P y la taxonomía SOLO fundamentado en la técnica de espectroscopía de absorción y emisión atómica en el nivel universitario.

Validar el proyecto curricular a través de juicio de expertos mediante el análisis de la pertinencia didáctica del mismo en términos del alineamiento constructivo, el modelo 3P y la Taxonomía SOLO.

## ANTECEDENTES

Según Savall, Domènech y Martínez (2013) en su artículo, ¿Los profesores de física y química disponen de un modelo que explique la formación de los espectros atómicos?, señalan que los procesos de emisión y absorción de la radiación que dan origen a los espectros atómicos son un campo adecuado para desarrollar una investigación en didáctica de las ciencias, debido a que tras una revisión histórica y epistemológica de los fenómenos de emisión y absorción atómica, se establecieron siete ideas claves que ha de tener un modelo que explique dichos espectros. Dentro de la investigación, los autores exponen que una parte significativa de la muestra, no dispone de un modelo capaz de explicar de forma correcta la formación de los espectros. Además, sobre el artículo reposa la sugerencia, de que la investigación didáctica se ha enfatizado, en la necesidad de que los profesores tengan un conocimiento a profundidad de la materia que imparten, para poner a sus alumnos ante situaciones que requieran pensar frente a los modelos. En lo atinente a las siete ideas claves que reseña el artículo, se considera que estas encuentran una alta aceptación en el desarrollo de esta investigación, por cuanto exponen conceptos relevantes que se deben tener en cuenta, a la hora de describir los fenómenos de la absorción o emisión atómica y de sus implicaciones en la comprensión de las siete ideas clave (IC). Estas ideas clave se presentan a continuación:

IC 1: Los átomos, cuando no están excitados, se encuentran en el nivel estacionario de menor energía.

IC 2: Cualquier proceso de emisión o absorción de radiación por el átomo implica el paso de un estado estacionario a otro.

IC 3: La variación de energía en una transición entre dos estados estacionarios está relacionada con la energía del fotón absorbido o emitido  $\Delta E_{\text{sistema}} = E_{\text{fotón}}$ .

IC 4: Las transiciones a estados estacionarios de menor energía tienen carácter aleatorio, es decir, se pueden dar transiciones entre cualesquiera estados.

IC 5: No se producen absorciones múltiples que produzcan transiciones consecutivas a estados de mayor energía.

IC 6: En cada transición entre estados estacionarios se emite o absorbe un único fotón.

IC 7: La intensidad de una radiación está relacionada con la cantidad de fotones que la integran.

Por otro lado, Peña (2012) en su tesis, la espectroscopía y su desarrollo como una herramienta didáctica para comprender la estructura de la materia, presenta el desarrollo, evolución y experimentación de algunos de los conceptos que permiten comprender la relación que existe entre radiación y materia. Además, resalta los hechos históricos que más han contribuido al estudio de la electricidad, magnetismo, los modelos atómicos y la espectroscopía. El autor de la tesis implementó una unidad didáctica en un colegio de la ciudad de Bogotá, la unidad se desarrolló en 9 sesiones y contó con diversidad de recursos. Se buscaba, que los estudiantes desarrollaran la comprensión de conceptos relacionados con la propuesta didáctica, además de impulsar la curiosidad y el trabajo experimental, que tenía como elemento motivador las líneas espectrales para cambiar las dinámicas del trabajo en el aula.

Peña, indica que otro de los aspectos importantes en el desarrollo de su tesis, fue el de vincular las primeras conceptualizaciones que creó el hombre en su afán por describir las relaciones entre radiación y materia, con hechos sobresalientes que aparecieron a través de la historia y que posteriormente se convirtieron en teorías demostradas y afirmadas mediante la reproducción de experimentos en el laboratorio. Así, el aporte a este trabajo se inclina por reflexionar sobre la viabilidad de elaborar un proyecto curricular, que se preocupe por facilitar la comprensión de los fenómenos asociados a la absorción atómica y su uso como técnica analítica y la vinculación con los hechos históricos que la marcaron.

Shen, Shen y Hardacre (2013) en su trabajo, *Using a systematic approach to develop a chemistry course introducing students to instrumental analysis*, desarrollan una propuesta centrada en un enfoque sistemático para desarrollar la enseñanza de la química analítica instrumental, así como un marco conceptual para la organización y ejecución de conferencias y un curso de laboratorio, en dicho curso se utilizaron tres componentes principales: conocimientos teóricos desarrollados en el aula, simulaciones a través de un laboratorio virtual y formación práctica a través de la experimentación, que estuvieron conectados a través del aprendizaje basado en problemas y el aprendizaje cooperativo con el fin de que el estudiante se preocupe por desarrollar habilidades prácticas y talentos individuales tras aprender de forma activa. Por lo anterior, el documento ofrece un aporte metodológico y brinda herramientas en la construcción del proyecto curricular que se centró en el alineamiento constructivo y, de esta manera, potenciar el nivel de comprensión de

tipo profundo en los aspectos fundamentales de la técnica de espectroscopía de absorción y emisión atómica.

Ortiz (2013) en su trabajo titulado, Enseñanza - aprendizaje bajo un enfoque constructivista de los fundamentos de la espectroscopía: Estudio de caso para el curso de laboratorio de química analítica e instrumental dirigido a estudiantes de ingeniería de materiales de la Universidad de Antioquia, hace uso del cálculo de la ganancia de HaKe, que se centra en medir y comparar la ganancia conceptual de uno o varios individuos, con el fin de establecer el estado inicial y final de un grupo de estudiantes en cuanto a los fundamentos de la espectroscopía. Según la investigación, la aplicación de una propuesta metodológica, planteada desde un enfoque constructivista, mejoró de manera significativa el proceso de enseñanza – aprendizaje de un grupo de estudiantes a nivel universitario. Esta propuesta está centrada en módulos de enseñanza – aprendizaje, en el uso de ejercicios, mapas conceptuales, prácticas experimentales, entre otros, que mejoran la reflexión, interiorización, aplicación y asimilación de nuevos conocimientos, que particularmente son los involucrados en los fundamentos de la espectroscopía. El origen del trabajo surgió tras evidenciar dificultades asociadas al aprendizaje y la comprensión de algunos conceptos propios de la química que permitieron la construcción de nuevos conocimientos relativos a la espectroscopía por parte de los estudiantes.

Al final, el autor invita a generar y propiciar cambios en el área de enseñanza, a hacer uso de mapas conceptuales, prácticas de laboratorio, lecturas extraclase y a utilizar como método de evaluación no solo un sistema cuantitativo, sino también cualitativo. Lo anterior, en aras de encontrar mejores resultados en la apropiación del conocimiento por parte de estudiantes a nivel universitario. Y de esta manera, es un referente para esta investigación puesto que ofrece elementos didácticos, que se adecúan a su desarrollo, por cuanto, explora y sugiere herramientas conceptuales y metodológicas que se pueden incorporar dentro de un proyecto curricular con el fin de facilitar la comprensión de la espectroscopía.

Williams, Miller, Avitabile, Burrow, Schmittou, Mann, y Hiatt (2017) en su trabajo, Teaching students to be instrumental in analysis: Peer - led team learning in the instrumental laboratory, manifiestan que algunos estudiantes desarrollan habilidades prácticas, conceptuales y actitudinales limitadas debido a la superficialidad del aprendizaje y la falta de confianza y compromiso de los estudiantes, y así, desarrollaron un modelo de aprendizaje por equipo dirigido por pares para brindar a cada estudiante una experiencia profunda en la operación y

resolución de problemas de seis instrumentos comunes centrados en los cigarrillos electrónicos, que jugaban un papel relevante en su contexto.

Los estudiantes desarrollaron habilidades de comunicación y resolución de problemas, que son herramientas fundamentales para los químicos. Los autores mencionan que ese modelo resultó exitoso en la promoción de la flexibilidad cognitiva y el pensamiento crítico sobre el diseño experimental, la confianza y facilitar una comprensión más profunda de la instrumentación. De esta manera, lo anterior corresponde a un antecedente clave para este trabajo pues permite vincular los niveles de comprensión con el alineamiento constructivo en el proyecto curricular centrada en la técnica de espectroscopía de absorción y emisión atómica.

Soler (2015) en su trabajo para obtener el doctorado, Enfoques de enseñanza y enfoques de aprendizaje: Posibles relaciones entre sí y con el logro académico de los estudiantes en evaluaciones externas. Realiza un análisis profundo del alineamiento constructivo propuesto por Jhon Biggs, en miras de detallar sus componentes y de las posibles implicaciones en la educación. Soler desarrolla su tesis, bajo un paradigma cuantitativo, que correlaciona estilos de enseñanza de docentes y estilos de aprendizaje de estudiantes de grado once en instituciones públicas y privadas en el municipio de Soacha, Cundinamarca. Además, persiguió objetivos relacionados con adaptar y validar instrumentos que dieran cuenta de los enfoques de aprendizaje y enfoques de enseñanza, además de identificar la influencia de algunas variables socioeconómicas, en la adopción de un enfoque tanto en estudiantes como en maestros. Finalmente, detalla posibles relaciones entre enfoques de aprendizaje de los estudiantes, enfoques de enseñanza de los profesores y resultados en pruebas saber 11 en la asignatura de química.

El aporte de la tesis de Soler a la presente investigación, gira en torno a reconocer herramientas útiles para identificar estilos de enseñanza y estilos de aprendizaje en docentes y estudiantes. Además de ofrecer una idea sobre cómo lograr una enseñanza alienada que involucre, maestro, estudiante, contenidos, metodología y evaluación. Lo anterior, permitiría identificar, si existe un enfoque superficial o profundo en los que participantes del proyecto curricular relacionado con las implicaciones didácticas de la EAEA. También, cabe señalar, que, con el uso del alineamiento constructivo como enfoque de enseñanza-aprendizaje, se genera una influencia positiva del proceso de retroalimentación en los profesores y estudiantes respecto a un área de conocimiento.

## MARCO CONCEPTUAL

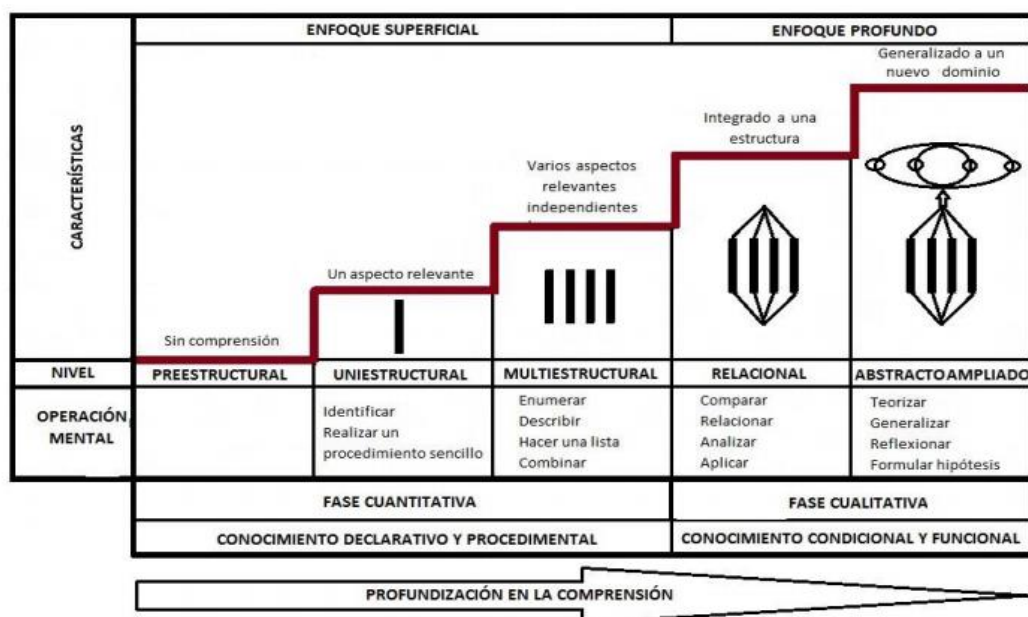
### **Alineamiento constructivo**

Para Biggs (1996), que es el máximo expositor del alineamiento constructivo, este enfoque consiste en definir previamente los resultados en un proceso de aprendizaje a través de objetivos que están enmarcados bajo el grado de aprendizaje al que se pretende llegar, y así, definir las estrategias de aprendizaje que mejor conduzcan a los estudiantes a adoptar un enfoque profundo y lograr un aprendizaje de calidad, que se vea reflejado en todo el proceso de evaluación formativa. Sin embargo, este enfoque no funciona de manera autónoma e independiente, puesto que se necesita integrar el Modelo 3P, que relaciona los factores dependientes del estudiante y del profesor con las actividades centradas en la enseñanza como resultado de aprendizaje, y la Taxonomía SOLO, que brinda una estructura del resultado observable de aprendizaje que puede ser de tipo superficial o profundo articulados a los niveles de comprensión; perspectivas que se desarrollan a continuación:

### **Taxonomía SOLO**

La taxonomía SOLO corresponde a la sigla de structure of the observed learning outcome que se entiende como la estructura del resultado de aprendizaje observable, y según Biggs (2005) hace referencia a un mecanismo sistemático para describir cómo se incrementa la complejidad de la actuación de un estudiante al enfrentarse a diferentes actividades académicas. Lo anterior, centrado en que en el proceso de enseñanza-aprendizaje va adquiriendo una complejidad estructural en aumento desde la perspectiva cuantitativa y cualitativa. Así, tiene un uso claro para establecer los objetivos del trabajo que orienten el desarrollo conceptual de los estudiantes y de igual forma evaluar los resultados de aprendizaje. Bajo esta perspectiva, es posible determinar su nivel de desarrollo, ver Ilustración 1.

**Ilustración 1.** Taxonomía SOLO. Tomada de Soler (2015)



De esta manera, se entienden los niveles de comprensión de una manera jerárquica donde los niveles uniestructural y multiestructural consideran la comprensión como un incremento cuantitativo de lo que se aprehende. En el caso del relacional, incluye una reestructuración conceptual de los componentes, el reconocimiento de la propiedad de los sistemas como integradores de los componentes, mientras que el paso siguiente al abstracto ampliado lleva el argumento a una nueva dimensión. Es necesario destacar, que no es común encontrar a un individuo sobre el nivel preestructural pues siempre hay habilidades, ideas previas o concepciones que permiten que una persona desarrolle procesos mentales sobre cualquier tema (Soler, 2015).

Por último, es necesario precisar sobre el enfoque superficial y profundo de aprendizaje. El primero, nace de la intención de liberarse de la tarea con el mínimo esfuerzo, aunque dando la sensación de satisfacer los requisitos. Y, el segundo, se deriva de la necesidad sentida de abordar la tarea de forma adecuada y significativa, de manera que el estudiante trate de utilizar las actividades cognitivas más apropiadas para desarrollarla. Por supuesto estos enfoques afectan el proceso de enseñanza-aprendizaje, y tanto el estudiante como el docente deben estar encaminados hacia el mismo objetivo desde las actividades hasta la evaluación de las actividades propuestas en el proyecto curricular. Al final, existen ciertas características que destacan a los actores del proceso de enseñanza-aprendizaje dentro de algún tipo de enfoque, información que se presenta en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Características de los docentes y estudiantes en los enfoques superficial y profundo. Elaboración propia. (Adaptado de Biggs, 2005).

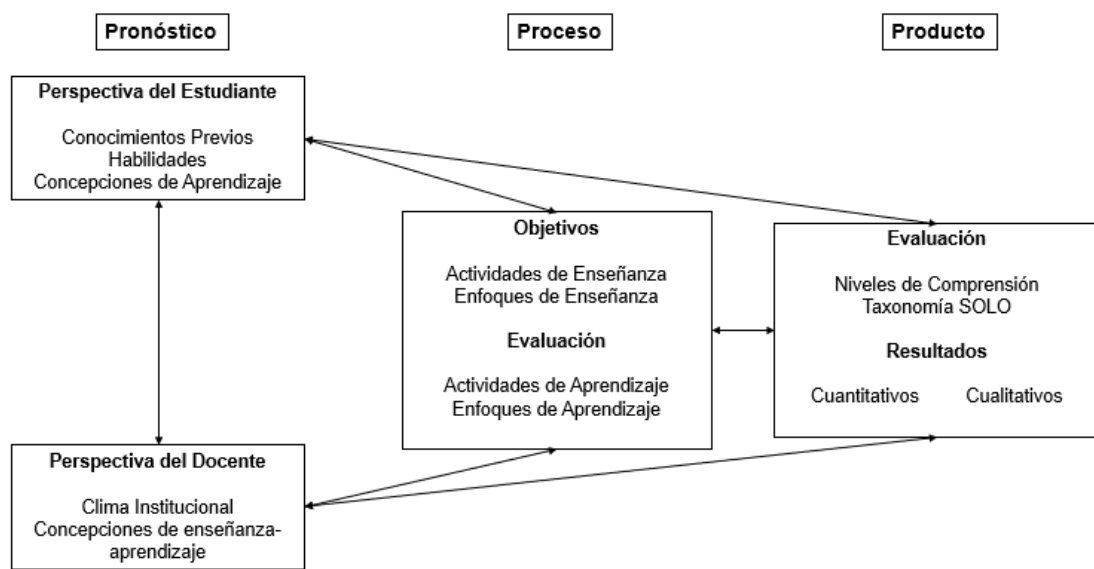
<b>Enfoques de Enseñanza-Aprendizaje</b>			
<b>Enfoque Superficial</b>		<b>Enfoque Profundo</b>	
<b>Docente</b>	<b>Estudiante</b>	<b>Docente</b>	<b>Estudiante</b>
<p>Enseñar de manera poco sistemática: facilitar «listas», sin presentar la estructura intrínseca del tema o materia</p> <p>Evaluar datos independientes, como se hace con frecuencia cuando se utilizan respuestas cortas y test de opción múltiple</p> <p>Presentar poco interés por la materia impartida; Dejar tiempo insuficiente para dedicarse de lleno a la tarea, enfatizando la cobertura del programa a expensas de la profundidad</p> <p>Provocar una ansiedad indebida o unas expectativas restringidas de éxito</p>	<p>Intención de lograr sólo un aprobado justo, que puede derivarse de una idea de la universidad como un «pase para el futuro» o de la exigencia de matricularse en una asignatura irrelevante para el programa del estudiante</p> <p>Prioridades extraacadémicas que sobrepasan las académicas; Tiempo insuficiente, sobrecarga de trabajo</p> <p>Idea errónea de lo que se pide, como creer que el recuerdo de los datos concretos es suficiente</p> <p>Visión escéptica de la educación; Ansiedad elevada</p> <p>Auténtica incapacidad de comprender los contenidos concretos en un nivel profundo</p>	<p>Enseñar de manera que se presente explícitamente la estructura del tema o de la materia</p> <p>Enseñar construyendo sobre la base de lo que los estudiantes ya conocen</p> <p>Cuestionar y erradicar las concepciones erróneas de los estudiantes</p> <p>Evaluar la estructura en vez de datos independientes</p> <p>Enseñar y evaluar de manera que se estimule una atmósfera de trabajo positiva, en la que los estudiantes puedan cometer errores y aprender de ellos.</p> <p>En general, y más importante, usar métodos de enseñanza y de evaluación que apoyen las metas y objetivos explícitos de la asignatura</p>	<p>Intención de abordar la tarea de manera significativa y adecuada que puede deberse a una curiosidad intrínseca o a la determinación de hacer las cosas bien.</p> <p>Bagaje apropiado de conocimientos, lo cual se traduce en una capacidad de centrarse en un nivel conceptual elevado. El trabajo a partir de primeros principios requiere una base de conocimientos bien estructurada.</p> <p>Preferencia auténtica y correspondiente capacidad de trabajar conceptualmente, en vez de con detalles inconexos.</p>

## Modelo 3P

Este modelo hace parte de la sincronía que corresponde al alineamiento constructivo, que se ha expuesto a la luz de los postulados conceptuales y metodológicos de Biggs (1996), y permite relacionar los factores dependientes del estudiante y del profesor con las actividades centradas en la enseñanza como resultado de aprendizaje, ver Ilustración 2. Su nombre radica en la primera letra de las tres variables que lo componen: Pronóstico, Proceso y Producto (Biggs, 2005).

- **Pronóstico:** Las variables de pronóstico hacen referencia a los factores que están presentes antes de iniciar el proceso de enseñanza-aprendizaje, así, se involucran las variables relacionadas con los estudiantes, los docentes y el contexto de enseñanza-aprendizaje, configurándose como situaciones independientes. Para este tipo de variables se inmiscuye el clima institucional, las concepciones de enseñanza-aprendizaje, las habilidades, los conocimientos previos desde la perspectiva del docente y del estudiante.
- **Proceso:** Estas variables son las que se evidencian durante el proceso de enseñanza-aprendizaje por parte de los estudiantes o los docentes. Se pueden incluir las actividades y enfoques de enseñanza-aprendizaje donde haya una correlación entre los objetivos propuestos desde un principio por el docente con la evaluación.
- **Producto:** Como su nombre lo indica, estas variables son el resultado de los dos procesos anteriores y tienen que ver con los logros académicos alcanzados por los estudiantes tras el proceso de enseñanza-aprendizaje, es decir, que es la herramienta por la cual los docentes valoran el desempeño de los estudiantes a la luz de las variables de pronóstico y de proceso. Estas variables pueden entenderse como la evaluación y los resultados de las actividades programadas.

**Ilustración 2.** Modelo 3P. (Adaptado de Soler, 2015).



De esta manera, se logra articular la perspectiva del estudiante (conocimientos previos, habilidades, concepciones de aprendizaje) con la perspectiva del docente (clima institucional, concepciones de enseñanza – aprendizaje), los objetivos y la evaluación, que están determinados desde antes de iniciar la intervención educativa, y como lo plantea Soler (2015), aplicar el Modelo 3P cobra una gran importancia a la hora de diseñar e implementar un programa que se fundamente en los planteamientos del alineamiento constructivo.

Por consiguiente, habiendo clarificado el contexto pedagógico y metodológico dispuesto para esta tesis de maestría, es importante realizar un barrido histórico y conceptual sobre la EAEA para otorgar el fundamento teórico para llevar a cabo las relaciones de contenido y las variables descritas anteriormente, información que se construye en los siguientes apartados.

### Una breve reconstrucción de la EAEA

Según Atkins y De Paula (2002), para el año de 1666, Isaac Newton observaba la luz solar a través de un prisma y se daba cuenta de que la luz se descomponía. 20 años más tarde, Christian Huygens, afirmaba que la luz era una serie de ondas que se propagaban a través de un medio. En 1801, Thomas Young, logra un patrón de interferencia, lo que corrobora la idea de Huygens y aporta a la comprensión de la naturaleza y comportamiento de la luz. Hacia 1814, Joseph Fraunhofer, estudia unas líneas oscuras que había identificado en el espectro solar, diseña un espectroscopio para tal fin y nombra a un patrón de difracción como difracción de Fraunhofer, de acuerdo con los resultados de sus estudios. Antes de 1814,

Fraunhofer había introducido la lente de difracción para lograr mejoras en la nitidez espectral, de este modo, señaló que las líneas negras en el espectro solar se debían a que la atmósfera del sol absorbía luz (Mejía, 2009).

Sobre los años 1850 – 1851, Robert Bunsen y Gustav Kirchhoff, realizaron experimentos, que condujeron sus observaciones a notar que aparecían resplandecientes colores, cuando los elementos químicos eran calentados vigorosamente o hasta la incandescencia. Estos experimentos, ofrecieron uno de los pilares de la espectroscopía, al identificar, que la luz emitida por un cuerpo incandescente se puede considerar como una particularidad de este. Una década después, James Maxwell, realiza trabajos para caracterizar frecuencias y longitudes de onda, lo que lo conduce a proponer una síntesis de las ondas electromagnéticas y eléctricas. Maxwell, estipula que la luz es una onda electromagnética (Burke 1999)

El cuerpo negro se puede considerar, como un sistema físico ideal donde nada de radiación electromagnética se refleja o pasa a través de él, esto llamo la atención de varios físicos, pero en 1900 Max Planck, elaboró un algoritmo, que describe la luz emitida por un cuerpo en función de su temperatura, lo cual, conlleva a inferir que una baja temperatura indica una baja energía y una temperatura alta es muestra de una alta energía. Cinco años más tarde, Albert Einstein revolucionó el mundo físico al explicar el efecto fotoeléctrico, reunía postulados de Planck para explicar que la luz está constituida por fotones, que estos interactúan con la materia y que les correspondía una energía (Kondepudi y Prigogine 1998).

Para 1911, Ernest Rutherford hacia avances en la estructura del átomo, postulaba que el átomo tenía un núcleo. Sin embargo, dos años después, Niels Bohr confeccionaba la estructura del átomo de hidrógeno, señalaba el lugar donde se podrían encontrar los electrones y como era su comportamiento.

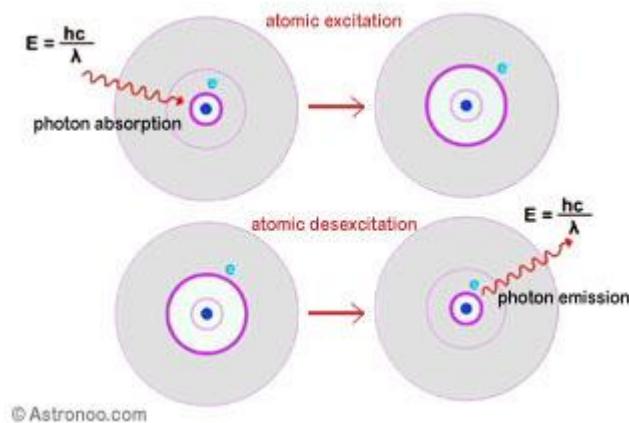
Alrededor del núcleo, existen órbitas en las que se mueven los electrones, y cada órbita está cuantizada, las transiciones de los electrones entre estas órbitas cuantizadas es la base de los estudios de absorción y emisión de luz en un átomo. Bohr, explicó que un electrón situado en una órbita inferior saltaba a una órbita superior, pero que para hacerlo necesitaba de una energía igual a la diferencia de energía entre las dos órbitas cuantizadas.

Finalmente, en el debate por definir si la luz estaba compuesta de partículas u ondas, se llegó a una conclusión que sirvió para ser extrapolada a los electrones. Esta conclusión reseña, que la naturaleza dual onda-partícula es característica de los electrones al igual que de la luz. La evidencia sobre lo antes mencionado recae

sobre el efecto fotoeléctrico y los trabajos elaborados por Louis De Broglie en el año de 1924. Además, la naturaleza ondulatoria del electrón fue sustentada con los experimentos de Davisson y Germer posteriores a las hipótesis de De Broglie (Arndt, Nairz, Vos-Andreae, Keller, Van der Zouw y Zeilinger, 1999).

Sintetizando lo expuesto, un haz de luz es una onda que se propaga como un conjunto de partículas que se conocen como fotones. La cantidad de energía transportada por la energía del fotón se llama cuanto de energía, y cuando el fotón llega al átomo, este lo absorbe y veremos una línea de absorción. Ahora, si el electrón que ha cambiado de órbita no se encuentra en un estado estable, deberá retornar a su órbita original. Cuando el electrón vuelve a su órbita original, un fotón es emitido, por consiguiente, el átomo cede energía y para este caso, observaremos una línea de emisión, ver Ilustración 3 (Simoes, 2013).

**Ilustración 3.** Principio de absorción y emisión de un fotón. Tomado de (Simoes, 2013).



### Sobre la espectroscopía

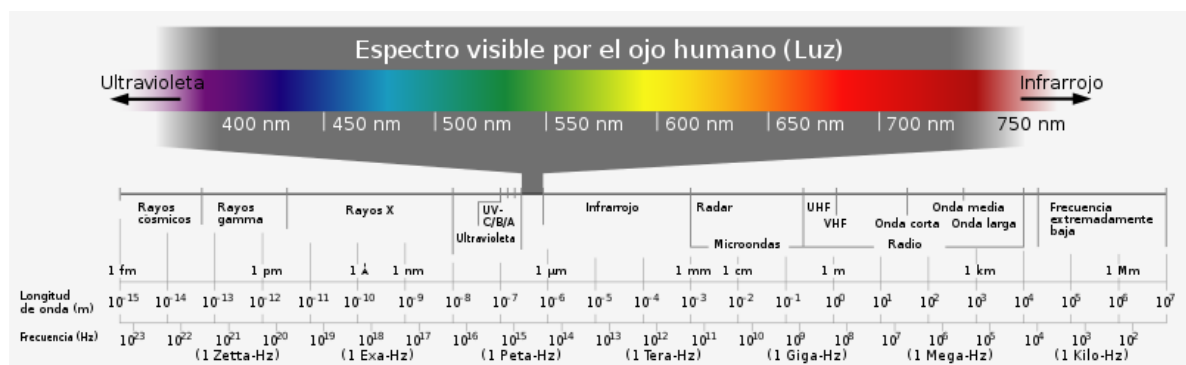
Para el año de 1850, cuando Kirchhoff creó su instrumento (espectroscopio) para estudiar las interacciones entre la radiación y la materia, en función de la longitud de onda, se estaba dando paso a la espectroscopía, que, en principio, se refería al uso de la luz visible dispersada según su longitud de onda por un instrumento, como, por ejemplo, un cuerpo prismático. Sin embargo, para el siglo XX, este concepto necesitaba ser ampliado, puesto que los avances científicos que se habían logrado, permitían alimentar esa somera idea de la espectroscopía (Beaty y Kerbder, 1997) Con los trabajos de Einstein, Planck y de De Broglie, se amplió el concepto sobre la espectroscopía para comprender cualquier medida de la radiación

electromagnética, en función de la longitud de onda o de la frecuencia, y más recientemente, se agregó la energía como variable, al establecer la relación para los fotones  $E = h \cdot \nu$ . donde  $h$  representa la constante de Planck ( $6,62 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ ) y  $\nu$ , es la frecuencia (French y Taylor, 1978).

Para entender mejor la espectroscopía, es necesario abordar el significado de un espectro electromagnético y lo que se puede encontrar dentro de él. Un espectro electromagnético, es una figura, gráfico o esquema, que muestra la repartición energética del conjunto de ondas electromagnéticas, estas, están asociadas a la radiación electromagnética que emite o absorbe una sustancia. Regularmente, dentro de la distribución energética, también se encuentran medidas relacionadas con la longitud de onda, la frecuencia y la intensidad de la radiación (Agilent Technologies, 2016a).

El espectro electromagnético ordena y clasifica las ondas de acuerdo con sus longitudes y frecuencia, además, ofrece una distribución de estas, caracterizadas por extremos en donde se encuentran unas con bajas longitudes de onda y otras por altas longitudes de onda. Para las radiaciones de baja longitud de onda, encontramos, los rayos cósmicos, rayos gamma, rayos X y lo cercano al ultravioleta, mientras que ondas de radio y de microondas que sobrepasan al infrarrojo, sobre altas longitudes de onda. Dentro del espectro, también se puede observar que, a bajas longitudes de onda, están asociadas a altas frecuencias, y de manera consecuente, para altas longitudes de onda denotan bajas frecuencias, ver Ilustración 4.

**Ilustración 4.** Espectro electromagnético de la Luz. Recuperado de: [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/b/b6/Electromagnetic\\_spectrum-es.svg/800px-Electromagnetic\\_spectrum-es.svg.png](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/b/b6/Electromagnetic_spectrum-es.svg/800px-Electromagnetic_spectrum-es.svg.png)



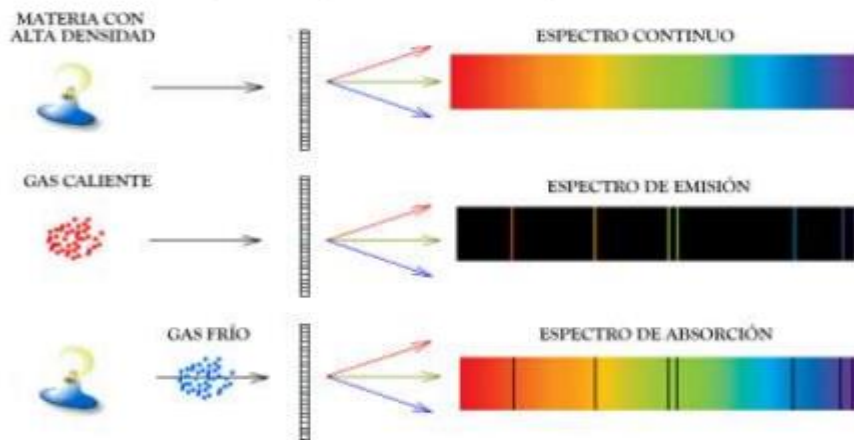
De manera más puntual, se puede señalar, que, para longitudes de onda entre los 380 nm y los 750 nm, que son las detectadas por el ojo humano, estas hacen parte de lo que comúnmente reconocemos como el espectro visible. Existe una clasificación que asocia colores que percibimos a longitudes de onda, frente a ello, bastará con decir, que el primer color que observamos en el rango de los 380 a 450 nm es el violeta y en el último rango, 620 -750 nm, visualizamos el color rojo (Thomas y París, 2005).

Resumiendo, se debe aclarar que la espectroscopía se preocupa por el estudio de las interacciones entre la materia y la radiación electromagnética, su origen, se remonta al estudio de la luz visible que se dispersaba en un cuerpo prismático y generaba una longitud de onda.

Las interacciones de la radiación electromagnética con la materia pueden clasificarse como procesos de absorción, emisión y fluorescencia, donde los procesos de absorción se caracterizan porque la radiación electromagnética de una fuente es absorbida por la muestra y origina una disminución de la potencia radiante que llega a un detector. Por otro lado, los procesos de emisión, la radiación electromagnética emana desde la muestra, lo que origina un aumento de la potencia radiante que llega a un detector (Agilent Technologies, 2016a).

También, se reconoce que los procesos de emisión y absorción implican transiciones entre diferentes estados de energía, con lo cual, un fotón incidente deberá tener una energía igual a la diferencia de energía entre los estados de transición (ver Ilustración 5). Adicionalmente, cada transición tiene una separación y una energía diferente, en consecuencia, una longitud de onda puntual. De esta manera, la energía puede absorberse y se llega a un estado excitado, por tanto, ocurren cambios en los niveles electrónicos, vibracionales y rotacionales dentro de la estructura interna de la materia, dependiendo el haz incidente (Agilent Technologies, 2016a).

**Ilustración 5.** Relación entre los espectros de absorción y emisión. Tomada de (Ortiz, 2013).



De acuerdo con lo expuesto, se destaca que desde el siglo XX, la espectroscopía se ha convertido en una herramienta significativa para la investigación, y que de acuerdo con el tipo de material que se analice, se podrá establecer una clasificación, por supuesto, sin olvidar el interés en cuantificar y develar información analítica, molecular o estructural de la materia. La espectroscopía, como técnica se puede aplicar en diferentes campos de conocimiento, sin embargo, se debe tener en cuenta que, si se desean analizar átomos, hablaremos de espectroscopía atómica, pero si hablamos de moléculas, será espectroscopía molecular, diferente a la cristalografía por rayos X y resonancia magnética nuclear, que hacen referencia a cristales y núcleos respectivamente. Ahora bien, sus aplicaciones, van desde lo ambiental, pasando por las ciencias específicas y hasta lo espacial.

### **Espectroscopía por absorción y emisión atómica**

La EAEA, es actualmente una técnica de análisis ampliamente conocida, la popularización de su uso se ha extendido gracias a los científicos que han develado fenómenos o hechos que favorecieron la credibilidad en la técnica. Frente a ello, se mencionan principalmente, los postulados de la teoría cuántica expuestos por Planck, acerca de que los cuerpos a altas temperaturas emiten radiación y que esta tiene propiedades asociadas a los procesos de emisión y absorción. (Ortiz 2013). Dos postulados de la teoría cuántica que se deben señalar son:

- Los átomos, iones y moléculas tienen la capacidad de existir sólo en ciertos estados discretos caracterizados por cantidades definidas de energía. Cuando una especie cambia su estado, absorbe o emite una cantidad de energía exactamente igual a la diferencia de energía entre los estados.

- Cuando átomos, iones o moléculas absorben o emiten radiación al transitar de un estado energético a otro, la frecuencia o la longitud de onda de la radiación se relaciona con la diferencia de energía entre los estados mediante la ecuación 1:

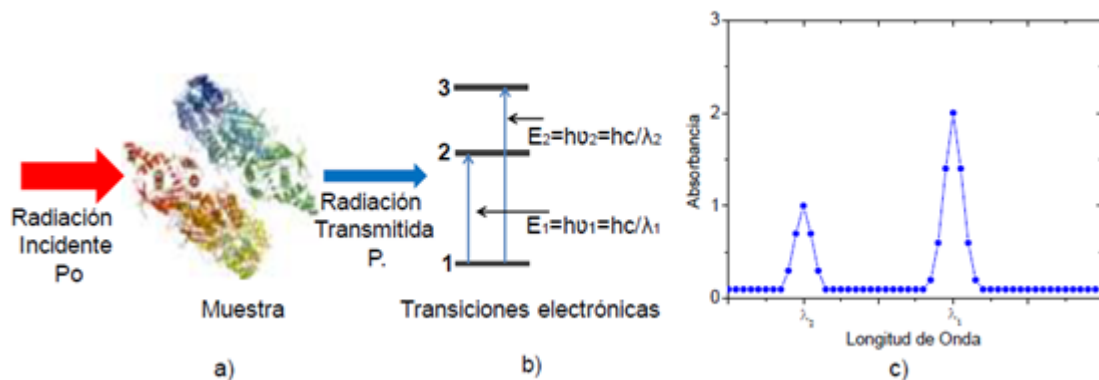
**Ecuación 1.** Relación del tránsito de un estado energético a otro.

$$E_1 - E_0 = hf = hc/\lambda$$

Donde  $E_1$  es la energía del estado más alto y  $E_0$  es la energía del estado más bajo (energéticamente hablando). Los términos  $c$  y  $h$  son la velocidad de la luz y la constante de Planck cuyo valor es  $6,62 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$ , respectivamente,  $\lambda$  representa la longitud de onda y  $f$  la frecuencia (Cruz, Chamizo y Garritz, 1986).

Una sustancia puede ser bombardeada con cualquier tipo de energía (calórica, eléctrica, lumínica) y esto generará un estímulo, que conducirá a que algunas especies transiten hacia un estado energético superior o excitado. De esta situación, se extrae información que puede relacionar la cantidad de radiación electromagnética absorbida en función de la longitud de onda. La medición de esa radiación absorbida suministra información respecto a la identidad y concentración de las especies excitadas, la Ilustración 6 presenta un esbozo de dicho proceso donde, a, es la radiación incidente en la muestra, b, menciona que para que haya absorción, la energía del haz incidente tiene que corresponder a una de las diferencias de energía que se muestran en b, y c, es el espectro de absorción resultante (Skoog, Holler y Crouch, 2008).

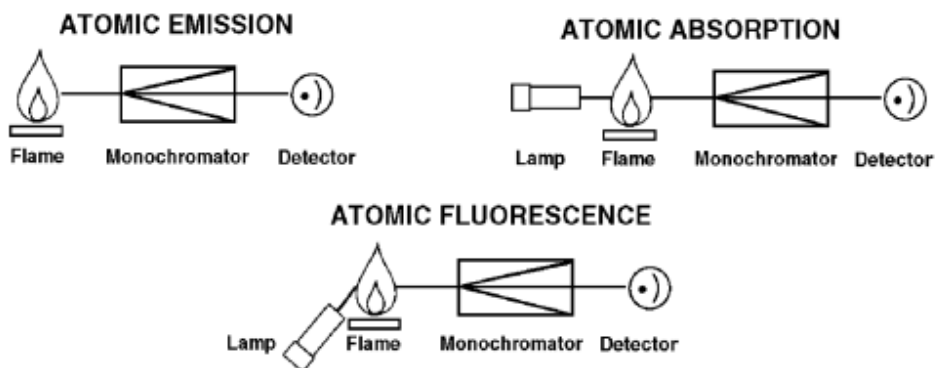
**Ilustración 6.** Proceso de absorción de la radiación. Tomado de Ortiz (2013).



La EAEA, como técnica se basa en el hecho de que un elemento atomizado, absorberá luz de una longitud de onda característica, transitando de un estado inicial a un estado excitado y que la cantidad de energía lumínica absorbida es proporcional a la concentración de la especie química. Dentro del ajuste de la técnica, esta se calibra introduciendo concentraciones conocidas de los átomos del analito en el paso de la luz y representado la absorción frente a la curva de concentración (Agilent Technologies, 2016b).

En general, la técnica de EAEA, se compone de una lámpara, que emite luz para el elemento de interés, un atomizador que cumple la función de convertir una muestra líquida en átomos libres que absorben la energía de la lámpara, un monocromador que se encarga de seleccionar la longitud de onda utilizada para la medida y un detector que cuantifica la luz absorbida por los átomos libres. En la Ilustración 7, se presenta de una manera sintética los sistemas de espectroscopía atómica.

**Ilustración 7.** Sistemas de espectroscopía atómica. Tomado de Beaty y Kerber (1997).



Dependiendo del atomizador que se utilice para ionizar los átomos, hablaremos de espectroscopía de absorción atómica con flama, espectroscopía de absorción atómica con cámara de grafito y espectroscopía por absorción atómica con generación de hidruros, plasma de acoplamiento inductivo - ICP (Agilent Technologies, 2016b). En la EAEA, la cantidad de fotones absorbidos se determina mediante la ley de Beer Bouguer Lambert, que relaciona la disminución de la intensidad o potencia radiante, con la concentración de átomos ionizados y el espesor del recipiente que contiene los átomos (Rocha, 2000).

A la fecha, la EAEA en flama es la técnica más ampliamente utilizada para determinar sustancias inorgánicas, además, ofrece variados beneficios y es de

costo bajo si se compara con otras técnicas espectroscópicas. Adicionalmente, esta técnica, se puede aplicar en una alta variedad de muestras, que si se acoplan a un horno de grafito o a un generador de hidruros logran detecciones del orden de partes por billón (ppb). Se debe agregar a lo ya descrito, que una muestra líquida es aspirada a través de un tubo capilar y conducida al nebulizador donde se genera un rocío de gotas del líquido, que son conducidas a una flama donde se producen los átomos absorbentes, En la Ilustración 8, se observan los procesos que experimenta una solución muestra con estos sistemas de atomización en la llama. (Skoog, 2008).

**Ilustración 8.** Diagrama del proceso de atomización en una llama. Tomado de Razmilic, s.f.



### Sobre la espectrofotometría

Como ya se ha mencionado, la espectroscopía se asienta en la interacción entre la materia y la energía, pero cuando se desea cuantificar la cantidad física tras dicha interacción, que es una intensidad de energía absorbida, hacemos referencia a la espectrofotometría. Sobre esto, se señala que existen diversas técnicas para la cuantificación, entre ellas tenemos, de absorción atómica, de fluorescencia, de ultravioleta visible, infrarroja y de emisión, entre otros.

Alan Waish, un físico británico–australiano es quien goza del reconocimiento por crear y desarrollar la técnica de análisis químico de la EAEA. Alrededor de 1955, Alan sostuvo la idea de que los átomos emiten y absorben radiación de la misma frecuencia, por tanto, si se tiene una fuente de excitación en donde el elemento excitado es el mismo que se va a analizar, entonces la radiación emitida va a ser captada únicamente por el elemento que es idéntico al de la fuente luminosa (Hannaford, 2000). Y así, se daba paso a la espectrofotometría, que podemos decir, se ocupa por cuantificar y dar resultados numéricos acerca de la cantidad de luz que absorbe una sustancia química, que obedece a algunas regularidades matemáticas y leyes que permiten interpretar esas señales. La espectrofotometría como herramienta de análisis instrumental, sostiene que un analito debe ser convertido en átomos libres, y estos, absorben radiación electromagnética a una longitud de onda que es específica para cada elemento, de este modo, se produce una señal plausible de medir, esto ocurre independientemente del modo como se lleven a la ionización los átomos, sin embargo, centraremos nuestra atención en la espectroscopía por absorción atómica con llama.

La absorbancia, es la cuantificación que caracteriza la absorción de la energía y lo que reconoce la EAEA, la cuantificación, sigue una relación lineal con la concentración de acuerdo con la ley de Beer Bouguer Lambert, la cual señala lo siguiente (Agilent Technologies, 2016a):

- La parte de luz absorbida por un medio transparente es independiente de la intensidad de la luz incidente
- Cuando la luz atraviesa una muestra, la cantidad de luz absorbida es igual a la relación entre la radiación transmitida ( $I$ ) y la radiación incidente ( $I_0$ ).  $T=I/I_0$  (donde  $T$ , es transmitancia)
- Cada unidad de grosor sucesiva del medio absorbe una fracción igual de la luz que la atraviesa
- La absorción de la luz es proporcional al número de especies absorbentes en la muestra

Y matemáticamente se expresa como:

**Ecuación 2.** Ecuación de Beer-Bouguer-Lambert.

$$A = -\log_{10}(T) = \epsilon b c$$

Donde;  $A$ , es absorbancia,  $T$ , transmitancia,  $\epsilon$ , es el coeficiente de absorción molar ( $L \cdot mol^{-1} \cdot cm^{-1}$ ),  $b$ , paso óptico (cm) y  $c$ , concentración; también se podría mencionar

a, que es la absorptividad molar ( $L \cdot g^{-1} \cdot cm^{-1}$ ). Finalmente, hay que mencionar que, dentro de las debilidades de este método de análisis, se encuentran aquellas relacionadas con la sensibilidad, el rango efectivo o dinámico, la participación de un operario y gases inflamables.

## METODOLOGÍA

El presente trabajo se enlista dentro del Grupo de Investigación Didáctica y sus Ciencias, del Departamento de Química, y en específico, de la Maestría en Docencia de la Química de la Universidad Pedagógica Nacional. Lo anterior, dentro de la línea de investigación de Interdisciplinariedad y química en contexto: una perspectiva experimental en la didáctica de la química. Por lo tanto, este trabajo se enfoca dentro de una metodología cualitativa, cuyo alcance es exploratorio-descriptivo, pues se centra en examinar un tema particular, y desde la información recolectada analizar las características más relevantes de la misma y sus tendencias (Hernández, Fernández y Baptista, 2014).

Según Vasilachis (2006), la metodología cualitativa se entiende como un estudio que toma como principales ámbitos a los sujetos participantes, el contexto en el que se desarrolla, los instrumentos, los materiales, los procesos y las relaciones interpuestas para describir las cualidades de un determinado fenómeno para la resolución de un problema en específico tratando los resultados de manera que se descubran cuantas cualidades sean posibles. Comúnmente, se participa como observador del ambiente, tratando y analizando los medios que mantienen el entorno en el que se desarrolla la situación o problema teniendo en cuenta que allí no se encontrarán lenguajes ni procesos monolíticos.

Además, para la revisión documental Gómez, Carranza y Ramos (2016) mencionan que esta metodología es una herramienta que ayuda en la construcción del conocimiento, además de, ampliar los constructos hipotéticos que constituyen un elemento motivador para la realización de procesos investigativos. Se fundamenta en la indagación de fuentes fidedignas en bases de datos reconocidas que buscan dar paso al estado del arte, la construcción de los antecedentes y el marco conceptual.

En cuanto a cómo se entiende un Proyecto Curricular, se retoman algunos apartados propuestos por el Grupo Interno de Trabajo para el Aseguramiento de la Calidad - GAA de la Universidad Pedagógica Nacional en la Guía para la Elaboración de un Proyecto Educativo del Programa - PEP en el año 2020 de la Universidad Pedagógica Nacional. Este, se entiende como un grupo de decisiones que buscan desarrollar y concretar intencionalmente estrategias didácticas y pedagógicas relacionadas con unos objetivos y contenidos en particular.

En este sentido, se define que la muestra de análisis para esta investigación serán los objetos de enseñanza, materiales de referencia y consulta, libros de texto de análisis químico instrumental, manuales y las publicaciones en revistas especializadas, que implican una transformación en las prácticas de enseñanza, disponibles en las diferentes bases de datos de consulta, páginas propias de las revistas y repositorios de universidades.

En términos de la validación del proyecto curricular, se realizó bajo el juicio de expertos quienes analizaron la pertinencia didáctica, disciplinar y en términos de la coherencia, validez y aplicabilidad bajo los elementos metodológicos del alineamiento constructivo. Además, se llevó a cabo la aplicación de un instrumento de recolección de información a profesores de química en ejercicio para reconocer la articulación de lo ya mencionado. Para el desarrollo de este trabajo de investigación se proponen las siguientes fases metodológicas de la investigación:

- **Fase 1. Estado del Arte:** En esta fase se llevará a cabo un levantamiento teórico que también cobra sentido en la construcción de los antecedentes frente a la espectroscopía de absorción y emisión atómica, las implicaciones de enseñanza a nivel universitario con el fin de entender el panorama del abordaje de la red conceptual y realizar el fundamento teórico que servirá como cimiento para este trabajo de investigación.

Para la revisión documental y elaboración del estado del arte de este trabajo, como primera fase del apartado metodológico, se revisaron las siguientes bases de datos por suscripción o acceso libre, motores de búsqueda y repositorios de información: Web of Science, Scopus, EBSCO, EBSCOhost, ERIC, Dialnet, Redalyc, Latindex, Scielo, ChemWeb, Royal Society of Chemistry, ScienceDirect, American Chemical Society, Google Scholar y repositorios de universidades como el de la Universidad Pedagógica Nacional, Universidad Nacional de Colombia, Universidad de los Andes, Universidad de la Sabana, Universidad Javeriana, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Universidad de América y Universidad Militar de Colombia. Para la búsqueda de los documentos, se tuvieron en cuenta los siguientes parámetros:

- ✓ Como palabra clave absorción y emisión atómica y, su equivalente en inglés, atomic absorption and emission,
- ✓ Búsqueda de todos los tipos de documentos disponibles (artículos, tesis, trabajos de grado, informes, manuales de equipos instrumentales, entre otros),

- ✓ Filtro de Idioma por francés, español e inglés, y portugués,
  - ✓ En cuanto al periodo de búsqueda, no se tuvo en cuenta para así tener un mayor alcance en la búsqueda,
  - ✓ Se descartaron los documentos relacionados con reportes de cuantificación de analitos sin alguna intervención con algún grupo de estudiantes, de acuerdo con los criterios de clasificación definidos para dar cuenta de los procesos de formalización, reporte, implicaciones didácticas o aplicación de los entramados conceptuales asociados a la técnica. A no ser que sugirieran alguna adaptación a la técnica que contribuya al análisis de los cambios tecnológicos sustanciales.
- **Fase 2. Levantamiento de documentos que referencian las implicaciones en la enseñanza de EAEA:** Culminada la primera fase de esta investigación, se seleccionaron todos los posibles documentos para analizar los principales desafíos en la enseñanza de la EAEA, con el fin de compilarlos y proyectarlos hacia el proyecto curricular, que es el producto principal de esta investigación.

Luego de hacer el levantamiento de toda la información se sistematizó en una matriz que describe la información por título, autores, año de publicación, resumen, aporte al estado del arte y criterio de clasificación, este último parámetro surge de la revisión por parte de los autores al aporte al estado del arte que esos documentos evidenciaban. Se plantearon 4 criterios de clasificación: Formalización, Reporte, Implicaciones Didácticas y Aplicación, que se ampliarán y se determinará su orden y la presentación de los documentos en el apartado de resultados y su respectivo análisis.

- **Fase 3. Proyecto curricular para la enseñanza de la espectroscopía de absorción y emisión atómica:** Con la información recolectada en las fases anteriores, se diseñó un proyecto curricular centrado en el alineamiento constructivo, y, por consiguiente, en el Modelo 3P, la Taxonomía SOLO que permita evidenciar el desarrollo en los niveles de comprensión de la EAEA en el nivel universitario a través de las actividades y herramientas que soportan el proyecto. Es necesario destacar que el enfoque antes descrito apunta a establecer unos objetivos de trabajo desde el comienzo (aporte estructural), a que las actividades estén desarrolladas bajo dichos objetivos (aporte procedimental) y que el aprendizaje esté centrado en las temáticas desarrolladas en el proyecto educativo con el fin de ser categorizado desde diferentes niveles y enfoques de comprensión (aporte evaluativo).

- **Fase 4. Validación del proyecto curricular para la enseñanza de la EAEA:** Resultado de las fases anteriores, se validará el proyecto curricular a juicio de expertos para evaluar la pertinencia didáctica, disciplinar en términos de los elementos metodológicos del alineamiento constructivo, que estén plasmados allí siguiendo los objetivos propios de esta investigación con el fin de establecer su validez y aplicabilidad. Además, se realizó la elección intencional de profesores de química en ejercicio con el objetivo de aplicar un instrumento de recolección de información para de reconocer la articulación de lo ya mencionado.

Los perfiles de cada uno de los evaluadores además de sus años de experiencia se presentan a continuación, cada uno de ellos se denominó como E1, E2, E3, E4 y E5 respectivamente, y así, proteger sus identidades. Se destaca que la elección de los participantes fue intencionada, teniendo en cuenta su formación académica y su área de desempeño con el fin de recolectar los argumentos y observaciones frente a la pertinencia didáctica y metodológica del proyecto.

**Tabla 2.** Perfil profesional de los evaluadores expertos Elaboración propia.

<b>Evaluador</b>	<b>Título de Pregrado</b>	<b>Título de Posgrado</b>	<b>Años de Experiencia</b>	<b>Institución donde labora</b>
E1	Licenciada en Química	Magister en Docencia de la Química	4 como docente y 4 como laboratorista	Colegio Gimnasio Femenino
E2	Licenciada en Química	Magister en Docencia de la Química Doctora en Ciencias Químicas	13 años como docente	Universidad del Tolima
E3	Licenciado en Química	Magister en Docencia de la Química	11 años como docente	Servicio Nacional de Aprendizaje - SENA
E4	Ingeniero Ambiental	Especialista en Educación y Gestión Ambiental	4 años como docente	Fundación Universitaria Monserrate
E5	Licenciado en Química	Especialista en Análisis Químico Instrumental	20 años como docente	Universidad de Cuauhtémoc

<b>Evaluador</b>	<b>Título de Pregrado</b>	<b>Título de Posgrado</b>	<b>Años de Experiencia</b>	<b>Institución donde labora</b>
		Magíster en Didáctica de las Ciencias  Doctor en Educación Básica y Media		Institución Educativa Paz y Esperanza

Al grupo de evaluadores se les envió el proyecto curricular culminado con toda la información pertinente y desarrollada, junto con la rúbrica de validación (ver Anexo 2), y, también, se les ofreció un espacio de socialización y aclaración, que todos tuvieron en cuenta para el diligenciamiento de la rúbrica.

Dicha rúbrica contiene los espacios requeridos para la valoración del nivel de cumplimiento y observaciones por cada una de las cuatro categorías, y a su vez cuatro indicadores que dan cuenta del Nivel de Aprendizaje, Resultado de Aprendizaje, Nivel de Comprensión y el Contenido de los diferentes apartados del proyecto.

## RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

En este apartado se presentan los resultados a la luz de las fases metodológicas definidas para esta tesis de grado y su respectivo análisis. Estarán divididos en tres fracciones que atenderán al estado del arte y la categorización de los documentos, la descripción general de los fundamentos que se tuvieron en cuenta para el desarrollo del proyecto curricular sobre la EAEA y, por último, la validación de este por parte de expertos a la luz de los elementos teóricos y metodológicos del Alineamiento Constructivo, el Modelo 3P y la Taxonomía SOLO.

### **Estado Del Arte**

Teniendo en cuenta todos los parámetros definidos en la metodología para la conformación y levantamiento de documentos para conformar la base teórica y conceptual del proyecto. Posteriormente, se hizo una revisión a profundidad de los 45 documentos en aras de encontrar los aportes pertinentes para la construcción del estado del arte. Se plantearon 4 criterios de clasificación que van a determinar el orden y la presentación de los documentos en este apartado: Formalización, Reporte, Implicaciones Didácticas y Aplicación.

### ***Formalización***

En este criterio, se agrupan documentos que se centran en la comprensión de los objetos de conocimiento-enseñanza, de los fundamentos conceptuales, de los métodos de producción y de las innovaciones e investigaciones actualizadas de la técnica de Espectroscopía de emisión y absorción atómica. Por formalización, se comparte la idea de Malagón, Sandoval y Ayala (2013) quienes señalan la formalización “como la construcción de palabras, signos, dibujos, procedimientos, proposiciones, entre otras, que permiten empezar a hablar de un fenómeno”. Se considera, que cuando se analizan cualidades propias de un fenómeno y se comprenden, estas permiten entablar una relación de formalización y organización.

En la categoría, se encuentran 14 artículos, que se pueden revisar en la Tabla 3, disponibles en diferentes revistas, en donde predomina el idioma inglés, caracterizados por señalar y hacer revisiones de avances en la teoría, técnica e instrumentación frente a la espectroscopía de absorción y emisión atómica.

**Tabla 3.** Documentos tipificados en la categoría de Formalización. Elaboración propia.

Título del documento	Autores/Año	Tipo de Documento	Aporte al Estado del Arte
Atomic Absorption Spectroscopy	Robinson, J. 1960	Artículo de la Journal of Chemical Education	En este documento se presenta un reporte de analistas químicos sobre la espectroscopía de absorción atómica además de su opinión frente a la técnica como método de análisis químico.
Instrumentation for atomic absorption— Part one	Kahn, H. 1966	Artículo de la Journal of Chemical Education	El documento examina las ventajas, posibilidades analíticas, interferencias, sensibilidades y sistemas instrumentales de absorción – emisión.
Instrumentation for atomic absorption— Part two	Kahn, H. 1966	Artículo de la Journal of Chemical Education	Considera fuentes de absorción atómica, cátodos huecos de un solo elemento, fabricantes y vida útil de la lámpara, lámparas de descarga de vapor, lámparas de elementos múltiples, lámparas de alto brillo, monocromadores y detectores, y operación de emisión de llama.
Flame Emission, Atomic Absorption, and Atomic Fluorescence Spectrometry	Hieftje, G., Copeland, T. and De Olivares, D. 1976	Artículo de la Analytical Chemistry	Revisión de avances en la teoría, técnica e instrumentación pertinentes en los campos de la espectroscopía de emisión, absorción y fluorescencia atómica. Adicionalmente, las técnicas espectroscópicas se discuten extensamente y se evalúan críticamente los documentos que hacen parte de una revisión documental entre los años 1975 a 1977. De este modo, la revisión del documento nos permite aproximarnos a las implicaciones en los avances de las técnicas espectroscópicas.

<b>Título del documento</b>	<b>Autores/Año</b>	<b>Tipo de Documento</b>	<b>Aporte al Estado del Arte</b>
A history of atomic absorption spectroscopy	Koertyohann, S. 1980	Spectrochimica Acta	En este documento se revisan los hechos históricos que llevaron a la consolidación de la absorción – emisión como técnica analítica, y es importante su revisión y la postura del autor para ampliar el panorama de la técnica.
Atomic Absorption Spectroscopy: The Present and Future	Slavin, W. 1982	Atomic Absorption Spectroscopy: The Present and Future	Este texto resulta de gran utilidad frente a la discusión que compete a las técnicas y métodos asociados a la espectroscopía de absorción - emisión y las oportunidades tecnológicas de desarrollo que pueden ser utilizadas en su beneficio.
Atomic absorption, atomic fluorescence, and flame emission spectrometry.	Holcombe, J. and Rettberg, T. 1986	Artículo de la Analytical Chemistry	Revisión de avances en la teoría, técnica e instrumentación pertinentes en los campos de la espectroscopía de emisión, absorción y fluorescencia atómica. Adicionalmente, las técnicas espectroscópicas se discuten extensamente y se evalúan críticamente los documentos que hacen parte de una revisión documental entre los años 1985 a 1987. De este modo, la revisión del documento nos permite aproximarnos a las implicaciones en los avances de las técnicas espectroscópicas.
A History of Atomic Absorption	Koertyohann, S. 1991	Artículo de la Analytical Chemistry	En este documento se revisan los hechos históricos que llevaron a la consolidación de la absorción - emisión atómica como técnica analítica, y es importante su revisión y la postura del autor para reconocer la construcción de la técnica.

<b>Título del documento</b>	<b>Autores/Año</b>	<b>Tipo de Documento</b>	<b>Aporte al Estado del Arte</b>
Atomic Emission Spectroscopy —It Lasts and Lasts and Lasts	Hieftje, G. 2000	Artículo de la Journal of Chemical Education	El artículo orienta sobre los principios físicos y químicos en los que se basan los procedimientos espectrofotométricos asociados a la espectroscopía atómica. Además, de describir siete etapas para la construcción de un método analítico y señalar las contribuciones de la espectroscopía a la ciencia y tecnología.
Atomic Absorption Spectroscopy: A Tutorial Review*, Applied spectroscopy reviews.	Lagalante, A. 2004	Artículo de la Revista Taylor and Francis Group	El documento realiza aportes a al trabajo, que se encaminan con las implicaciones tecnológicas asociadas a la técnica frente a aspectos como la atomización, fuentes de excitación, correcciones de fondo e interferencias y aspectos que pueden estimular nuevos avances en la sensibilidad de la técnica.
A Timeline of Atomic Spectroscopy	Thomsen, V. 2006	Artículo de la Journal of Spectroscopy	El artículo presenta una reconstrucción histórica asociada a la técnica y a elementos que reafirman la importancia de la espectroscopía hoy en día.
Flame Furnace Atomic Absorption Spectrometry: A Review	Peng, W., Shaopan, H. Bin, L. and Xiandeng H. 2009	Artículo de la revista Taylor and Francis Group	El artículo presenta elementos relevantes, que están asociados a las variantes de espectroscopía de absorción atómica, a la sensibilidad de la técnica y a las características analíticas en términos de funcionamiento. Por ende, estos elementos deben ser involucrados en la construcción del estado del arte del presente trabajo.
La espectroscopía	González, M. y Montaña, L.	Artículo de la Latin-	El artículo presenta una reconstrucción histórica asociada a la técnica y a

<b>Título del documento</b>	<b>Autores/Año</b>	<b>Tipo de Documento</b>	<b>Aporte al Estado del Arte</b>
y su tecnología: Un repaso histórico y su importancia para el siglo XXI	2015	American Journal of Physics Education	elementos que reafirman la importancia de la espectroscopía hoy en día.
Recent highlights in graphite furnace atomic absorption spectrometry	Butcher, D. 2017	Artículo de la revista Taylor and Francis Group	El artículo amplía la información sobre la espectroscopía de absorción atómica con horno de grafito y señala su aplicación con sólidos y lodos. Además de hacer referencia a los métodos que se emplean para la atomización. El artículo nos suministra información importante en la comprensión de la técnica.

Esta categoría, reviste de una gran importancia, ya que es la que más información contiene frente a los elementos a incorporar en el proyecto curricular para apropiarse de la trayectoria histórica, los fundamentos epistemológicos y el componente de saber específico de la Espectroscopía de emisión y absorción atómica. Los documentos agrupados en esta categoría permiten identificar aspectos cualitativos y cuantitativos de la espectroscopía de absorción y emisión atómica, junto a ello, también se visualiza un panorama que muestra contenidos teóricos y prácticos que deben ser abordados con antelación a la espectroscopía atómica.

El análisis de esta categoría brinda un aporte al trabajo, en el sentido que permite elucidar algunos objetos de enseñanza que van más allá de los contenidos y que pueden tener implicaciones en los fenómenos asociados a la espectroscopía de absorción y emisión atómica. Algunos de estos objetos de enseñanza, se orientan hacia la historia y epistemología del fenómeno, así como a su constante revisión y adaptación. También, cabe destacar que en análisis de la categoría se evidencian como prioritarios algunos de los siguientes contenidos; los espectros de absorción y emisión, las transiciones energéticas de los átomos, el papel que juega cada componente de un instrumento de espectroscopía atómica, los principios físicos y

químicos en los que se basan los procedimientos espectrofotométricos, el origen de una señal analítica y aspectos relacionados con la construcción de un método analítico.

### ***Reporte o sistematización de memorias científicas***

Dentro de este criterio, se reúnen documentos que describen aspectos asociados a la operación y manejo de equipo de la espectroscopía de absorción y emisión atómica, al diseño experimental de un método analítico y elementos asociados a la validación de la técnica referenciada que tienen por objetivo destacar características propias de la espectroscopía atómica, como lo son las matrices para un analito de interés. Además de informar o comunicar experiencias con la técnica, desde una perspectiva científica al plantear un razonamiento que muestra conocimiento del tema, a la luz de diferentes actividades, reuniones, consensos, diálogos, encuentros o divulgación del conocimiento por parte de la comunidad científica involucrada. La categoría contiene 4 artículos, todos en idioma inglés y de diferentes revistas. Los artículos, consignan información relevante para comprender las limitaciones, los aspectos computacionales y técnicos que pueden encontrarse en los diferentes tipos de espectroscopía atómica, tal como se presenta en la Tabla 4:

**Tabla 4.** Documentos tipificados en la categoría de Reporte o sistematización de memorias científicas. Elaboración propia.

<b>Título del documento</b>	<b>Autores/Año</b>	<b>Tipo de Documento</b>	<b>Aporte al Estado del Arte</b>
Teaching atomic spectroscopy . The instrument manufacturer s' viewpoint	Price, W. 1975	Artículo de la Royal Society of Chemistry	La contribución del artículo gira entorno, a la información que debe suministrar un fabricante de instrumentos relacionados con la espectroscopía de absorción – emisión, en aras de facilitar el manejo de un equipo y la comprensión de la técnica.

<b>Título del documento</b>	<b>Autores/Año</b>	<b>Tipo de Documento</b>	<b>Aporte al Estado del Arte</b>
Sample introduction: the achilles' heel of atomic spectroscopy ?	Browner, R. and Boorn, A. 1984	Artículo de la Analytical Chemistry	El documento contribuye al trabajo, tras describir las limitaciones que se pueden presentar en la preparación y disposición de muestras para ser analizadas por espectroscopía de absorción – emisión. Además, indica posibles limitaciones que se pueden encontrar en otros tipos de espectroscopía.
Training Requirements for Atomic Spectroscopy	Tyson, J. 1985	Artículo de la Analytical Proceedings	En el texto se señalan sugerencias, para que los fabricantes de equipos y de instrumentos relacionados de con la espectroscopía, emitan cursos cortos de preparación. De esta manera, el documento brinda orientación sobre elementos que se podrían tratar en un curso corto sobre EA.
Instruction manual, Shimadzu Atomic Absorption Spectrophotometer. AA – 7000 Series	Shimadzu 2009 - 2013	Manual de Instrucciones	El manual describe el modo de operación, funcionamiento, cuidados, precauciones y accesorios que se presentan en un espectrofotómetro de absorción atómica. también, detalla, las partes sensibles del instrumento además de la validación de resultados desde aspectos computacionales.

Los aportes que realiza esta categoría al trabajo sugieren que aún pueden existir avances frente a los métodos analíticos de espectroscopía atómica, estos, pueden estar relacionados con la sensibilidad de la técnica, las interferencias y en general, con la matriz donde se pretende analizar un analito de interés. También, dentro de la categoría, se consignan datos relevantes para la operación y adecuado funcionamiento de un instrumento para realizar un acertado análisis espectrofotométrico.

## Aplicación

En esta categoría se reúnen 8 documentos que se relacionan en la Tabla 5. En este apartado, se busca la relación entre los cambios tecnológicos y las adaptaciones de la técnica que se han implementado o que han surgido de un ejercicio de aplicación con algún grupo de estudiantes de profesionales que estudian ciencia, este análisis se entiende como la sistematización de experiencias docentes frente a la técnica de absorción atómica que se retomarán para consolidar el proyecto curricular.

**Tabla 5.** Documentos tipificados en la categoría de Aplicaciones. Elaboración propia.

Título del Documento	Autores /Año	Tipo de Documento	Aporte al Estado del Arte
Direct Studies of Atomic Reactions in the Undergraduate Laboratory: Time resolved atomic absorption spectroscopy	Stock, M., Little, D. y Donovan, R.  1974	Artículo de la Journal of Chemical Education	Ejercicio de aplicación que se centra en la revisión de la recombinación de yodo en una reacción de formación en vez de la degradación de este. El aporte está centrado al manejo del laboratorio para la enseñanza de la técnica.
Advances in Electrothermal Atomization Atomic Absorption Spectrometry: Instrumentation, Methods, and Applications	Butcher, D.  2006	Artículo de la revista Taylor and Francis Group	En el artículo se discuten, desarrollos en instrumentación, métodos de preparación de muestras y aplicaciones importantes que involucran a la espectroscopía de absorción atómica y que ameritan un seguimiento de las tendencias hacia la aplicabilidad de la técnica.
Determination of Fe Content of Some Food Items by Flame Atomic Absorption Spectroscopy (FAAS): A Guided-Inquiry Learning Experience in Instrumental Analysis Laboratory	Fakayode, S., King, A., Yakubu, M., Mohammed, A. y Pollard, D.  2012	Artículo de la Journal of Chemical Education	Utilizan la investigación guiada para el desarrollo de esta propuesta centrada en la determinación de hierro en muestras de comida, dicha metodología motiva considerablemente a los estudiantes de minorías subrepresentadas, mejora el aprendizaje de los estudiantes y mejora el pensamiento crítico y la capacidad de resolución de problemas de los estudiantes.

<b>Título del Documento</b>	<b>Autores /Año</b>	<b>Tipo de Documento</b>	<b>Aporte al Estado del Arte</b>
Determination of Mercury in Fish: A Low-Cost Implementation of Cold-Vapor Atomic Absorbance for the Undergraduate Environmental Chemistry Laboratory	Niece, B. y Hauri, J.  2013	Artículo de la Journal of Chemical Education	Los autores proponen una adaptación al método sobre la técnica de absorción atómica para que los estudiantes puedan determinar niveles de mercurio en pescado.
Simplification of Metal Ion Analysis in Fresh Water Samples by Atomic Absorption Spectroscopy for Laboratory Students	Sharma, B and Tyagi, S.  2013	Artículo de la Journal of Laboratory Chemical Education	Demuestra porqué la espectroscopía de absorción atómica se ha convertido en un método usado por estudiantes e investigadores en química analítica, para explorar, detectar y cuantificar iones debido a su aplicabilidad y uso en diversas matrices.
Discovering New Biosorbents with Atomic Absorption Spectroscopy: An Undergraduate Laboratory Experiment	Garrison, N., Cunningham, M., Varys, D. y Schauer, J.  2014	Artículo de la Journal of Chemical Education	Los autores presentan una forma de vincular la absorción atómica y la biorremediación, es decir, el desarrollo de conceptos químicos a través de discusiones contextuales de problemas ambientales.
Assessing the Engagement, Learning, and Overall Experience of Students Operating an Atomic Absorption Spectrophotometer with Remote Access Technology	Erasmus, D., Brewer, S. y Cinel, B.  2014	Artículo de la Biochemistry and Molecular Biology Education	Plantean la vinculación de una práctica de laboratorio centrada en la absorción atómica que tuvo lugar de forma sincrónica vía internet, y así, evaluar su efectividad en términos del desarrollo de conceptos químicos por parte de los estudiantes.
Integrating Bio-inorganic and Analytical Chemistry into an Undergraduate Biochemistry Laboratory	Erasmus, D., Brewer, S. y Cinel, B.  2015	Artículo de la Biochemistry and Molecular Biology Education	Partir del diseño de una práctica de laboratorio que relaciona la química bioinorgánica y el análisis químico para motivar a los estudiantes a la aprehensión de conceptos químicos.

En general, se podría evidenciar diferentes adaptaciones a la técnica que permite que los involucrados fortalezcan el pensamiento crítico, científico y el desarrollo de conceptos químicos asociados a la técnica vinculando las temáticas con problemas de aspectos socio científicos, ambientales y de algunas ramas asociadas a la química. Todo lo anterior para argumentar que la absorción atómica se ha convertido en el método más usado por estudiantes e investigadores en química analítica, para explorar, detectar y cuantificar iones debido a su aplicabilidad y uso en diversas matrices. Al final, todas estas experiencias son un precedente importante a tener en cuenta para el desarrollo y planteamiento de las actividades del proyecto curricular objetivo de este trabajo.

### ***Implicaciones Didácticas***

En esta categoría se clasificaron 19 documentos que se relacionan en la Tabla 6. Esta categoría surge de la preocupación de identificar y analizar esos actores presentes al momento de realizar una intervención educativa. El rol docente, las estrategias didácticas, los conceptos estructurantes son algunas de lo que denominaremos implicaciones didácticas y esta selección de artículos darán cuenta de las relaciones profesor – estudiante y estudiante - objeto de enseñanza y de aprendizaje para estructurar y representar contenidos académicos desde una perspectiva pedagógica y didáctica, desarrollar estrategias en contexto, incorporar las mediaciones de las tecnologías de información y comunicación (TIC) y por supuesto dar la coherencia interna entre los niveles de aprendizaje, las estrategias de enseñanza y los criterios de evaluación, que aportaran a la construcción del proyecto curricular.

Es necesario destacar autores como, Matthews (1994), Quintanilla, Izquierdo y Adúriz-Bravo (2005) que plantean que la adquisición del lenguaje propio de la actividad científica es fundamental para los estudiantes pues promueve actitudes científicas. Lo anterior, puede lograrse desde la enseñanza de la química vinculando la Historia y Epistemología, aspecto que se retomará en los documentos encontrados para este apartado.

**Tabla 6.** Documentos tipificados en la categoría de Implicaciones Didácticas. Elaboración propia.

<b>Título del Documento</b>	<b>Autores/ Año</b>	<b>Tipo de Documento</b>	<b>Implicación Didáctica</b>	<b>Aporte al Estado del Arte</b>
Spectroscopic techniques in the chemistry laboratory: A science enrichment course for high school teachers	Emert, J. and Zeldin, M. 1980	Artículo de la Journal of Chemical Education	Conceptos estructurantes	El documento tiene un aporte al realizar sugerencias de las temáticas que se pueden abordar en la enseñanza de la espectroscopía y de los tópicos en los que se pueden capacitar profesores para su enseñanza.
Use of Wikis in Chemistry Instruction for Problem-Based Learning Assignments: An Example in Instrumental Analysis	Wells, M. y Clougherty, R. y 2008	Artículo de la Journal of Chemical Education	Estrategias didácticas	Este artículo posee un potencial interesante en términos de la vinculación del aprendizaje basado en problemas mediado por el uso de tecnologías de la información para la enseñanza de conceptos químicos asociados al análisis instrumental.
La espectroscopía y su desarrollo como una herramienta didáctica para comprender la estructura de la materia	Peña, J. 2012	Tesis de maestría, U. Nacional de Colombia, sede Bogota.	Estrategias didácticas	Al ser una propuesta didáctica para la enseñanza de la espectroscopía presenta un aporte interesante de forma metodológica y conceptual frente a que los estudiantes comprendan la técnica, además de impulsar la curiosidad y el trabajo experimental, que tenía como elemento motivador las líneas espectrales para cambiar las dinámicas del trabajo en el aula.
New educational perspectives on spectroscopy in the Romanian high school	Garabet, M., Miron, C., Neacsu, I. and Popescu, F. 2012	Artículo de la Romanian Reports in Physics	Rol docente y estrategias didácticas	El artículo señala que los experimentos virtuales en espectroscopía, de manera individual o en pequeños grupos son una fuente motivante para ilustrar fenómenos naturales y generar interés por aprender ciencias, tanto de contenidos como habilidades de laboratorio
Enseñanza-aprendizaje bajo un enfoque constructivista de los fundamentos de la espectroscopía: estudio de caso para el curso de laboratorio de química analítica e instrumental dirigido a estudiantes de	Ortiz, A. 2013	Tesis de maestría, U. Nacional de Colombia, sede Medellín.	Rol docente, estrategias didácticas y conceptos estructurantes.	La propuesta está centrada en módulos de enseñanza – aprendizaje, en el uso de ejercicios, mapas conceptuales, prácticas experimentales, entre otros, que mejoran la reflexión, interiorización, aplicación y asimilación de nuevos conocimientos, que particularmente son los involucrados en los fundamentos de la espectroscopía, y que puede ser un aporte interesante

<b>Título del Documento</b>	<b>Autores/ Año</b>	<b>Tipo de Documento</b>	<b>Implicación Didáctica</b>	<b>Aporte al Estado del Arte</b>
ingeniería de materiales de la Universidad de Antioquia				frente al desarrollo de las actividades del proyecto.
Active learning materials for molecular and atomic spectroscopy	Wenzel, T. 2014	Artículo de la Analytical and Bioanalytical Chemistry	Conceptos estructurantes y estrategias didácticas	En el texto se plantean, un conjunto de materiales de aprendizaje activo que buscan cubrir conceptos de la espectroscopía atómica y molecular incorporados en cursos de química analítica para estudiantes de pregrado, aportando elementos conceptuales este trabajo.
Teaching Beer's Law and Absorption Spectrophotometry with a Smart Phone: A substantially simplified protocol	Kuntzleman, T. and Jacobson, E. 2016	Artículo de la Journal of Chemical Education	Conceptos estructurantes y estrategias didácticas	Los materiales usados para la estrategia permiten una configuración simple del proceso, una recopilación de datos rápida y un análisis de estos. El experimento, también tiene el potencial de brindar una experiencia sólida a distancia, como entorno de aprendizaje, que ha demostrado ser algo desafiante para los cursos de química. Aspectos importantes para retomar para el desarrollo del trabajo.
Research as a guide for curriculum development: An example from introductory spectroscopy. I. Identifying student difficulties with atomic emission spectra	Ivanjek, L., Shaffer, P., McDermott, L., Planinic, M. and Veza, D. 2015	Artículo de la American Journal of Physics	Conceptos estructurantes	En el artículo se exponen afirmaciones sobre la comprensión incorrecta o incompleta, por parte de estudiantes universitarios, de cómo los niveles de energía y las transiciones de electrones se relacionan con los espectros de emisión y absorción. Así, el documento es relevante para nuestro trabajo, al preocuparse por reconocer la relación entre los espectros, la materia y la luz.
Research as a guide for curriculum development: An example from introductory spectroscopy. II. Addressing student	Ivanjek, L., Shaffer, P., McDermott, L., Planinic,	Artículo de la American Journal of Physics	Conceptos estructurantes	La segunda parte de la investigación ilustra sobre el alcance de las dificultades que se presentan al tratar de comprender los espectros de emisión y absorción, y como realizar una remediación básica frente a ello. El aporte del artículo se centra en las

<b>Título del Documento</b>	<b>Autores/ Año</b>	<b>Tipo de Documento</b>	<b>Implicación Didáctica</b>	<b>Aporte al Estado del Arte</b>
difficulties with atomic emission spectra	M. and Veza, D.  2015			orientaciones y recomendaciones que se realizan para facilitar la interpretación de la relación entre los espectros y las transiciones de electrones entre niveles de energía de un átomo.
Identifying student and teacher difficulties in interpreting atomic spectra using a quantum model of emission and absorption of radiation	Savall, F., Doménech, J., Guisasaola, J. y Martínez, J.  2016	Artículo de la American Physical Society	Conceptos estructurantes y rol docente	Los autores diseñan cuestionarios con el fin de identificar las dificultades que encuentran los estudiantes de secundaria, profesores y estudiantes universitarios al tratar de explicar los espectros atómicos, de esta manera, es un referente importante para tener en cuenta para cualquier intervención sobre estos fenómenos.
New Approaches in Teaching Spectroscopy Technique and Application Classes: History, Experiments and Frontier Lectures	Yang, Q., Zhuge, M. and Yuan B.  2017	Artículo de la revista SPIE	Estrategias didácticas y conceptos estructurantes	Se mencionan un esbozo de los nuevos enfoques en la enseñanza de la técnica de la espectroscopía y sus aplicaciones, introduciendo historia, experimentos y lecturas de frontera simultáneamente. Especialmente, los experimentos bien diseñados y juegos como el del diodo laser basado en la Espectroscopía de Absorción Saturada libre de Doppler. Información importante a tener en cuenta para el estado del arte.
Introducing spectrophotometry in the school lab employing LEGO bricks and leds	Eleni, M., Nastou, A., Panigyra ki, C. and Makedonas, C.  2019	Artículo de la Chemistry Teacher International	Estrategias didácticas	Es importante para el estado del arte pues que en el texto se describe la construcción de un espectrofotómetro de bajo costo, que necesito LED, ladrillos LEGO, baterías y un voltímetro. Además, se prueba que el espectrofotómetro elaborado puede utilizarse para diseñar y realizar experimentos de laboratorio sencillos, proporcionando dos posibles escenarios educativos.
Research-Based Proposals on Optical Spectroscopy and Secondary Students' Learning Outcomes	Buongiorno, D. and Michelini, M.	Artículo de la Journal of Physics	Estrategias didácticas y conceptos estructurantes	Al interior del documento, se encuentran descritas actividades, que facilitaron la elaboración de modelos que dan cuenta de la estructura energética de la materia y de espectros discretos a un nivel

<b>Título del Documento</b>	<b>Autores/ Año</b>	<b>Tipo de Documento</b>	<b>Implicación Didáctica</b>	<b>Aporte al Estado del Arte</b>
	2019			interpretativo. Importantes a la hora de realizar cualquier acercamiento a la técnica.
The application of problem based learning assisted by blended learning in atomic spectroscopy material on cognitive learning outcomes and students' self system based on Marzano taxonomy	Octaviani, S., Wonorahardjo, S. and Retno, H. 2019	Artículo de la European Journal of Open Education and E-learning Studies	Estrategias didácticas y rol docente	En este documento se evidencia información frente a la aplicación de un modelo de aprendizaje basado en problemas y que recurre a dos entornos virtuales, proporciona habilidades de autorregulación en aspectos de metacognición para temáticas relacionadas con la espectroscopía atómica, material de importancia para este trabajo.
Problem-based structure for a teaching-learning sequence to overcome students' difficulties when learning about atomic spectra	Savall, F., Guisasaola, J., Rosa, S. y Martínez, J. 2019	Artículo de la American Physical Society	Rol docente, conceptos estructurantes y estrategias didácticas.	Al presentar una secuencia didáctica para la enseñanza de los fenómenos de absorción y emisión otorga herramientas metodológicas para analizar el impacto de estos conceptos en el aprendizaje de los espectros atómicos. Además, describe minuciosamente aspectos que el profesor debe tener en cuenta al momento de la intervención didáctica.
¡Hágase la luz! Óptica, espectroscopía y educación secundaria	López, I. 2020	Tesis de maestría, U. pública de Navarra, Pamplona. España	Estrategias didácticas y conceptos estructurantes	Las reflexiones y recomendaciones que se colocan en el documento nos aportan en la construcción de los conceptos relevantes para entender la espectroscopía y las actividades que se pueden realizar para facilitar la comprensión de estos. También, nos prepara para afrontar algunas deficiencias que se pueden encontrar.
Clase invertida de espectroscopía: una experiencia en el marco de un Programa de Excelencia para Bachillerato	Martínez, J., Gómez, B. y Rosales, N. 2020	Artículo de la Revista Educación	Estrategias didácticas y rol docente	Este trabajo logra vincular la metodología de aula invertida para la enseñanza de la espectroscopía en la escuela, tuvo una gran acogida y hubo una aprehensión de conceptos químicos importante.

<b>Título del Documento</b>	<b>Autores/ Año</b>	<b>Tipo de Documento</b>	<b>Implicación Didáctica</b>	<b>Aporte al Estado del Arte</b>
Incorporating a Student-Centered Approach with Collaborative Learning into Methods in Quantitative Element Analysis	Schwarz, G., Picotti, V., Bleiner, D. y Gundlach, A.  2020	Artículo de la Journal of Chemical Education	Estrategias didácticas	Este documento plantea un método de enseñanza para un método de análisis cuantitativo centrado en el aprendizaje colaborativo, que cobra validez en términos de la discusión de las implicaciones didácticas para la enseñanza de ese método.
Review of Student-Built Spectroscopy Instrumentation Projects	Kovarik, M., Clapis, J. and Romano - Pringle, A.  2020	Artículo de la Journal of Chemical Education	Rol docente y estrategias didácticas.	El documento expone una alternativa para que estudiantes se acerquen a los procesos químicos y físicos que dan origen a una señal analítica. Además, recursos para que los profesores diseñen proyectos en los que los estudiantes construyan espectrofotómetros y mejoren la comprensión de la técnica.

Como se había mencionado anteriormente, en esta categoría se analizan una gran variedad de factores cuyo objetivo es facilitar la comprensión de todos los conceptos asociados a la técnica de absorción atómica, de modo que esta constituye una fuente de información relevante para analizar los aspectos básicos que se deben tener en cuenta para el desarrollo del proyecto curricular objetivo de esta investigación, como lo pueden ser los conceptos estructurantes, metodología a usar por parte del profesor, actividades y herramientas didácticas.

De esta manera, es importante destacar que el estado del arte hasta aquí construido da cuenta de elementos clave para las intenciones de este trabajo. En primer lugar, presenta argumentos frente a la espectroscopía de absorción como técnica consolidada y constructos propios de su historia, y, también del estado actual de la técnica en centros de formación de profesionales en ciencias.

Por otro lado, permite elucidar algunos objetos de enseñanza que van más allá de los contenidos y que pueden tener implicaciones en los fenómenos asociados a la espectroscopía atómica, cabe destacar elementos como los espectros de absorción y emisión, las transiciones energéticas de los átomos, el papel que juega cada componente de un instrumento de espectroscopía atómica, los principios físicos y químicos en los que se basan los procedimientos espectrofotométricos, el origen de una señal analítica, la radiación electromagnética, proceso de atomización de la

muestra, componentes del instrumento óptico de medición, metodología de análisis, atributos de la técnica, aplicaciones analíticas y aspectos relacionados con la construcción de un método analítico.

O incluso esta revisión, podría sugerir que aún hay oportunidades y desafíos frente a los métodos analíticos de espectroscopía atómica que pueden estar relacionados con la sensibilidad de la técnica, las interferencias y en general, con la matriz donde se pretende analizar un analito de interés, así como la capacitación del funcionamiento del instrumento para obtener un mejor desempeño dentro del trabajo en el laboratorio por parte de los profesionales en ciencias.

Lo anterior, permite dar cumplimiento al primer objetivo específico del trabajo, en el cual se propuso identificar los objetos de enseñanza, los cambios tecnológicos y las implicaciones didácticas de la técnica de espectroscopía de absorción y emisión atómica. Además, los autores de este trabajo tendrán en cuenta las relaciones conceptuales establecidas tras la construcción del estado del arte, donde se enmarcan objetos de enseñanza - aprendizaje, cambios tecnológicos e implicaciones didácticas de la técnica de la EAEA, y que se pueden evidenciar en la ilustración 9 para desarrollar un proyecto curricular que se encargue de cubrir gran parte del panorama de la espectroscopía de absorción y emisión atómica facilitando su comprensión y aplicación en el ámbito universitario de formación de profesionales en ciencias bajo la metodología del Alineamiento Constructivo, la Taxonomía SOLO y el Modelo 3P.

**Ilustración 9.** Relaciones conceptuales para el proyecto curricular en la enseñanza de la espectroscopía de absorción y emisión atómica. Elaboración Propia



Es importante destacar, que, para dar una correcta interpretación de la ilustración inmediatamente anterior, se debe tener en cuenta que la revisión del estado del arte arrojó algunos contenidos disciplinares, en los que se enmarcan objetos de enseñanza – aprendizaje, cambios tecnológicos e implicaciones didácticas en la técnica de la EAEA que se categorizaron y que son los que se tuvieron en cuenta en la consolidación del proyecto curricular para la enseñanza de la espectroscopia de absorción y emisión atómica que se puede revisar en la Ilustración 10.

**Ilustración 10.** Mediación de contenidos para el desarrollo del proyecto curricular para la enseñanza de la espectroscopía de absorción y emisión atómica. Elaboración Propia.



Además, en la Ilustración 11, se destaca el enfoque didáctico para tener en cuenta en el desarrollo de dicho proyecto, así, las actividades y ejercicios propuestos estarán enmarcados dentro de sus postulados teóricos y prácticos, que ya se han descrito en este documento.

**Ilustración 11.** Elementos teóricos y metodológicos para el proyecto curricular para la enseñanza de la espectroscopía de absorción y emisión atómica. Elaboración Propia.



### **Proyecto Curricular Para La Enseñanza De La EAEA**

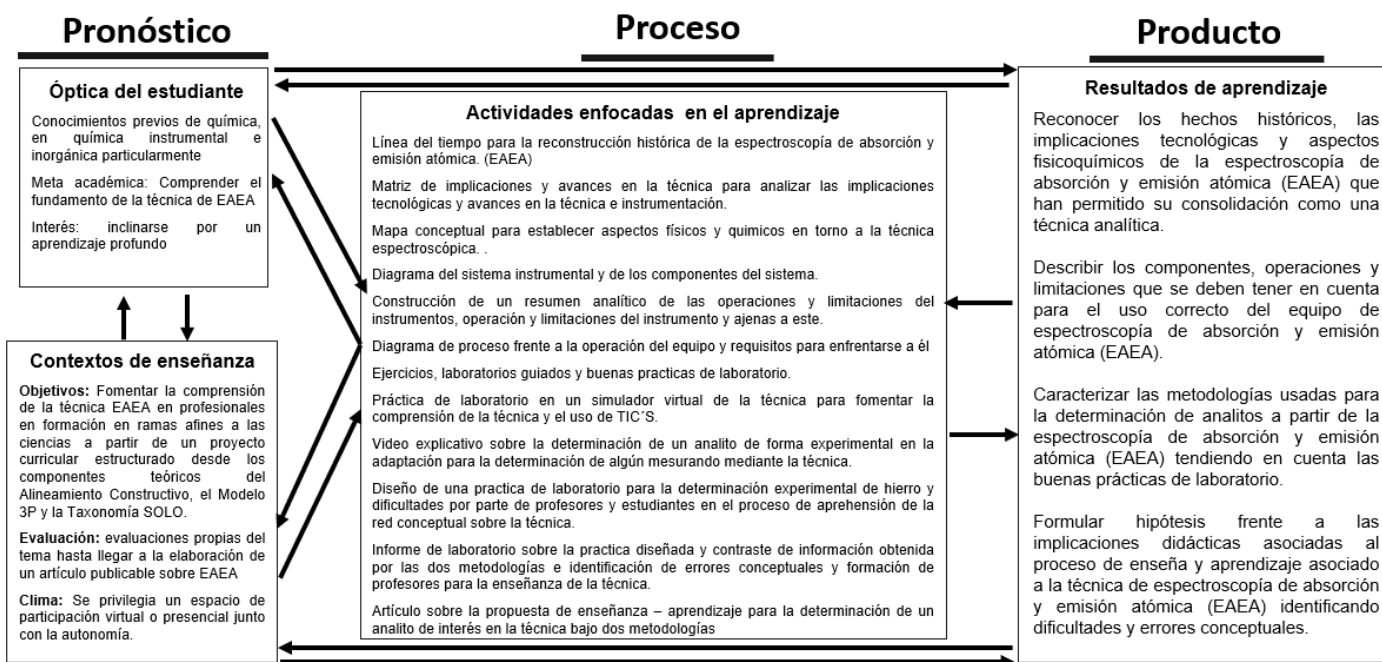
Producto de las relaciones conceptuales y metodológicas descritas en el apartado del estado del arte (ver, Ilustración 9), se establecieron cuatro categorías que recogen los contenidos que permitieron diseñar el Proyecto Curricular para la enseñanza de la Espectroscopía de Absorción y Emisión Atómica desde el Alineamiento Constructivo, por tanto, en las siguientes líneas se describen algunas generalidades que se tuvieron en cuenta en su construcción.

En primer lugar, el objetivo general del proyecto es fomentar la comprensión de la técnica de la EAEA en profesionales en formación en ramas afines a las ciencias a partir de un proyecto curricular estructurado desde los componentes teóricos del Alineamiento Constructivo, el Modelo 3P y la Taxonomía SOLO. Por lo cual, se describen los objetivos específicos como lo son el reconocer las implicaciones conceptuales, metodológicas y los avances tecnológicos de la EAEA en su consolidación como técnica analítica y analizar los fundamentos del entramado conceptual y teórico de la EAEA, mediante actividades de fundamentación, ejercicios y situaciones aplicables propuestas a través del proyecto curricular para fomentar su comprensión.

Así las cosas, la fase del estado del arte y la fase del levantamiento de documentos de esta tesis permitió establecer la base metodológica y conceptual del proyecto curricular para la enseñanza de la EAEA. Los aportes desde el Alineamiento Constructivo, el Modelo 3P y la Taxonomía SOLO están enfocados hacia el aporte, estructural, procedimental y evaluativo, respectivamente. Y las categorías que emergieron de la revisión documental, dan cuenta de los objetos de enseñanza - aprendizaje, los cambios tecnológicos y las implicaciones didácticas de la técnica que permiten hacer la relación entre los entramados conceptuales de la técnica con el mencionado enfoque de enseñanza – aprendizaje. Por lo que en los siguientes párrafos se presentarán algunos esquemas que permiten evidenciar dichas relaciones.

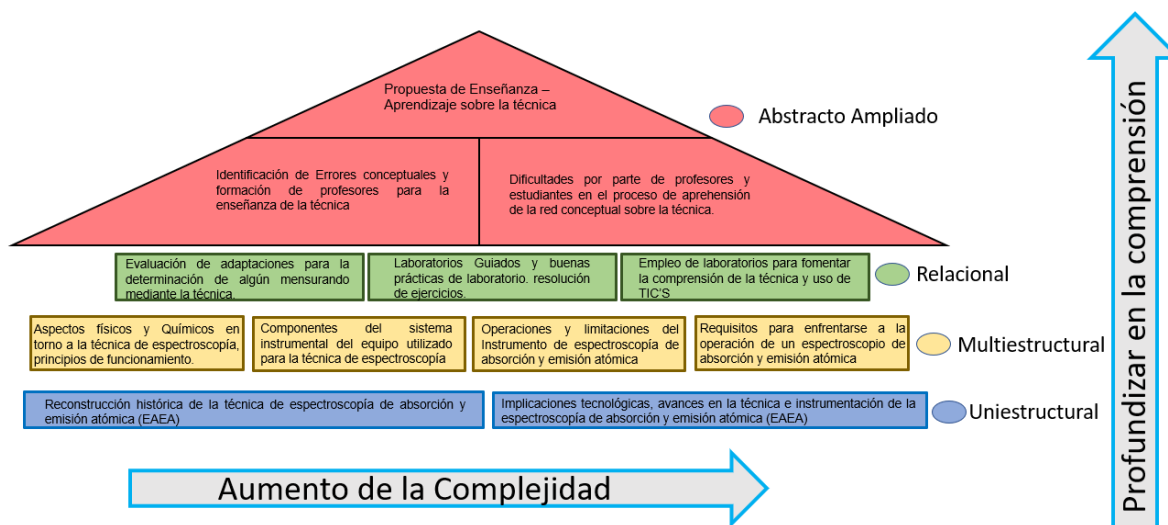
Desde los postulados de Biggs (1996), el Modelo 3P, permite relacionar los factores dependientes del estudiante y del profesor con las actividades centradas en la enseñanza como resultado de aprendizaje. En la variable de pronóstico, se destacan los factores que deben estar presentes al iniciar el proceso de enseñanza-aprendizaje por parte del estudiante y del docente; en la variable proceso, se pueden incluir las actividades y enfoques de enseñanza-aprendizaje donde haya una correlación entre los objetivos propuestos desde un principio por el docente con la evaluación; y, en la variable producto, es el resultado de las anteriores variables y tiene que ver con los logros académicos alcanzados por los estudiantes tras el proceso de enseñanza-aprendizaje, que en el caso particular se articula con la Taxonomía SOLO, tal como se muestra en la Ilustración 12.

**Ilustración 12.** Modelo 3P aplicado a el proyecto curricular para la enseñanza de la EAEA. Elaboración Propia.



Como se mencionaba anteriormente, se sincroniza la Taxonomía SOLO como aporte evaluativo, dentro de la variable de producto del Modelo 3P, para categorizar el aprendizaje producto de las relaciones conceptuales y metodológicas establecidas y que permite entender la estructura del aprendizaje bajo el mecanismo sistemático de incrementar la complejidad y la profundidad de las actividades planteadas a las que se enfrenta un estudiante, como se muestra en la Ilustración 13.

**Ilustración 13.** Taxonomía SOLO aplicada al proyecto curricular para la enseñanza de la EAEA. Elaboración Propia.



Es importante precisar que el objetivo, en cuanto al aprendizaje se refiere, del proyecto es que haya una transición entre los niveles de comprensión. De acuerdo con Biggs (1996), una persona no estará en el nivel Preestructural porque siempre tendrá una concepción de conocimiento o de hecho frente a una temática, por lo que la transición se verá reflejada desde el nivel uniestructural al abstracto ampliado, favoreciendo el conocimiento funcional por sobre el declarativo y velando por que desde la óptica del estudiante se dé desde un nivel profundo con el fin de favorecer su comprensión y su retención a largo plazo. De esta manera, se plantea una relación entre los resultados de aprendizaje y la Taxonomía SOLO, que permitirán realizar dicha secuenciación del aprendizaje, como se evidencia en la Tabla 7.

**Tabla 7.** Relación entre resultados de aprendizaje y los elementos de la Taxonomía SOLO aplicados al proyecto curricular. Tomado y adaptado de (Ladino, Y. y Blanco, D. Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá, Colombia, Observación Inédita, 2021)

Nivel de comprensión Resultado de Aprendizaje	Uniestructural	Multiestructural	Relacional	Abstracto Ampliado
	Descripción del Resultado de Aprendizaje	Situaciones o actividades en las que se aplica o relaciona un aspecto o variable al dar una respuesta coherente.	Situaciones o actividades en las que se aplican o establecen relaciones entre dos o más aspectos o variables de	Situaciones o actividades en las que se aplican y establecen relaciones entre múltiples

<b>Nivel de comprensión</b> <b>Resultado de Aprendizaje</b>	<b>Uniestructural</b>	<b>Multiestructural</b>	<b>Relacional</b>	<b>Abstracto Ampliado</b>
		manera secuencial y coherente al dar una respuesta en un contexto.	aspectos o variables, se contrastan en la práctica cuando se analiza con otros resultados de manera secuencial, integral y coherente al dar una respuesta en un contexto.	variables, se construyen nuevas generalizaciones o prácticas de manera secuencial, integral y coherente al dar respuesta más allá de un contexto.
<b>Verbos Para denotar los Resultados de Aprendizaje</b>	Identificar, reconocer, contar, definir, dibujar, encontrar, etiquetar, nombrar, citar, ordenar, hacer coincidir.	Clasificar, describir, listar, reportar, discutir, ilustrar, seleccionar, diferenciar, calcular, secuenciar, separar, interpretar, condensar.	Aplicar, analizar, explicar, predecir, concluir, sintetizar, confrontar, argumentar, proponer, caracterizar, comparar, contrastar, organizar, debatir, construir, reescribir.	Teorizar, formular, hipótesis, generalizar, reflexionar, generar, crear, componer, inventar, innovar, adecuar, desarrollar, construir.

Por lo anterior, también se describe un baremo como aporte evaluativo con descriptores cualitativos y cuantitativos que pueden ser aplicados como criterio de evaluación por parte de los encargados de su aplicación, sin embargo, es importante mencionar que es necesario que cada actividad que vaya a dar cuenta de los resultados de aprendizaje tenga sus criterios de evaluación para que tanto los estudiantes como el docente reconozcan lo que se evaluará en cada actividad atendiendo a los diferentes resultados de aprendizaje. Para lo cual, es importante tener en cuenta lo postulado por Sanmartí Puig (2002) en Fernández y Pujalte

(2019), y así categorizar las actividades de acuerdo con su intencionalidad o metodología para llevarse a cabo, como se muestra en la Tabla 8.

**Tabla 8.** Tipos de actividades prácticas. Tomado y Adaptado de Sanmartí Puig (2002) en Fernández y Pujalte (2019).

<b>Tipo de Actividad y Recurso</b>	<b>Sigla</b>	<b>Descriptorios</b>
Actividades y recursos orientados a percibir hechos de forma directa	<b>APHD</b>	Observación y análisis de objetos, organismos o fenómenos. Demostración, deducción y/o comprobación de regularidades o leyes. Investigaciones más o menos abiertas. Salidas de Campo
Actividades y recursos orientados a percibir hechos de forma indirecta	<b>APHI</b>	Observación de afiches, fotografías, grabados, diapositivas. Análisis de videos, películas, programas de TV informativos. Lecturas de artículos y textos informativos. Recolección de información, entrevistas, exposiciones. Análisis de caso. Biografías. Uso de internet como fuente de información.
Actividades orientadas a construir el conocimiento de forma materializada	<b>ACCM</b>	Realización o uso de maquetas o modelos manipulables. Juegos de simulación, de rol u otros. Dramatizaciones, expresión corporal de ideas. Realizados de representaciones gráficas. Exposiciones y montajes.
Actividades orientadas a construir el conocimiento interactuando con otras personas y fuentes de información	<b>ACCPI</b>	Exposiciones magisteriales por parte de profesionales. Lecturas de artículos y textos investigativos. Análisis de videos, películas, programas de TV investigativos. Actividades de discusión y análisis grupales. Actividades de coevaluación. Ejercicio de Lluvia de Ideas.
Actividades de orientas a construir conocimiento reflexionando individualmente	<b>ACCRI</b>	Resolución individual de problemas y ejercicios. Respuestas a Cuestionarios. Elaboración de Resúmenes, definiciones, diarios de clase, informes de laboratorio. Elaboración de Esquemas, mapas conceptuales, de V de Gowin, bases de orientación. Realización de ejercicios de autoevaluación.

Así las cosas, en el Anexo 1, se presenta el Proyecto Curricular para la enseñanza de la EAEA desde el Alineamiento Constructivo, con toda la información detallada y pertinente para su ejecución bajo las categorías de Formalización, Reporte,

Aplicación e Implicaciones Didácticas con sus respectivos contenidos, resultados de aprendizaje, metodología y criterios de evaluación. Los autores de este manuscrito, en ese mismo anexo, proponen un grupo de actividades que pueden servir como base de trabajo para la formulación de este proyecto como un espacio de profundización haciendo hincapié en que existe cierta libertad metodológica y didáctica para su implementación, por lo que la persona que se encuentre interesada en una intervención bajo los lineamientos de trabajo deberá evaluar de forma contextual sus necesidades y oportunidades de trabajo. En cualquiera de los casos, hay material de referencia, de consulta y de ejercicios que será más que pertinente.

A modo de ejemplo, se presenta a continuación la Tabla 9, que presenta los contenidos y resultados de aprendizaje para la categoría de formalización, poniendo de presente que esta forma de organización se aplicó para las otras tres categorías del Proyecto Curricular.

**Tabla 9.** Contenidos y resultados de aprendizaje para la Categoría de Formalización.

<b>Resultado de Aprendizaje</b>	<b>Contenidos</b>	<b>Metodología / Tipo de Actividad</b>	<b>Nivel de Aprendizaje</b>	<b>Criterios de Evaluación</b>
Reconocer los hechos históricos, las implicaciones tecnológicas y aspectos fisicoquímicos de la espectroscopía de absorción y emisión	Reconstrucción Histórica de la Espectroscopía de Absorción y Emisión	Actividades desarrolladas por parte del participante que están orientadas a construir el conocimiento interactuando con otras personas y	Se espera que la demanda de las actividades que dan cuenta de los contenidos estén enfocados en un nivel de aprendizaje superficial	Ordenar hechos cronológicamente que dan cuenta de la reconstrucción histórica de la técnica de espectroscopía de absorción y emisión atómica mediante una línea del tiempo.

<b>Resultado de Aprendizaje</b>	<b>Contenidos</b>	<b>Metodología / Tipo de Actividad</b>	<b>Nivel de Aprendizaje</b>	<b>Criterios de Evaluación</b>
atómica que han permitido su consolidación como una técnica analítica.	Implicaciones tecnológicas, avances en la técnica e instrumentación	fuentes de información.  Exposición por parte del profesor.  Retroalimentación y discusión constante  Trabajo grupal en actividades de socialización	Se espera que la demanda de las actividades que dan cuenta de los contenidos estén enfocados en un nivel de aprendizaje superficial	Identificar las implicaciones tecnológicas, avances en la técnica e instrumentación de la espectroscopía de absorción y emisión atómica a partir de un material informativo y el diligenciamiento de una matriz.
	Aspectos físicos y Químicos en torno a la técnica de espectroscopía	Trabajo autónomo y autocrítica	Se espera que la demanda de las actividades que dan cuenta de los contenidos estén enfocados en un nivel de aprendizaje superficial o profundo, dependiendo del desempeño mismo del participante.	Describir los principios del funcionamiento de la espectroscopía de absorción y emisión atómica diferenciando las características propias de cada técnica.

### **Validación Del Proyecto Curricular**

El Proyecto Curricular para la enseñanza de la Espectroscopía de Absorción y Emisión Atómica desde el Alineamiento Constructivo se sometió a validación por parte de cinco expertos que, a partir de una rúbrica de validación realizaron el análisis de los planteamientos del Alineamiento Constructivo, el Modelo 3P y la Taxonomía SOLO, además de evaluar la pertinencia didáctica y conceptual del mismo.

Dicha rúbrica contiene los espacios requeridos para la valoración del nivel de cumplimiento y observaciones por cada una de las cuatro categorías, y a su vez

cuatro indicadores que dan cuenta del Nivel de Aprendizaje, Resultado de Aprendizaje, Nivel de Comprensión y el Contenido de los diferentes apartados del proyecto. En cuanto al del nivel de cumplimiento, se destaca que los valores presentados son resultado del promedio de las valoraciones por indicador que hizo cada evaluador empleando una escala de 1.0 a 5.0, donde 5.0 corresponde al cumplimiento total del indicador y 1.0 al no cumplimiento de este, permitiendo el uso de decimales, solicitando así, la justificación de cada uno de los indicadores con el fin de conocer su apreciación de forma cualitativa. Además, para el análisis se tuvo en cuenta los siguientes criterios:  $\leq 3.0$  el nivel de cumplimiento no es satisfactorio, 3.1 – 4.1 el nivel de cumplimiento es satisfactorio, pero se deben acatar alguna recomendaciones, y,  $\geq 4.2$ , el nivel de cumplimiento es satisfactorio y es coherente con a la luz de la validación y los postulado para el proyecto.

En primer lugar, se describe un análisis por categorías de dicha evaluación del nivel de cumplimiento por expertos al proyecto curricular. En la Tabla 10, se describen los indicadores que se presentaron en la rúbrica de validación para referirse a ellos en las siguientes líneas de análisis, así mismo, estos se utilizaron para todas las categorías y se diferenciarán en su escritura por lo siguiente; Formalización (F), Reporte (R), Aplicación (A) e Implicaciones didácticas (ID)); letras que acompañarán a cada indicador. A modo de ejemplo, el indicador 1F, se refiere al Indicador 1 de la categoría de Formalización.

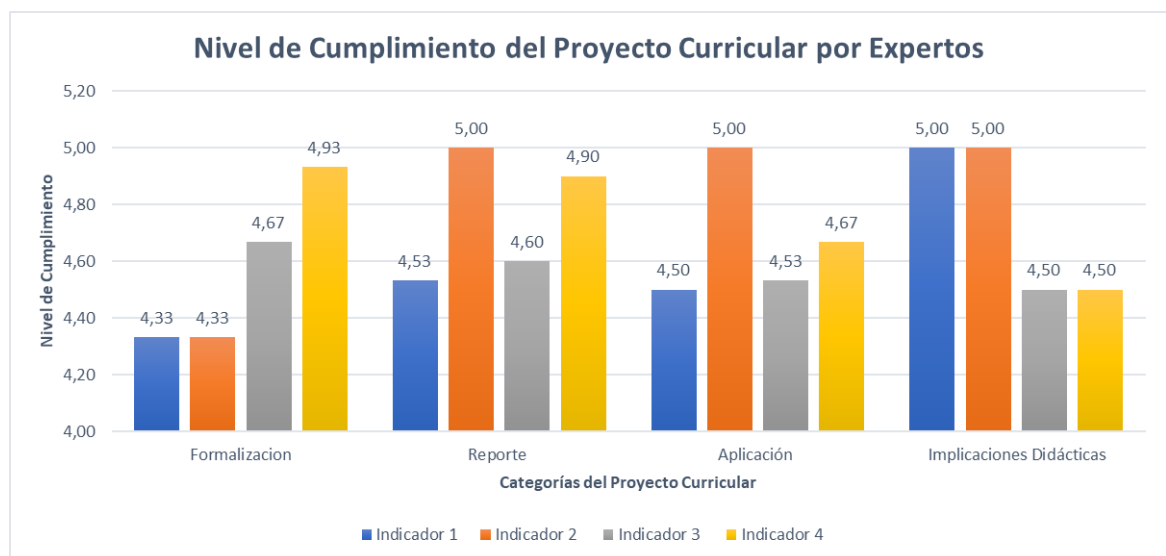
**Tabla 10.** Descripción de los indicadores de la rúbrica de validación. Elaboración Propia.

<b>Indicador 1</b>	<b>Indicador 2</b>	<b>Indicador 3</b>	<b>Indicador 4</b>
El nivel de aprendizaje propuesto para las actividades de la categoría corresponde con el nivel de demanda de trabajo de cada una de ellas.	El resultado de aprendizaje propuesto para las actividades de la categoría es acorde con el nivel de comprensión de la Taxonomía SOLO.	El nivel de comprensión de la Taxonomía SOLO propuesto para las actividades de la categoría es consecuente con el objetivo y el nivel de demanda de trabajo de cada una de ellas.	Las temáticas abordadas en el conjunto de actividades que componen la categoría dan cuenta de los contenidos descritos en las relaciones conceptuales producto de la revisión del estado del arte.

### ***Análisis de Formalización por Nivel de Cumplimiento***

De la Gráfica 1, se puede observar que el indicador 4F, presenta una valoración del nivel de cumplimiento promedio por parte de los evaluadores alta (4,93) en comparación con los otros indicadores. Este alude a considerar si las temáticas abordadas en el conjunto de actividades que componen la categoría dan cuenta de los contenidos descritos en las relaciones conceptuales producidas en la revisión documental y el posterior estado del arte. Por lo anterior, se considera que los evaluadores avalan los contenidos propuestos y tratados en el proyecto curricular siendo factibles para ser desarrollados según los lineamientos del proyecto curricular.

**Gráfica 1.** Evaluación ponderada del Proyecto Curricular por el grupo de Validación. Elaboración Propia.



Frente a los indicadores 1F y 2F, se presta atención en que estos fueron los que puntuaron con menor nivel de cumplimiento (4,33 y 4,33, respectivamente). Estos indicadores, hacen referencia principalmente, al nivel de aprendizaje propuesto para las actividades y al resultado de aprendizaje concordante con el nivel de comprensión desde la Taxonomía SOLO, respectivamente. Se infiere, que el nivel de cumplimiento otorgada por los evaluadores a estos indicadores refleja una coherencia entre las actividades propuestas, los contenidos y los resultados de aprendizaje, sin embargo, se podría mejorar que dentro de las actividades propuestas se enuncien procesos más críticos para acortar la transición desde un

aprendizaje superficial a uno profundo y así avanzar en los niveles de comprensión desde la Taxonomía SOLO.

### ***Análisis de Reporte por Nivel de Cumplimiento***

En la categoría reporte, sobresale el indicador 2R con un nivel de cumplimiento elevada (5,0), esto, teniendo en cuenta que el indicador se refiere a la afinidad del resultado de aprendizaje propuesto para las actividades con el nivel de comprensión desde la Taxonomía SOLO. Se concluye que los evaluadores respaldan la adaptación entre el tipo de actividades propuestas y el resultado esperado, donde se procuró que las actividades de demanda cognitiva baja más próximas a acciones procedimentales se relacionaran con las variables propuestas abordadas desde el contexto del funcionamiento del equipo. Además, se infiere que los verbos empleados para enunciar el nivel de aprendizaje propuesto se incluyen en el nivel de comprensión esperado según la taxonomía SOLO.

Por otra parte, el indicador 1R de esta categoría, fue el que presento la menor ponderación (4,53) y se puede atribuir a que los evaluadores consideraron que las actividades propuestas no son suficientes para evidenciar que se logró llegar a una apropiación profunda de conocimientos, sin embargo, como ya se ha manifestado en el proyecto curricular y en el tesis de grado que acompaña, quien haga uso del proyecto curricular está en libertad metodológica y conceptual de hacer las modificaciones que considere pertinentes para llevar al mejor término posible el proyecto curricular.

### ***Análisis de Aplicación por Nivel de Cumplimiento***

Tras observar la categoría de aplicación, se analiza que el indicador mejor puntuado es el número 2A (5,0), y se entiende que al igual que en la categoría de reporte, los evaluadores aprueban la armonía entre el tipo de actividades propuestas y el resultado de aprendizaje esperado, confirmando que las actividades brindan herramientas para que, de forma progresiva y paralela a la aplicación de la técnica, se aborde la utilidad de la misma en contextos específicos, por supuesto, sin olvidar el empleo de verbos acordes con el nivel de comprensión desde la Taxonomía SOLO.

También, se denota que el indicador 1A es el que presenta la menor estimación por parte de los evaluadores (4,5), se contempla, que para este indicador de la categoría, la descripción del nivel de aprendizaje y nivel de demanda de trabajo de cada una de ellas, podrían descuidar la capacidad de retención a largo plazo que

debe ser abordada para cumplir con los criterios de aprendizaje profundo, sin embargo, lo que se pretende con las actividades de la categoría se asemeja a la búsqueda de un conocimiento funcional y no declarativo.

### ***Análisis de Implicaciones Didácticas por Nivel de Cumplimiento***

Los indicadores 1ID y 2ID de la categoría de implicaciones didácticas, muestran los valores más altos (5,0 y 5,0, respectivamente), situación que conduce a pensar que los evaluadores consideran adecuada el nivel de aprendizaje propuesto para las actividades de la categoría junto con el nivel de demanda de trabajo de cada una de ellas y que el resultado de aprendizaje que se esperaba para las actividades era acorde con el nivel de comprensión de la Taxonomía SOLO. Lo anterior, teniendo en cuenta que las actividades para esta categoría se encaminaban en la producción y publicación de un documento, actividades con las que los evaluadores seguramente se encuentren muy familiarizados.

Por otro lado, los indicadores 3ID y 4ID de esta categoría, mostraron las puntuaciones más bajas (4,5 y 4,5, respectivamente), ello indica que los evaluadores están de acuerdo con que el nivel de comprensión de la Taxonomía SOLO propuesto para las actividades es consecuente con el objetivo y el nivel de demanda de trabajo de cada una de ellas, además de que las temáticas abordadas en el conjunto de actividades dan cuenta de los contenidos descritos en las relaciones conceptuales producto de la revisión del estado del arte. Sin embargo, en esta categoría, se podría incluir una mayor rigurosidad en los parámetros para la elaboración y publicación del documento, atendiendo a solicitudes propias de alguna revista en particular.

Finalmente, se debe señalar que las categorías propuestas, los contenidos y los indicadores que dan cuenta de ellas, reportan resultados favorables y permiten ampliar el panorama del proceso de enseñanza – aprendizaje de la técnica de espectroscopía de absorción y emisión atómica. Además, de que se refuerza la idea de la pertinencia de la propuesta y se destaca la relevancia que se le da a los aspectos sociológicos, científicos y tecnológicos para la consolidación de la técnica en los procesos de enseñanza – aprendizaje.

### ***Análisis de los indicadores por Nivel de Cumplimiento***

El indicador 1, correspondiente al nivel de aprendizaje propuesto para las actividades de la categoría con el nivel de demanda de trabajo de cada una de ellas,

obtuvo el mayor nivel de cumplimiento en la categoría de implicaciones didácticas, en esta categoría, todas las actividades buscan un aprendizaje profundo y por consiguiente el nivel de demanda cognitiva era alto, debido a que al ser la última categoría analizada por los evaluadores, estos reconocen la coherencia interna del proyecto curricular con los elementos teóricos del Alineamiento Constructivo, el Modelo 3P y la Taxonomía SOLO son consecuentes.

Frente al indicador 2, que trata sobre la relación entre el resultado de aprendizaje propuesto para las actividades con el nivel de comprensión de la Taxonomía SOLO, el indicador alcanzo su mayor puntuación del nivel de cumplimiento en tres de las cuatro categorías. Esto se debe, a que, durante la reunión con los evaluadores, se respondieron preguntas acerca de lo que era un nivel de comprensión desde la Taxonomía SOLO, sus tipos, la complejidad entre cada nivel y los verbos que ayudan a identificar los niveles. Además, si bien los resultados de aprendizaje oscilaron entre superficiales y profundos, las actividades propuestas están abiertas a complejizarse por quien desee utilizar este proyecto curricular.

Para el indicador 3, el cual se refiere al nivel de comprensión de la Taxonomía SOLO propuesto para las actividades, su relación con el objetivo de estas y el nivel de demanda de trabajo de cada una de ellas. Se afirma, que su ponderación más alta se encuentra en la categoría de formalización. Esto se debe, posiblemente a que los evaluadores tuvieron en cuenta que el nivel de demanda para las actividades era bajo y por consiguiente se buscaba un aprendizaje superficial, lo cual puede relacionarse con las actividades que colocan los evaluadores para dar introducción o inicio a un tema en particular.

Finalmente, el indicador 4 que proporciona información sobre si las temáticas abordadas en el conjunto de actividades dan cuenta de los contenidos descritos en las relaciones conceptuales producto de la revisión del estado del arte, mostró los mejores resultados en la categoría de formalización. Los resultados obtenidos para este indicador ayudan a comprender el panorama del proyecto curricular en términos de los contenidos que se seleccionaron para propiciar el proceso de enseñanza – aprendizaje de la técnica de espectroscopía de absorción y emisión atómica.

Por último, cabe señalar que ningún indicador tuvo un nivel de cumplimiento menor a 4, lo cual es un buen indicativo para mencionar que los elementos teóricos del Alineamiento Constructivo, el Modelo 3P y la Taxonomía SOLO, se alinearon en la construcción de la propuesta curricular. El desarrollo de esta, que surge tras una

revisión documental y la posterior construcción del estado del arte, ayuda a promover el proceso de enseñanza – aprendizaje de la técnica de espectroscopía de absorción y emisión atómica. Además, se afirma que la relevancia del contenido del proyecto es un tema que poco se ha tratado en el país y que el aporte del trabajo puede ser significativo en cuanto a configurarse como un material de referencia como también en la contribución para la apropiación de las técnicas instrumentales que se abordan.

En este segundo apartado, se presentan las observaciones, comentarios y sugerencias realizadas por los evaluadores organizadas por categorías:

### ***Observaciones, comentarios y sugerencias para Formalización***

En primer lugar, la categoría inicial propuesta para el proyecto es la categoría de Formalización donde se pretende involucrar la reconstrucción histórica, las implicaciones tecnológicas, avances y aspectos físico-químicos de la técnica de la EAEA que se ubican dentro del nivel Uniestructural de la Taxonomía SOLO que es entendido como situaciones o actividades en las que se aplica o relaciona un aspecto o variable al dar una respuesta coherente. Las observaciones de los evaluadores permiten destacar que la selección de los contenidos y criterios de evaluación son acertados para la búsqueda de un aprendizaje superficial, brindan el contexto pertinente para evidenciar aspectos sociológicos, científicos y tecnológicos sobre los cuales ha sido consolidada la técnica, como lo respaldan las siguientes observaciones:

*“Considero que las temáticas que se pretenden abordar son consecuentes con los contenidos.” – E4*

*“Las variables propuestas como: los hechos históricos y aspectos fisicoquímicos en su reconocimiento individual en cuanto a la consolidación de la técnica analítica, dan razón del nivel de comprensión uniestructural predominante en la categoría... La cronología entre las habilidades de ordenar, identificar y describir plantea una progresión coherente desde el nivel de comprensión uniestructural al nivel multiestructural, se destaca el tipo de actividades propuestas las cuales invitan a reconocer desde las dos variables la consolidación de la técnica.” – E1*

Se destaca, como en apartados anteriores de este documento, que existe una libertad metodológica y didáctica que permite a los profesionales que vayan a aplicar

este proyecto curricular interpretar su contexto y proponer actividades que sean más significativas, por supuesto los evaluadores realizaron propuestas de actividades que serán adaptadas intencionalmente, tal como se presenta en el siguiente fragmento:

*“Las actividades propuestas son consecuentes al nivel de aprendizaje esperado, sin embargo, considero que en el apartado “Aspectos físicos y químicos en torno a la técnica de espectroscopía”, se pueden incluir otras actividades que conduzcan a un aprendizaje profundo como se espera.” – E2*

### ***Observaciones, comentarios y sugerencias para Reporte***

Para la sección de Reporte, se involucraron los componentes, operación y limitaciones y los requisitos para enfrentarse a un espectroscopio de absorción y emisión atómica. Con respecto a la Taxonomía SOLO, los participantes se enfrentarán a un nivel Multiestructural que es reconocido por presentar situaciones o actividades en las que se aplican o establecen relaciones entre dos o más aspectos o variables de manera secuencial y coherente al dar una respuesta en un contexto.

Los contenidos involucrados allí, son fundamentales para el entendimiento procedimental de la EAEA y estrategias didácticas como el aprendizaje colaborativo son ideales para construir y mecanizar el proceso de operación, en este punto, se destacan los procesos cognitivos de baja demanda, como lo describe el siguiente comentario:

*“Se destaca la coherencia entre el tipo de actividades propuestas y el resultado esperado, donde se procura por tareas de demanda cognitiva baja, más próximas a acciones procedimentales relacionadas con el hacer desde las variables propuestas abordadas desde el contexto del funcionamiento del equipo... En el contenido propone centrarse en el espectroscopio de EAEA, sin embargo, considero para el establecimiento de limitaciones del equipo pueda hacerse comparaciones con otros espectroscopios en otras técnicas.” E1*

Los evaluadores mencionan que es relevante revisar que los criterios por contenido den cuenta del resultado de aprendizaje de la categoría, en relación con la libertad

metodológica y didáctica del proyecto curricular y así, ampliar el campo de acción en cuanto a las actividades que se puedan plantear para dar cumplimiento al nivel de aprendizaje, tal como se destaca en el siguiente fragmento:

*“Los criterios por contenido están acordes, pero con el Resultado de Aprendizaje por contenido es suficiente” – E3*

### ***Observaciones, comentarios y sugerencias para Aplicación***

Para esta categoría se presentaron laboratorios guiados para fomentar las buenas prácticas de laboratorio y la implementación de las TICs para la comprensión del trabajo de laboratorio sobre la EAEA. Los participantes en este punto se enfrentarán actividades de tipo Relacional desde la Taxonomía SOLO, entendidos como situaciones o actividades en las que se aplican y establecen relaciones entre múltiples aspectos o variables, se contrastan en la práctica cuando se analiza con otros resultados de manera secuencial, integral y coherente al dar una respuesta en un contexto, sin embargo, idealmente la transición del aprendizaje debe ser del superficial al profundo, pero esa condición dependerá del desempeño e interés del participante, así las cosas, no se puede asumir que una actividad o un proceso de enseñanza estará categorizado de tal manera, como lo sustenta el siguiente comentario:

*“Si bien es importante la transición del aprendizaje superficial al profundo, no es necesario orientar las actividades hacia alguno de los dos, puesto que los estudiantes con su interés y participación son quienes denotan tal cambio” – E5*

Por lo que es ahí, donde la correcta estructuración de los contenidos y su alineación con los objetivos y resultados de aprendizaje cobran mayor sentido e importancia, en el caso particular que los criterios propuestos realmente se articulen con el resultado de aprendizaje esperado, como se retoma en la siguiente observación:

*“Se evidencia la alineación de los contenidos y un aporte evaluativo, sin embargo, en cuanto al Modelo 3P, el Resultado de Aprendizaje, por lo que hay que revisar y dar lugar a esa discusión en cuanto a la fundamentación del trabajo.” – E3*

Como observaciones generales, los evaluadores destacan que puede ser interesante realizar una comparación teórica y experimental de determinaciones de analistas de interés por la técnica de EAEA con el fin de tener argumentos, no solo

desde lo metodológico, sino también desde lo conceptual y procedimental para la aplicabilidad de la técnica, como se resalta a continuación:

*“La acción relacionada con el resultado de aprendizaje esperado se clasifica dentro de un nivel relacional, la propuesta realizada por los autores es destacable por cuanto muestra una preocupación no solo por el abordaje de la técnica si no por su desarrollo dentro de las BPL” – E1*

### **Observaciones, comentarios y sugerencias para Implicaciones Didácticas**

Al tratarse de la categoría final, esta recoge todos los elementos conceptuales y metodológicos desarrollados a lo largo del proyecto curricular, en este se identifican las dificultades y errores conceptuales en el proceso de interpretación de la red conceptual sobre la técnica y, a partir de ello, se genera una propuesta de Enseñanza – Aprendizaje sobre la técnica. Este ejercicio es prometedor puesto que a través de prácticas de laboratorio propuestas y la construcción de un artículo publicable se pone a consideración de la comunidad científica el fruto del proceso de comprensión de la EAEA y sus implicaciones tecnológicas, metodológicas y conceptuales, como lo respalda el siguiente fragmento:

*“Esta es la categoría que más profundidad y resultados pueden generar por las implicaciones de las actividades planteadas, hay que tener bien controladas las variables y procesos de aprendizaje para un resultado completo.” – E4.*

Llegando así, al nivel Abstracto Ampliado de la Taxonomía SOLO donde el participante atiende a situaciones o actividades en las que se aplican y establecen relaciones entre múltiples aspectos o variables, se construyen nuevas generalizaciones o prácticas de manera secuencial, integral y coherente al dar respuesta más allá de un contexto.

Las observaciones generales de los evaluadores para esta categoría dan cuenta de la revisión y ajustes de forma de presentación de información, y, de un análisis del resultado de aprendizaje con los criterios de evaluación de los contenidos para que el alineamiento entre ellos sea evidente, como lo respalda el siguiente fragmento:

*“En la categoría, no es claro la forma en como los contenidos y los resultados de aprendizaje se relacionan con los criterios de evaluación, si bien el nivel de comprensión abstracto ampliado se relaciona con la realización de generalizaciones*

*más allá del contexto no es evidente el alineamiento entre los elementos ya mencionados” – E1.*

### **Comentarios generales al Proyecto Curricular**

Por lo anterior, la evaluación permite reconocer el proyecto curricular como una apuesta pertinente, novedosa y de un gran alcance. Al abordar la temática de la EAEA, el proyecto puede ser aplicado en profesionales en formación en ciencias por la relevancia de los aspectos sociológicos y tecnológicos en cuanto a su consolidación como técnica analítica, aplicación en la industria, apropiación de las técnicas instrumentales y desarrollo de habilidades de laboratorio, teniendo en cuenta el juicio de los evaluadores.

A la luz de los postulados del Alineamiento Constructivo, el Modelo 3P y la Taxonomía SOLO, el proyecto es pertinente en términos didácticos, dando cumplimiento así al último objetivo específico de esta tesis de grado, tal como lo demuestran los siguientes fragmentos:

*“La propuesta realizada es pertinente, debo destacar la relevancia que se le da a los aspectos sociológicos, científicos y tecnológicos para la consolidación de la técnica en los procesos de enseñanza, considero interesante el ejercicio de hipotetizar sobre las implicaciones didácticas.” – E1*

*“Considero de relevancia el contenido del proyecto, es un tema que poco se ha tratado en nuestro país y pienso que el aporte del trabajo puede ser significativo al estado del arte de la temática, además de contribuir a la apropiación de las técnicas instrumentales que se abordan.” – E2*

*“El proyecto tiene un gran potencial y alcance..., y este puede ser presentado como un Syllabus de programa, ya que se puede proyectar como un énfasis disciplinar de la Licenciatura en Química de la Universidad Pedagógica Nacional.” – E3*

*“Es un proyecto interesante con una curva de desarrollo bastante marcada y que puede llegar a conclusiones y metodologías bastante interesantes para abordar temas tan específicos como la Espectroscopía de Absorción y Emisión Atómica.” – E4*

*“Existe una destacable coherencia de la información presentada en el proyecto curricular junto con la estructura de está al ser revisada en detalle, sin embargo, es necesario reflexionar acerca del espacio o escenario académico, pues se podría dar a conocer la estructura del proyecto como la elaboración de un syllabus enfocada al programa de la Licenciatura o de la Maestría.” – E5*

Por último, es necesario destacar que algunas de las observaciones se pusieron en consideración y se aplicaron a la versión final del proyecto como propuesta de Syllabus que se puede evidenciar en el Anexo 1, así como las observaciones de forma y de desarrollo de esquemas de relación frente al Modelo 3P y la Taxonomía SOLO. La propuesta de presentar el proyecto curricular como un espacio de profundización o de énfasis en la Licenciatura en Química o la Maestría en Docencia de la Química, es un aporte de los evaluadores muy interesante y que quedará como recomendación del trabajo, sin embargo, se pone de presente que para lograrlo se deben hacer adecuaciones en las actividades teniendo en cuenta la libertad metodológica y didáctica mencionada.

Es importante precisar que los elementos teóricos del Alineamiento Constructivo, del Modelo 3P, la Taxonomía SOLO que surgen de la revisión documental centrada en los cambios tecnológicos e implicaciones didácticas de la técnica de EAEA que se retomaron sugieren una progresión en el aprendizaje y en el nivel de demanda de las actividades propuestas, además de, definir previamente los objetivos de la intervención educativa que perfilarán las actividades a desarrollar y que confluirán en un nivel de comprensión, que se espera que le apunte al final de la misma en un abstracto ampliado.

## CONCLUSIONES

En primer lugar, los elementos teóricos y metodológicos del Alineamiento Constructivo tienen un aporte procedimental, ya que permite alinear los objetivos, los contenidos y los resultados de aprendizaje de una intervención educativa. Como segunda instancia, el Modelo 3P al involucrar las variables dependientes e independientes de los estudiantes y de los profesores en el proceso de enseñanza-aprendizaje tiene un aporte de tipo estructural para definir previamente los objetivos de una intervención educativa. Para completar la armonía, en un tercer momento, el aporte evaluativo lo retoma la Taxonomía SOLO al permitir categorizar el aprendizaje y establecer la progresión entre los niveles de comprensión. Así las cosas, es conveniente y viable construir un proyecto curricular en el nivel universitario centrada en los cambios tecnológicos e implicaciones didácticas de la técnica de espectroscopía de absorción y emisión atómica.

Se realizó una revisión del estado del arte en diferentes bases de datos nacionales e internacionales donde se encontraron más de cuarenta documentos que permitieron identificar los objetos de enseñanza, los cambios tecnológicos y las implicaciones didácticas de la técnica de espectroscopía de absorción y emisión atómica, configurándose así, como base fundamental de esta tesis de maestría y como un documento disponible para investigadores que requieran un material de referencia o que estén interesados en revisar la relación entre el Alineamiento Constructivo, el Modelo 3P y la Taxonomía SOLO con la técnica analítica instrumental.

A partir de las relaciones conceptuales, metodológicas y las cuatro categorías de contenido (Formalización, Reporte, Aplicación e Implicaciones Didácticas) producto del estado del arte se construyó un proyecto curricular centrado en el Alineamiento Constructivo, el Modelo 3P y la Taxonomía SOLO fundamentado en la técnica de espectroscopía de absorción y emisión atómica enfocado a profesionales en formación en ciencias, además, se propusieron una serie de actividades que sirven como base para dar cumplimiento a los resultados de aprendizaje y a la progresión entre los niveles de comprensión, procurando que los participantes se encuentren en un tipo de aprendizaje profundo priorizando el conocimiento funcional sobre el declarativo.

Se realizó el proceso de validación involucrando cinco evaluadores para el proyecto curricular a través de juicio de expertos mediante el análisis de la pertinencia didáctica del mismo en términos del Alineamiento Constructivo, el Modelo 3P y la Taxonomía SOLO, dando resultados satisfactorios en cuanto a los indicadores propuestos en la Rúbrica de Validación. Se tuvieron en cuenta observaciones, comentarios y sugerencias realizadas para que el documento final del proyecto contara con coherencia interna, fuera claro y que las relaciones propuestas fueran evidentes. Por último, de acuerdo con el juicio de los expertos, este proceso también se identificó que el proyecto es una apuesta pertinente, novedosa y de un gran alcance que al abordar la temática de espectroscopía de absorción y emisión atómica puede ser aplicado en profesionales en formación en ciencias por la relevancia de los aspectos sociológicos y tecnológicos, incluso presentarse como un seminario de profundización en programas del Departamento de Química de la Universidad Pedagógica Nacional.

## RECOMENDACIONES

Este proyecto curricular permitió establecer relación entre los elementos teóricos y conceptuales del Alineamiento Constructivo, el Modelo 3P y la Taxonomía SOLO con la Espectroscopía de Absorción y Emisión Atómica bajo el establecimiento de cuatro categorías de contenido como lo son las de Formalización, Reporte, Aplicación e Implicaciones Didácticas. Dichas categorías son transversales a los Niveles de Comprensión y a los Resultados de Aprendizaje esperados que se describen en el documento del proyecto.

Es importante mencionar que los autores del documento plantearon un grupo de actividades que actúan como material fundamental para dar cumplimiento al proyecto, sin embargo, se destaca que existe una libertad metodológica y didáctica para el establecimiento del orden y tipo de tareas a ser implementadas.

Por último, atendiendo a las observaciones y comentarios de los evaluadores del proyecto curricular, se destaca que tiene una proyección educativa muy alta y es viable presentarlo como un espacio de profundización de la Licenciatura en Química o de la Maestría en Docencia de la Química de la Universidad Pedagógica Nacional o de cualquier otro programa de formación de profesionales en ciencias que involucren la técnica analítica instrumental.

## BIBLIOGRAFÍA

Agilent Technologies (2016a). *Los fundamentos de la espectroscopía: Teoría*. [Diapositiva de PowerPoint]. Agilent Technologies. [https://www.agilent.com/cs/library/slidepresentation/Public/5991-6594\\_Agilent\\_Spectroscopy\\_Theory\\_ES.pptx](https://www.agilent.com/cs/library/slidepresentation/Public/5991-6594_Agilent_Spectroscopy_Theory_ES.pptx)

Agilent Technologies (2016b). *Fundamentos de la espectroscopía atómica: Hardware*. [Diapositiva de PowerPoint]. Agilent Technologies. [http://www.agilent.com/cs/library/slidepresentation/Public/5991-6593\\_Agilent\\_Atomic%20Spectroscopy\\_Hardware\\_ES.pptx](http://www.agilent.com/cs/library/slidepresentation/Public/5991-6593_Agilent_Atomic%20Spectroscopy_Hardware_ES.pptx)

Arndt, M., Nairz, O., Vos-Andreae, J., Keller, C., Van der Zouw, G. y Zeilinger, A. (1999). Wave-particle duality of C60 molecules. *Nature*, 401, 680-682.

Atkins, P. y De Paula, J. (2002). *Quantum theory: introduction and principles. Physical Chemistry*. Oxford University Press. New York, USA.

Beaty, R. y Kerber, J. (1997). *Concepts, Instrumentation and Techniques in Atomic Absorption Spectrophotometry*. The Perkin-Elmer Corporation. Norwalk, USA.

Biggs, J. (1996). Assessing Learning Quality: reconciling institutional, staff and educational demands. *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 21(1), 5-1

Biggs, J. (2005). *Calidad del aprendizaje universitario*. Trad. Pablo Manzano. Madrid: Narcea.

Bouza, M.-E., Nastou, A., Panigyraiki, C., & Makedonas, C. (2019). Introducing spectrophotometry in the school lab employing LEGO bricks and LEDs. *Chemistry Teacher International*. 0(0)

Browner, R. and Boorn, A. (1984). Sample introduction: the achilles' heel of atomic spectroscopy? *Analytical Chemistry*. 56(7), 786A – 798<sup>a</sup>

Buongiorno, D. and Michelini, M. (2019). Research-Based Proposals on Optical Spectroscopy and Secondary Students' Learning Outcomes. *Journal of Physics. Conference Series*, 1287.

Burke, J. (1999). *Física: La naturaleza de las cosas*. México DF: International Thomson Editores.

Butcher, D. (2006). *Advances in Electrothermal Atomization Atomic Absorption Spectrometry: Instrumentation, Methods, and Applications*. Taylor and Francis Group. 15 – 34

Butcher, D. (2017). Recent highlights in graphite furnace atomic absorption spectrometry. *Taylor and Francis Group*. 52, 755 - 773

Cárcamo, H. (2005) *Hermenéutica y Análisis Cualitativo*. *Cinta Moebio*, 23, 204-216.

Cruz, D., Chamizo, J. y Garritz, A. (1986). *Estructura atómica. Un enfoque químico*. Fondo Educativo Interamericano. México.

Emert, J. and Zeldin, M. (1980). Spectroscopic techniques in the chemistry laboratory: A science enrichment course for high school teachers. *Journal of Chemical Education*. 57(6), 451 - 452

Erasmus, D., Brewer, S. y Cinel, B. (2014). Assessing the Engagement, Learning, and Overall Experience of Students Operating an Atomic Absorption Spectrophotometer with Remote Access Technology. *Biochemistry and Molecular Biology Education*. 43(1), 6-12

Erasmus, D., Brewer, S. y Cinel, B. (2015). Integrating Bio-inorganic and Analytical Chemistry into an Undergraduate Biochemistry Laboratory. *Biochemistry and Molecular Biology Education*. 43(2), 121 – 125

Fakayode, S., King, A., Yakubu, M., Mohammed, A. y Pollard, D. (2012). Determination of Fe Content of Some Food Items by Flame Atomic Absorption

Spectroscopy (FAAS): A Guided-Inquiry Learning Experience in Instrumental Analysis Laboratory. *Journal of Chemical Education*. 89(1), 109 – 113.

Fasce, E. (2006). Aprendizaje superficial y profundo. *Revista de Educación en Ciencias de la Salud*, 4 (1), 7-8.

French, A, y Taylor, E. (1978). *An introduction to quantum physics*. New York: Norton.

Garabet, M., Miron, C., Neacsu, I. and Popescu, F. (2012). New educational perspectives on spectroscopy in the romanian high school. *Romanian Reports in Physics*. 64(2), 633 – 651.

Garrison, N., Cunningham, M., Varys, D. y Schauer, J. (2014). Discovering New Biosorbents with Atomic Absorption Spectroscopy: An Undergraduate Laboratory Experiment. *Journal of Chemical Education*. 91(4), 583 – 585

Giraldo, I. (2017). Los mapas conceptuales. *Revista EDUCA UMCH*, (09), 35-64. <https://doi.org/10.35756/educaumch.201709.31>

González M. y Montaña L. (2015) La espectroscopía y su tecnología: Un repaso histórico y su importancia para el siglo XXI. *Latin-American Journal of Physics Education*, 9(4), 4602-01 – 4602-14.

González, M. y Montaña, L. (2015). La espectroscopía y su tecnología: Un repaso histórico y su importancia para el siglo XXI. *Latin-American Journal of Physics Education*. 9(4)

Hannaford, P. (2000). *Sir Alan Walsh. 19 December 1916 -- 3 August 1998: Elected F.R.S. 1969. Biographical Memoirs of Fellows of the Royal Society*, 46(0), 533–564.

Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*, México DF, México, McGraw-Hill Education.

Hieftje, G. (2000). Atomic Emission Spectroscopy—It Lasts and Lasts and Lasts. *Journal of Chemical Education*. 77(5), 577

Hieftje, G., Copeland, T. and De Olivares, D. (1976). Flame Emission, Atomic Absorption, and Atomic Fluorescence Spectrometry. *Analytical Chemistry*. 48(5), 142 – 174

Holcombe, J. and Rettberg, T. (1986). Atomic absorption, atomic fluorescence, and flame emission spectrometry. *Analytical Chemistry*. 58(5), 124 - 144

Ivanjek, L., Shaffer, P. S., McDermott, L. C., Planinic, M., & Veza, D. (2015). Research as a guide for curriculum development: An example from introductory spectroscopy. I. Identifying student difficulties with atomic emission spectra. *American Journal of Physics*, 83(1), 85–90.

Ivanjek, L., Shaffer, P. S., McDermott, L. C., Planinic, M., & Veza, D. (2015). Research as a guide for curriculum development: An example from introductory spectroscopy. II. Addressing student difficulties with atomic emission spectra. *American Journal of Physics*, 83(2), 171 – 178

Kahn, H. (1966). Instrumentation for atomic absorption—Part one. *Journal of Chemical Education*, 43(1A), 7

Kahn, H. (1966). Instrumentation for atomic absorption—Part two. *Journal of Chemical Education*, 43 (2A), 103

Koirtyohann, S. (1980). A history of atomic absorption spectroscopy. *Spectrochimica Acta*. 35B, 663 – 670

Koirtyohann, S. (1991). A history of atomic absorption spectroscopy. *Analytical Chemistry*. 63(21), 1024A – 1031A

Kondepudi, D. y Prigogine, I. (1998). *Modern Thermodynamics. From Heat Engines to Dissipative Structures*. John Wiley & Sons.

Kovarik, M., Clapis, J. and Romano - Pringle, A. (2020). Review of Student-Built Spectroscopy Instrumentation Projects. *Journal of Chemical Education*. 97(8), 2185 - 2195

Kuntzleman, T. and Jacobson, E. (2016). Teaching Beer's Law and Absorption Spectrophotometry with a Smart Phone: A substantially simplified protocol. *Journal of Chemical Education*. 93(7), 1249 – 1252.

Lagalante, A. (2004). Atomic Absorption Spectroscopy: A Tutorial Review\*, *Applied spectroscopy reviews*. Taylor and Francis Group. 34(3), 173 – 189

Lopez, I. (2020). ¡Hágase la luz! Óptica, espectroscopía y educación secundaria. Tesis (maestría). Universidad pública de Navarra. Pamplona, España.

Maestría en Docencia de Química (2019). Lineamientos generales de la modalidad en profundización. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.

Malagón, F., Sandoval, S. y Ayala M. (2013). La actividad experimental: construcción de fenomenologías y procesos de formalización. *Praxis filosófica* 36. 119 - 138

Martínez, J., Gómez, B. y Rosales, N. (2020). Clase invertida de espectroscopía: una experiencia en el marco de un Programa de Excelencia para Bachillerato. *Educación Química*. 31(3), 27 - 44

Matthews, M. (1994). Historia, filosofía y enseñanza de las ciencias: la aproximación actual. *Enseñanza de las Ciencias*, 12, (2), 25-277.

Mejía, J. (2009). Caracterización y calibración de un espectroscopio óptico (tesis pregrado) Universidad de los Andes. Bogotá, Colombia.

Melucci, R. (1983). The Use of an Air-Natural Gas Flame in Atomic Absorption. *Journal of Chemical Education*. 60(3), 238 – 245

Niece, B. y Hauri, J. (2013). Determination of Mercury in Fish: A Low-Cost Implementation of Cold-Vapor Atomic Absorbance for the Undergraduate Environmental Chemistry Laboratory. *Journal of Chemical Education*. 90(4), 487 – 489

Octaviani, S., Wonorahardjo, S. and Retno, H. (2019). The application of problem based learning assisted by blended learning in atomic spectroscopy material on cognitive learning outcomes and students' self system based on Marzano taxonomy. *European Journal of Open Education and E-learning Studies*. 4(1), 88 - 99

Ortiz, A, (2013). Enseñanza-aprendizaje bajo un enfoque constructivista de los fundamentos de la espectroscopía: estudio de caso para el curso de laboratorio de química analítica e instrumental dirigido a estudiantes de ingeniería de materiales de la universidad de Antioquia. Tesis (maestría). Universidad Nacional de Colombia. Medellín, Colombia.

Peng, W., Shaopan, H. Bin, L. and Xiandeng H. (2009). Flame Furnace Atomic Absorption Spectrometry: A Review. Taylor and Francis Group. 44, 411 – 43

Peña, J. (2012). La espectroscopía y su desarrollo como una herramienta didáctica para comprender la estructura de la materia (tesis de maestría). Universidad Nacional, Bogotá, Colombia.

Price, W. (1975). Teaching atomic spectroscopy. The instrument manufacturers' viewpoint. Royal Society of Chemistry . 12, 119 – 123

Quintanilla, M., Izquierdo, M. y Adúriz-Bravo, A. (2005) Characteristics and methodological discussion about a theoretical model that introduces the history of science at an early stage of the experimental science teachers' professional formation. En: International History, Philosophy, Sociology & Science Teaching Conference, 8., 2005, Leeds. Proceedings... Leeds: University of Leeds, 2005. Disponible en: . Acceso en: 10 dez. 2006.

Razmilic, B. (s.f.) *Espectroscopía de absorción atómica*. Merck química Chilena Soc. Ltda. Recuperado de: <http://www.fao.org/3/ab482s/AB482S04.htm>

Robinson, J. (1960). Atomic Absorption Spectroscopy. Analytical Chemistry. 32(8), 17A – 29A

Rocha, E. (2000). *Principios básicos de espectroscopía*. Editorial UACH. México.

Savall, F., Doménech, J. y Martínez, J. (2013). ¿Los Profesores de Física y Química disponen de un Modelo que explique la Formación de los Espectros Atómicos? Revista de investigación y experiencias didácticas, [en línea]. Extra, 3237 – 3242

Savall, F., Doménech, J. y Martínez, J. (2013). ¿Los profesores de Física y Química disponen de un modelo que explique la formación de los espectros atómicos? *IX congreso internacional sobre investigación en didácticas de las ciencias*. 3237 – 3242

Savall, F., Doménech, J., Guisasola, J. y Martínez, J. (2016). Identifying student and teacher difficulties in interpreting atomic spectra using a quantum model of emission and absorption of radiation. Physical Review Physics Education Research. 12, 010132.1 – 010132.16

Savall, F., Guisasola, J., Rosa, S. y Martínez, J. (2019). Problem-based structure for a teaching-learning sequence to overcome students' difficulties when learning about atomic spectra. American Physical Society, 15 (2), 020138-1 - 020138-17.

Schwarz, G., Picotti, V., Bleiner, D. y Gundlach, A. (2020). Incorporating a Student-Centered Approach with Collaborative Learning into Methods in Quantitative Element Analysis. *Journal of Chemical Education*. 97(10), 3617 – 3623.

Sharma, B and Tyagi, S. (2013). Simplification of Metal Ion Analysis in Fresh Water Samples by Atomic Absorption Spectroscopy for Laboratory Students. *Journal of Laboratory Chemical Education*. 1(3), 54-58.

Shen, H., Shen, B. y Hardacre, C. (2013). Using a Systematic Approach to Develop a Chemistry Course Introducing Students to Instrumental Analysis. *Journal of Chemical Education*. 90. 726-730.

Shimadzu. (2009 – 2013). Instruction manual, Shimadzu Atomic Absorption Spectrophotometer. AA – 7000 Series. Manual de instrucciones.

Simoës, C. (2013). Principio De Absorción Y De Emisión Atómica, Naturaleza De La Luz — Astronoo. [online] Disponible en: <http://www.astronoo.com/es/articulos/principio-absorcion-emision-atmica.html>

Skoog, D., Holler, F. y Crouch, S. (2008). Principios de análisis instrumental, México DF, México, Cengage Learning.

Slavin, W. (1982). Atomic Absorption Spectroscopy: The Present and Future. *Analytical Chemistry*. 54(6), 685A – 694A

Soler, M. (2015). Enfoques de enseñanza y enfoques de aprendizaje: Posibles relaciones entre sí y con el logro académico de los estudiantes en evaluaciones externas. (Tesis doctoral). Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá, Colombia.

Stock, M., Little, D. y Donovan, R. (1974). Direct Studies of Atomic Reactions in the Undergraduate Laboratory: Time resolved atomic absorption spectroscopy. *Journal of Chemical Education*. 51(1), 51 -55

Thomas, B. y Paris, N. (2005). *CRC Handbook of Fundamental Spectroscopic Correlation Charts*. CRC Press, Svoronos.

Thomsen, V. (2006). A Timeline of Atomic Spectroscopy. *Journal of Spectroscopy*. 21(10), 32 – 42

Tyson, J. (1985). Training Requirements for Atomic Spectroscopy. *Analytical Proceedings*. 22, 197-198

Vasilachis, I (2006) Estrategias de Investigación Cualitativa. Editorial Gedisa. Biblioteca de Educación, Barcelona: España.

Wells, M. y Clougherty, R. (2008). Use of Wikis in Chemistry Instruction for Problem-Based Learning Assignments: An Example in Instrumental Analysis. *Journal of Chemical Education*. 85(10), 1446 – 1448.

Wenzel, T.(2014). Active learning materials for molecular and atomic spectroscopy. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*. 406, 5245 – 5248

Williams, J., Miller, M., Avitabile, B., Burrow, D., Schmittou, A., Mann, M. y Hiatt, L. (2017). Teaching Students To Be Instrumental in Analysis: Peer-Led Team Learning in the Instrumental Laboratory. *Journal of Chemical Education*. 94.

Yang, Q., Zhuge, M. y Yuan B. (2017). New Approaches in Teaching Spectroscopy Technique and Application Classes: History, Experiments and Frontier Lectures. En: 14th Conference on Education and Training in Optics and Photonics, ETOP 2017, 2017, Hangzhou, China.

## **ANEXOS**

**Anexo 1.** Proyecto Curricular para la enseñanza de la Espectroscopía de Absorción y Emisión Atómica desde el Alineamiento Constructivo.

**Universidad Pedagógica Nacional  
Facultad de Ciencia y Tecnología  
Departamento de Química  
Maestría en Docencia de la Química**

**Proyecto Curricular para la enseñanza de la Espectroscopía de Absorción y Emisión Atómica desde el Alineamiento Constructivo**

### **1. Justificación del Proyecto Curricular**

Tras una revisión sistemática acerca de los métodos espectroscópicos de análisis, surge la noción de exponer que la Espectroscopía de Absorción y Emisión Atómica (de ahora en adelante, EAEA) es una técnica sensible y confiable en la determinación de diversos elementos químicos, que goza de popularidad, debido a la especificidad, sensibilidad y operación de la técnica, todo ello, reunido en un aparato instrumental, que tiene como fundamento, la absorción y emisión de radiación de una frecuencia determinada proveniente de una fuente o al someter un material a la incandescencia debido a los tránsitos entre niveles cuantizados. Esta radiación es absorbida o emitida selectivamente por electrones en átomos cuya diferencia en energía corresponde en valor a la energía de los fotones incidentes. Por otro lado, el estudio de la espectroscopía reúne saberes apropiados para el desarrollo conceptual, metodológico y argumentativo de cualquier profesional en formación vinculado con las áreas de ciencias.

Así, la intención de este proyecto se justifica desde los elementos conceptuales y teóricos, que dan cuerpo a la espectroscopía como una técnica de análisis químico, sin olvidar, que el aporte más loable que puede suministrar un método de análisis

es el develar la composición y estructura química de alguna muestra, lo que implica reconocer los métodos instrumentales para la separación, identificación y cuantificación de los componentes de una muestra en diversas matrices y las herramientas del análisis químico instrumental, para obtener información cualitativa y cuantitativa, comprender las posibilidades analíticas y limitaciones de las técnicas instrumentales. Por último, es importante aclarar, que la EAEA, es un escenario propicio para integrar elementos, históricos, epistemológicos, didácticos, pedagógicos y conceptuales, que no solo busquen promover el uso de la técnica de análisis, sino, aportar a la comprensión de los fenómenos que la han enriquecido a través del tiempo y las implicaciones que han hecho que se consolide como una técnica analítica, en particular los desarrollos tecnológicos presentados con el avance del tiempo en esta técnica instrumental de análisis permiten vislumbrar cambios, tanto en los objetos de conocimiento como en los materiales de referencia y consulta, que sugieren la pertinencia de una transformación profunda en las prácticas de enseñanza en este ámbito.

## **2. Objetivos del Proyecto Curricular**

Los objetivos para este proyecto curricular son:

### *Objetivo General*

Fomentar la comprensión de la técnica de la Espectroscopía de Absorción y Emisión Atómica en profesionales en formación en ramas afines a las ciencias a partir de un proyecto curricular estructurado desde los componentes teóricos del Alineamiento Constructivo, el Modelo 3P y la Taxonomía SOLO, priorizando la transición del aprendizaje superficial a un aprendizaje profundo

### *Objetivos Específicos*

Reconocer las implicaciones conceptuales, metodológicas y los avances tecnológicos de la espectroscopía de absorción y emisión atómica en su consolidación como técnica analítica.

Analizar los fundamentos del entramado conceptual y teórico de la espectroscopía de absorción y emisión atómica, mediante actividades de fundamentación, ejercicios y situaciones aplicables propuestas a través del proyecto curricular para fomentar su comprensión.

### **3. Perspectiva Pedagógica**

El aprendizaje tiene lugar mediante el comportamiento activo del estudiante, lo cual significa que ellos aprenden lo que hacen y no lo que el profesor realiza y para ello, los estudiantes deben alcanzar satisfactoriamente objetivos que el docente propone a través de actividades dinámicas de aprendizaje o enseñanza, diseñadas bajo la perspectiva de que éstas, pueden dar cuenta de lo que el estudiante aprende y la forma como lo hace.

Sin embargo, es bastante común encontrar sistemas donde el aprendizaje no se encuentra alineado, es decir, que la intención del profesor, la intención del estudiante, la metodología y la evaluación están pensados desde diferentes ópticas. El alineamiento constructivo es un enfoque de enseñanza-aprendizaje que se acopla con la Taxonomía SOLO y el Modelo 3P que reúnen aspectos propios del profesor, del estudiante y de su interacción en el proceso de aprehensión de conceptos. De esta manera, el alineamiento constructivo, juega un papel articulador entre los elementos anteriormente descritos, generando, como su nombre lo indica, un sistema alineado (Soler, 2015).

Ahora bien, en este proyecto curricular se destacan una serie de contenidos y resultados de aprendizaje que fueron identificados a partir de una revisión del estado del arte frente a la técnica de espectroscopía de absorción y emisión atómica, además, se proponen una serie de actividades para cumplir con el objetivo propio del mismo, teniendo en cuenta la autonomía de quién desee hacer uso del proyecto frente a las herramientas pedagógicas propuestas.

### **4. Descripción General**

Este proyecto curricular se configura como producto de un trabajo para optar por el grado de Magister en Docencia de la Química de la Universidad Pedagógica Nacional. El objetivo general del trabajo se centra en analizar qué elementos teóricos del alineamiento constructivo, del modelo 3P y la taxonomía SOLO conviene retomar para construir un proyecto curricular en el nivel universitario centrada en los cambios tecnológicos e implicaciones didácticas de la técnica de espectroscopía de absorción y emisión atómica; además, identificar los objetos de enseñanza, los cambios tecnológicos y las implicaciones didácticas de la técnica de espectroscopía de absorción y emisión atómica, mediante la realización del estado del arte; y, construir y validar un proyecto curricular centrada en el alineamiento

constructivo, el modelo 3P y la taxonomía SOLO fundamentada en la técnica de espectroscopía de absorción y emisión atómica en el nivel universitario.

El diseño de este proyecto curricular atiende a los objetivos del trabajo descrito anteriormente, y tiene como fundamento los elementos teóricos de la técnica de espectroscopía de absorción y emisión atómica junto con los aportes de tipo estructural, procedimental y evaluativo propios del alineamiento constructivo. Los cuales fueron seleccionados a partir de una revisión documental configurada como el estado del arte con las características descritas en este apartado y que se muestran en la Figura 1.

Para dar una correcta lectura a dicha figura, se debe poner de presente que el contenido aquí presentado cuenta con cuatro categorías que a su vez integran tres tópicos en particular para describir los elementos conceptuales y metodológicos propios de la técnica y que dan cuenta del panorama para tener en cuenta en la enseñanza de la técnica. Por último, para su interpretación se debe empezar por leer la categoría de formalización e ir en contra de las manecillas del reloj para evidenciar el aumento del nivel de complejidad de los contenidos presentados a la luz del Alineamiento Constructivo, el Modelo 3P y la Taxonomía SOLO.

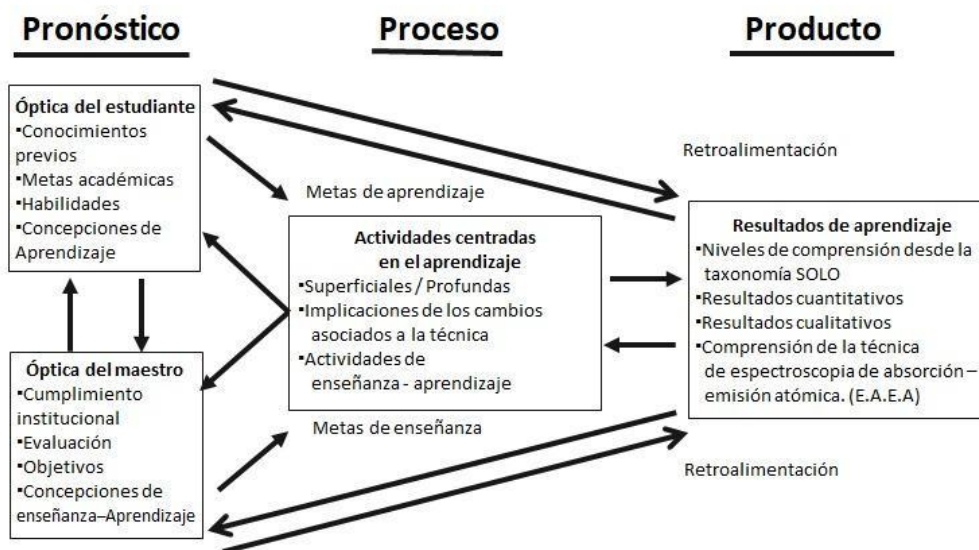
**Figura 1.** Relaciones conceptuales propuestas en el proyecto curricular para la enseñanza de la espectroscopía de absorción y emisión atómica.



Los contenidos aquí presentados buscan promover la comprensión del entramado conceptual en el que se soporta la técnica de EAEA para personas que estén formándose en ramas afines a la química en un nivel universitario. Dichas actividades fueron pensadas bajo los elementos teóricos del Modelo 3P y la Taxonomía SOLO en términos de los resultados de aprendizaje y las actividades para alcanzarlo con el fin de obtener evidencias de un aprendizaje superficial o profundo.

En cuanto el desarrollo de las actividades, cada una contará con un resultado de aprendizaje, una justificación, un criterio evaluativo, además de una retroalimentación que permita analizar la articulación entre el contenido abordado por la actividad, lo explicado por el docente y las evidencias de aprendizaje del estudiante, según lo planteado en la Figura 2.

**Figura 2.** Elementos del Modelo 3P aplicados al proyecto curricular. Elaboración Propia.



De esta manera, en la variable producto se evidencia la articulación de la Taxonomía SOLO (Ver Tabla 1.) que permite entender la estructura del aprendizaje bajo el mecanismo sistemático de incrementar la complejidad y la profundidad de las actividades planteadas a las que se enfrenta un estudiante.

**Tabla 1.** Relación entre resultados de aprendizaje y los elementos de la Taxonomía SOLO aplicados al proyecto curricular. Tomado y adaptado de (Ladino, Y. y Blanco, D. Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá, Colombia, Observación Inédita, 2021)

Resultado de Aprendizaje / Nivel de comprensión	Nivel de comprensión			
	Uniestructural	Multiestructural	Relacional	Abstracto Ampliado
Descripción del Resultado de Aprendizaje	Situaciones o actividades en las que se aplica o relaciona un aspecto o variable al dar una respuesta coherente.	Situaciones o actividades en las que se aplican o establecen relaciones entre dos o más aspectos o variables de manera secuencial y coherente al dar una respuesta en un contexto.	Situaciones o actividades en las que se aplican y establecen relaciones entre múltiples aspectos o variables, se contrastan en la práctica cuando se analiza con otros	Situaciones o actividades en las que se aplican y establecen relaciones entre múltiples aspectos o variables, se construyen nuevas generalizaciones o prácticas de manera secuencial,

<b>Nivel de comprensión</b> <b>Resultado de Aprendizaje</b>	<b>Uniestructural</b>	<b>Multiestructural</b>	<b>Relacional</b>	<b>Abstracto Ampliado</b>
			resultados de manera secuencial, integral y coherente al dar una respuesta en un contexto.	integral y coherente al dar respuesta más allá de un contexto.
<b>Verbos Para denotar los Resultados de Aprendizaje</b>	Identificar, reconocer, contar, definir, dibujar, encontrar, etiquetar, nombrar, ordenar, coincidir. citar, hacer	Clasificar, describir, listar, reportar, discutir, ilustrar, seleccionar, diferenciar, calcular, secuenciar, separar, interpretar, condensar.	Aplicar, analizar, explicar, predecir, concluir, sintetizar, confrontar, argumentar, proponer, caracterizar, comparar, contrastar, organizar, debatir, construir, reescribir.	Teorizar, formular, hipótesis, generalizar, reflexionar, generar, crear, componer, inventar, innovar, adecuar, desarrollar, construir.

En primer lugar, el aprendizaje superficial se trata de memorizar la información como hechos aislados, sin conexión con experiencias previas o con el contexto general. En segundo lugar, el aprendizaje profundo se caracteriza por incorporar el análisis crítico de nuevas ideas, las cuales son integradas al conocimiento previo sobre el tema, favoreciendo con ello su comprensión y su retención a largo plazo. Por lo tanto, los tipos de aprendizaje expuestos tienen una relación directa con la Taxonomía SOLO relacionada con aumentar gradualmente el nivel de demanda por parte de los estudiantes para la comprensión de un tema (Fasce, 2007).

### 5. Noción de Niveles y Criterios para la Evaluación

El proyecto está enfocado hacia la transición desde un nivel superficial a un nivel profundo, destacando el conocimiento de tipo funcional por sobre el declarativo. Por lo anterior, se permite establecer el baremo ligado al aporte evaluativo que contempla el criterio de evaluación, como se muestra en la Tabla 2.

**Tabla 2.** Baremo ligado al aporte evaluativo que contempla el criterio de evaluación aplicados al proyecto curricular.

Criterio Nivel	Cumplimiento del Objetivo de la Actividad	Evidencia Observable del proceso de Aprendizaje	Sustentación y/o socialización, retroalimentación	Pulcritud y puntualidad
Avanzado 670nm–750nm	El desarrollo de la actividad evidencia <b>plenamente</b> (>90%) el cumplimiento del objetivo y la coherencia interna del mismo.	La evidencia observable permite identificar <b>plenamente</b> (>90%) el cumplimiento de la actividad	Los argumentos e ideas que se presentan permiten dar cuenta de una comprensión <b>plena</b> (>90%) de la temática.	Las actividades son presentadas acatando <b>plenamente</b> los tiempos de ejecución y entrega bajo los parámetros de presentación para cada actividad.
Satisfactorio 550 – 669 nm	El desarrollo de la actividad evidencia <b>adecuadamente</b> (75-89%) el cumplimiento del objetivo y la coherencia interna del mismo.	La evidencia observable permite identificar <b>adecuadamente</b> (75-89%) el cumplimiento de la actividad	Los argumentos e ideas que se presentan permiten dar cuenta de una comprensión <b>adecuada</b> (75-89%) de la temática.	Las actividades son presentadas acatando <b>adecuadamente</b> los tiempos de ejecución y entrega bajo los parámetros de presentación para cada actividad.
En proceso 470 – 549 nm	El desarrollo de la actividad evidencia <b>parcialmente</b> (60-74%) el cumplimiento del objetivo y la coherencia interna del mismo.	La evidencia observable permite identificar <b>parcialmente</b> (60-74%) el cumplimiento de la actividad	Los argumentos e ideas que se presentan permiten dar cuenta de una comprensión <b>parcial</b> (60-74%) de la temática	Las actividades son presentadas acatando <b>parcialmente</b> los tiempos de ejecución y entrega bajo los parámetros de presentación para cada actividad.
No satisfactorio < 470 nm	El desarrollo de la actividad <b>no</b> evidencia (<60%) el cumplimiento del objetivo y la coherencia interna del mismo.	La evidencia observable <b>no</b> permite identificar (<60%) el cumplimiento de la actividad	Los argumentos e ideas que se presentan <b>no</b> permiten dar cuenta de una comprensión (<60%) de la temática.	Las actividades <b>no</b> son presentadas los tiempos de ejecución y entrega bajo los parámetros de presentación para cada actividad.

Es necesario precisar sobre la tabla los siguientes aspectos:

- **Criterios y Niveles:** Los autores proponen dichos criterios y niveles, sin embargo, la persona que se aproxime y haga uso de este proyecto curricular está en libertad de modificar o adecuar la escala evaluativa con respecto a sus necesidades o intereses. Por consiguiente, el nivel en el cual se encuentre un educando dependerá del cumplimiento y el alcance de los criterios evidenciados en sus actividades.
- **Niveles:** Se hace referencia al nivel acudiendo a la interpretación que se le da a la palabra Desempeño desde Sacristán (1977) citado en Quintero y Orozco (2013), donde se expresa, que un desempeño está íntimamente ligado con la relación entre lo obtenido y el esfuerzo empleado para obtenerlo, es decir, la satisfacción entre el desarrollo de una tarea y su cumplimiento. De esta manera, se proponen los siguientes niveles:
  - Con el *Nivel Avanzado*, se quiere dar a entender que se obtuvo un éxito pleno en el desarrollo de las actividades, tareas y objetivos, dando evidencia de que el educando posee un alto grado de comprensión de la temática.
  - Frente al *Nivel Satisfactorio*, se quiere dar a entender que se obtuvo un éxito adecuado en el desarrollo de las actividades, tareas y objetivos, dando evidencia de que el educando posee un grado significativo de comprensión de la temática.
  - Con respecto al *Nivel En Proceso*, se quiere dar a entender que se obtuvo un éxito parcial en el desarrollo de las actividades, tareas y objetivos, dando evidencia de que el educando posee algún grado de comprensión de la temática.
  - Y, por último, en el *Nivel No Satisfactorio*, se quiere dar a entender que no se evidencia un éxito en el desarrollo de las actividades, tareas y objetivos, además de que no hay certeza de que el educando posee algún grado de comprensión de la temática.

Es importante destacar que debajo de los nombres propuestos para cada nivel también se presentan colores y longitudes de onda expresadas en nanómetros (nm), que pueden ser usadas o no en la evaluación de las actividades, y que se interpretan de la siguiente manera:

- Avanzado → Color Rojo → 670 – 750 nm.
- Satisfactorio → Color Amarillo → 550 – 669 nm.
- En Proceso → Color Verde → 470 – 549 nm.
- No Satisfactorio → Color Azul → < 470 nm.

- **Criterios:** Se entiende el criterio como los parámetros que dan sustento del cumplimiento y desarrollo de una tarea. Estos facilitan la clasificación de dicho cumplimiento bajo los diferentes niveles de desempeño. Así, se plantean los siguientes criterios:
  - *Cumplimiento del Objetivo de la Actividad*, que demarca el nivel de satisfacción alcanzada en el desarrollo de la actividad. Este ítem, se podría entender como la evaluación global, o 100%, del ejercicio que es producto de la suma de la evaluación de cada ítem teniendo en cuenta el respectivo porcentaje.
  - *Evidencia observable del criterio de Aprendizaje*, que da cuenta de coherencia en el cumplimiento de las actividades y las razones que la sustentan. Este ítem, corresponde al 40% de la evaluación del ejercicio.
  - *Sustentación y/o socialización, retroalimentación*, que establece el nivel de construcción de argumentos y expresión de ideas que permiten dar cuenta de la comprensión de la temática propuesta en cada actividad. Este ítem, corresponde al 40% de la evaluación del ejercicio.
  - *Pulcritud y Puntualidad*, que denota el cumplimiento de los tiempos de ejecución y de entrega de las actividades bajo los parámetros de presentación para cada actividad. Este ítem, corresponde al 20% de la evaluación del ejercicio.

## 6. Recursos de Apoyo Académico y Didáctico

Como base conceptual y metodológica de las actividades se tuvieron en cuenta libros de texto, artículos científicos, material audiovisual, simuladores virtuales, entre otros, en idioma español e inglés. En cada una de las actividades, se presentará la respectiva cita del material, para su revisión.

Además, para la clasificación y tipología de actividades sugeridas se retoma a Sanmartí Puig (2002) en Fernández y Pujalte (2019), con la información presentada en la Tabla 3.

**Tabla 3.** Tipos de actividades prácticas. Tomando y Adaptado de Sanmartí Puig (2002) en Fernández y Pujalte (2019).

<b>Tipo de Actividad y Recurso</b>	<b>Sigla</b>	<b>Descriptor</b>
Actividades y recursos orientados a percibir hechos de forma directa	<b>APHD</b>	Observación y análisis de objetos, organismos o fenómenos. Demostración, deducción y/o comprobación de regularidades o leyes.

<b>Tipo de Actividad y Recurso</b>	<b>Sigla</b>	<b>Descriptorios</b>
		Investigaciones más o menos abiertas. Salidas de Campo
Actividades y recursos orientados a percibir hechos de forma indirecta	<b>APHI</b>	Observación de afiches, fotografías, grabados, diapositivas. Análisis de videos, películas, programas de TV informativos. Lecturas de artículos y textos informativos. Recolección de información, entrevistas, exposiciones. Análisis de caso. Biografías. Uso de internet como fuente de información.
Actividades orientadas a construir el conocimiento de forma materializada	<b>ACCM</b>	Realización o uso de maquetas o modelos manipulables. Juegos de simulación, de rol u otros. Dramatizaciones, expresión corporal de ideas. Realizados de representaciones gráficas. Exposiciones y montajes.
Actividades orientadas a construir el conocimiento interactuando con otras personas y fuentes de información	<b>ACCPi</b>	Exposiciones magisteriales por parte de profesionales. Lecturas de artículos y textos investigativos. Análisis de videos, películas, programas de TV investigativos. Actividades de discusión y análisis grupales. Actividades de coevaluación. Ejercicio de Lluvia de Ideas.
Actividades de orientas a construir conocimiento reflexionando individualmente	<b>ACCRI</b>	Resolución individual de problemas y ejercicios. Respuestas a Cuestionarios. Elaboración de Resúmenes, definiciones, diarios de clase, informes de laboratorio. Elaboración de Esquemas, mapas conceptuales, de V de Gowin, bases de orientación. Realización de ejercicios de autoevaluación.

## 7. Proyecto Curricular

Como se ha descrito anteriormente, el proyecto curricular pretende alinear una serie de contenidos, metodologías y resultados de aprendizaje con el fin de promover el proceso de enseñanza-aprendizaje en profesionales en formación afines a la ciencia. Por lo tanto, a continuación, se presentarán una serie de tablas que dan cuenta de la relación entre el resultado de aprendizaje, el contenido, la metodología, el nivel de aprendizaje y los criterios de evaluación definidos por categoría que irán aumentando el nivel de demanda de trabajo para dar cumplimiento con los elementos teóricos del Alineamiento Constructivo, el Modelo 3P y la Taxonomía SOLO.

En primer lugar, en la Tabla 4, se presentan los contenidos y resultados de aprendizaje para la categoría de formalización que es entendida como la comprensión, revisión y análisis de los objetos de conocimiento-enseñanza, de los fundamentos conceptuales, de los métodos de producción y de las innovaciones e investigaciones actualizadas de la técnica de espectroscopía de emisión y absorción atómica. Es necesario precisar, que el nivel de comprensión predominante en este bloque es el nivel Uniestructural donde se tienen en cuenta situaciones o actividades en las que se aplica o relaciona un aspecto o variable al dar una respuesta coherente.

**Tabla 4.** Contenidos y resultados de aprendizaje para la Categoría de Formalización.

<b>Resultado de Aprendizaje</b>	<b>Contenidos</b>	<b>Metodología / Tipo de Actividad</b>	<b>Nivel de Aprendizaje</b>	<b>Criterios de Evaluación</b>
Reconocer los hechos históricos, las implicaciones tecnológicas y aspectos fisicoquímicos de la espectroscopía de absorción y emisión atómica que han permitido su consolidación como una técnica analítica.	Reconstrucción Histórica de la Espectroscopía de Absorción y Emisión	Actividades desarrolladas por parte del participante que están orientadas a construir el conocimiento interactuando con otras personas y fuentes de información.	Se espera que la demanda de las actividades que dan cuenta de los contenidos estén enfocados en un nivel de aprendizaje superficial	Ordenar hechos cronológicamente que dan cuenta de la reconstrucción histórica de la técnica de espectroscopía de absorción y emisión atómica mediante una línea del tiempo.
	Implicaciones tecnológicas, avances en la técnica e instrumentación	Exposición por parte del profesor.  Retroalimentación y discusión constante  Trabajo grupal en actividades de socialización	Se espera que la demanda de las actividades que dan cuenta de los contenidos estén enfocados en un nivel de aprendizaje superficial	Identificar las implicaciones tecnológicas, avances en la técnica e instrumentación de la espectroscopía de absorción y emisión atómica a partir de un material informativo y el diligenciamiento de una matriz.

Resultado de Aprendizaje	Contenidos	Metodología / Tipo de Actividad	Nivel de Aprendizaje	Criterios de Evaluación
	Aspectos físicos y Químicos en torno a la técnica de espectroscopía	Trabajo autónomo y autocrítica	Se espera que la demanda de las actividades que dan cuenta de los contenidos estén enfocados en un nivel de aprendizaje superficial o profundo, dependiendo del desempeño mismo del participante.	Describir los principios del funcionamiento de la espectroscopía de absorción y emisión atómica diferenciando las características propias de cada técnica.

En segundo lugar, se presentan los contenidos y resultados de aprendizaje para la Categoría de reporte, como se muestra en la Tabla 5. Esta categoría reúne temáticas asociadas a la operación y manejo de equipo de la espectroscopía de absorción y emisión atómica, al diseño experimental de un método analítico y elementos asociados a la validación de la técnica referenciada que tienen por objetivo destacar características propias de la espectroscopía atómica, como lo son las matrices para un analito de interés. Se destaca que el nivel predominante en esta categoría es el nivel Multiestructural donde se desarrollan situaciones o actividades en las que se aplican o establecen relaciones entre dos o más aspectos o variables de manera secuencial y coherente al dar una respuesta en un contexto.

**Tabla 5.** Contenidos y resultados de aprendizaje para la Categoría de Reporte.

Resultado de Aprendizaje	Contenidos	Metodología / Tipo de Actividad	Nivel de Aprendizaje	Criterios de Evaluación
Describir los componentes, operaciones y limitaciones que se deben tener en cuenta para el uso correcto del equipo de espectroscopía de absorción y emisión atómica.	Componentes del Sistema Instrumental	Actividades desarrolladas por parte del participante que están orientadas a construir el conocimiento interactuando con otras personas y fuentes de información.	Se espera que la demanda de las actividades que dan cuenta de los contenidos estén enfocados en un nivel de aprendizaje superficial o profundo, dependiendo del desempeño mismo del participante.	Interpretar el funcionamiento de los componentes del sistema instrumental del equipo utilizado para la técnica de espectroscopía de absorción y emisión atómica.
	Operación y Limitaciones del Instrumento y ajenas a este	Actividades orientas a construir conocimiento reflexionando individualmente  Exposición por parte del profesor.  Retroalimentación y discusión constante	Se espera que la demanda de las actividades que dan cuenta de los contenidos estén enfocados en un nivel de aprendizaje superficial o profundo, dependiendo del desempeño mismo del participante.	Condensar las operaciones y limitaciones del Instrumento de espectroscopía de absorción y emisión atómica.
	Requisitos para enfrentarse a la operación de un espectroscopio de absorción y emisión atómico.	Trabajo grupal en actividades de socialización  Trabajo autónomo y autocrítica	Se espera que la demanda de las actividades que dan cuenta de los contenidos estén enfocados en un nivel de aprendizaje profundo.	Secuenciar los requisitos para enfrentarse a la operación de un espectroscopio de absorción y emisión atómica en cuanto a sus operaciones básicas y a su encendido.

Luego, se presenta la Tabla 6, que manifiesta los contenidos y resultados de aprendizaje para la categoría de Aplicación. En esta categoría se analiza la relación entre los cambios tecnológicos y las adaptaciones de la técnica que se han implementado o que han surgido de un ejercicio de aplicación con algún grupo de estudiantes de profesionales que estudian ciencia, justo como la sistematización de

experiencias docentes frente a la técnica de absorción atómica. Se precisa que el nivel de comprensión predominante es el relacional donde se realizar un acercamiento a situaciones o actividades en las que se aplican y establecen relaciones entre múltiples aspectos o variables, se contrastan en la práctica cuando se analiza con otros resultados de manera secuencial, integral y coherente al dar una respuesta en un contexto.

**Tabla 6.** Contenidos y resultados de aprendizaje para la Categoría de Aplicación.

<b>Resultado de Aprendizaje</b>	<b>Contenidos</b>	<b>Metodología / Tipo de Actividad</b>	<b>Nivel de Aprendizaje</b>	<b>Criterios de Evaluación</b>
Caracterizar las metodologías usadas para la determinación de analitos a partir de la espectroscopía de absorción y emisión atómica teniendo en cuenta las buenas prácticas de laboratorio.	Laboratorios Guiados y buenas prácticas de laboratorio.	Actividades orientadas a construir el conocimiento de forma materializada	Se espera que la demanda de las actividades que dan cuenta de los contenidos estén enfocados en un nivel de aprendizaje profundo.	Aplicar los elementos conceptuales sobre la técnica de espectroscopía de absorción y emisión atómica para la resolución de ejercicios.
	Empleo de Laboratorios para fomentar la comprensión de la técnica y uso de TICs.	Actividades orientas a construir conocimiento reflexionando individualmente Exposición por parte del profesor. Retroalimentación y discusión constante	Se espera que la demanda de las actividades que dan cuenta de los contenidos estén enfocados en un nivel de aprendizaje profundo.	Predecir la concentración de analitos de interés en una muestra falseada realizando la curva de calibración correspondiente mediante el uso de la técnica de espectroscopía de absorción y emisión atómica.
	Evaluación de adaptaciones para la determinación de algún mensurando mediante la técnica.	Trabajo grupal en actividades de socialización Trabajo autónomo y autocrítica	Se espera que la demanda de las actividades que dan cuenta de los contenidos estén enfocados en un nivel de aprendizaje profundo.	Explicar las metodologías para la determinación experimental mediante la técnica de espectroscopía de absorción y emisión atómica.

Por último, se presentan los contenidos y resultados de aprendizaje para la categoría de Implicaciones Didácticas en la Tabla 7. Dicha categoría se centra en identificar y analizar los actores presentes al momento de realizar una intervención educativa. El rol docente, las estrategias didácticas y los conceptos estructurantes son algunas de lo que se denominarán implicaciones didácticas y que dan cuenta de las relaciones profesor – estudiante y estudiante - objeto de enseñanza y de aprendizaje para estructurar y representar contenidos académicos desde una perspectiva pedagógica y didáctica, desarrollar estrategias en contexto, incorporar las mediaciones de las tecnologías de información y comunicación (TIC). En este punto, el nivel de comprensión Abstracto Ampliado es predominante al retomar situaciones o actividades en las que se aplican y establecen relaciones entre múltiples aspectos o variables, se construyen nuevas generalizaciones o prácticas de manera secuencial, integral y coherente al dar respuesta más allá de un contexto.

**Tabla 7.** Contenidos y resultados de aprendizaje para la Categoría de Implicaciones Didácticas.

<b>Resultado de Aprendizaje</b>	<b>Contenidos</b>	<b>Metodología / Tipo de Actividad</b>	<b>Nivel de Aprendizaje</b>	<b>Criterios de Evaluación</b>
Formular hipótesis frente a las implicaciones didácticas asociadas al proceso de enseñanza y aprendizaje asociado a la técnica de espectroscopía de absorción y emisión atómica identificando dificultades y errores conceptuales.	Dificultades por parte de profesores y estudiantes en el proceso de aprehensión de la red conceptual sobre la técnica.	Actividades orientadas a construir el conocimiento de forma materializada  Actividades orientadas a construir conocimiento reflexionando individualmente	Se espera que la demanda de las actividades que dan cuenta de los contenidos estén enfocados en un nivel de aprendizaje profundo.	Proponer una práctica de laboratorio para llevar a cabo de forma experimental la determinación de hierro en una muestra problema por medio de la técnica de espectroscopía de absorción y emisión atómica.
	Identificación de Errores conceptuales y formación de profesores para la enseñanza de la técnica	Exposición por parte del profesor.  Retroalimentación y discusión constante	Se espera que la demanda de las actividades que dan cuenta de los contenidos estén enfocados en un nivel de aprendizaje profundo.	Reflexionar en torno a las implicaciones conceptuales y metodológicas sobre los datos obtenidos mediante una práctica experimental y el uso de un simulador para la determinación de un analito por medio de la técnica de espectroscopía de absorción y emisión atómica.

	Propuesta de Enseñanza – Aprendizaje sobre la técnica.	Trabajo grupal en actividades de socialización  Trabajo autónomo y autocrítica	Se espera que la demanda de las actividades que dan cuenta de los contenidos estén enfocados en un nivel de aprendizaje profundo.	Construir un artículo sobre la propuesta de enseñanza - aprendizaje para la determinación de un analito en la técnica bajo la técnica espectroscopía de absorción y emisión atómica.
--	--	--	---	--

Para dar cumplimiento a cada uno de los resultados de aprendizaje propuesto para este proyecto, se sugiere una secuencia de actividades que se describen de forma general en la Tabla 8. Se destaca que se proponen tres o cuatro actividades por categoría donde se definen los contenidos, la tipología de cada actividad, el nivel de aprendizaje, el resultado de aprendizaje y el nivel de comprensión particular, por supuesto, enmarcado dentro de los elementos conceptuales y metodológicos del Alineamiento Constructivo, el Modelo 3P y la Taxonomía SOLO y así promover la comprensión del entramado conceptual asociado a la técnica de espectroscopía de absorción atómica.

Sin embargo, es importante precisar que existe una autonomía de quién desee hacer uso del proyecto frente a las herramientas pedagógicas propuestas para enfrentarse a los contenidos mencionados, que están a juicio de la persona interesada en el proyecto. De esta manera, se presenta cada una de las actividades de forma específica y detallada. Es importante que se encontrará con apartados como el de instrucción, parámetros y condiciones de entrega y los parámetros de evaluación que le permitirán establecer el proceder para cada situación, además, se propone material bibliográfico para su revisión cuando sea necesario. Por último, hay que destacar que se plantean 4 actividades de cierre que dan cuenta de situaciones diagnósticas y de repaso de cada categoría, que se ven complementadas con explicación de tipo transversal de socialización y explicación por parte del docente con el fin de analizar el desempeño y avance de la comprensión del entramado conceptual de la espectroscopía de absorción y emisión atómica por parte de los participantes.

**Tabla 8.** Secuencia de actividades sugeridas para el Proyecto Curricular.

Categoría	Contenidos	Tipología	Actividad	Nivel de Aprendizaje	Resultado de Aprendizaje	Nivel de Comprensión
Formalización	Reconstrucción Histórica de la Espectroscopía de Absorción y Emisión	ACCPI	Línea del Tiempo	Superficial	Ordenar	Uniestructural
	Implicaciones tecnológicas, avances en la técnica e instrumentación	ACCPI	Matriz de Implicaciones y avances en la técnica	Superficial	Identificar	Uniestructural
	Aspectos físicos y Químicos en torno a la técnica de espectroscopía	ACCPI	<i>Actividad #1 de socialización y explicación por parte del Docente.</i>			
		ACCRI	Mapa conceptual	Superficial o Profundo	Describir y/o Diferenciar	Multiestructural
<b>Tipología ACCRI</b>		<b>Actividad de Cierre, Diagnóstica y de Repaso de la categoría de Formalización</b>				
Reporte	Componentes del Sistema Instrumental	ACCRI	Diagrama del Sistema Instrumental	Superficial o Profundo	Interpretar	Multiestructural
	Operación y Limitaciones del Instrumento y ajenas a este	ACCRI	Elaboración de un Resumen Analítico de las Operaciones y Limitaciones del Instrumento	Superficial o Profundo	Condensar	Multiestructural
	Requisitos para enfrentarse a la operación de un espectroscopio.	ACCRI	Diagrama de Proceso frente de la Operación del Equipo	Profundo	Secuenciar	Multiestructural
<b>Tipología ACCRI</b>		<b>Actividad de Cierre, Diagnóstica y de Repaso de la categoría de Reporte</b>				
Aplicación	Laboratorios Guiados y buenas prácticas de laboratorio.	ACCRI	Ejercicios	Profundo	Aplicar	Relacional
		ACCPI	<i>Actividad #2 de socialización y explicación por parte del Docente.</i>			
	Empleo de Laboratorios para fomentar la	ACCRI	Práctica de Laboratorio frente	Profundo	Predecir	Relacional

<b>Categoría</b>	<b>Contenidos</b>	<b>Tipología</b>	<b>Actividad</b>	<b>Nivel de Aprendizaje</b>	<b>Resultado de Aprendizaje</b>	<b>Nivel de Comprensión</b>
	comprensión de la técnica y uso de TICs.		a Simulador Virtual de la técnica			
	Evaluación de adaptaciones para la determinación de algún mensurando mediante la técnica.	ACCM	Video explicativo sobre la determinación de un analito de forma experimental	Profundo	Explicar	Relacional
<b>Tipología ACCPI</b>		<b>Actividad de Cierre, Diagnóstica y de Repaso de la categoría de Aplicación</b>				
<b>Implicaciones Didácticas</b>	Dificultades por parte de profesores y estudiantes en el proceso de aprehensión de la red conceptual sobre la técnica.	ACCRI	Diseñar una Práctica de Laboratorio para la determinación experimental de Hierro	Profundo	Proponer	Abstracto Ampliado
	Identificación de Errores conceptuales y formación de profesores para la enseñanza de la técnica	ACCRI	Informe de Laboratorio sobre la práctica diseñada y contraste de información obtenida por las dos metodologías		Reflexionar	
	Propuesta de Enseñanza – Aprendizaje sobre la técnica.	ACCRI	Artículo sobre la propuesta de enseñanza - aprendizaje para la determinación de un analito en la técnica bajo dos metodologías		Construir	
<b>Tipología ACCPI</b>		<b>Actividad de Cierre, Diagnóstica y de Repaso de la categoría de Implicaciones Didácticas</b>				

## Actividad 1

*Línea del Tiempo - Reconstrucción Histórica de la Técnica*

<b>Identificación de la actividad</b>	
<i>Nivel de Aprendizaje:</i>	Superficial.
<i>Nivel de Comprensión:</i>	Uniestructural.
<i>Contenido:</i>	Reconstrucción Histórica de la Espectroscopía de Absorción y Emisión.
<i>Tipología de Actividad:</i>	ACCPI.
<i>Resultado de Aprendizaje</i>	Ordena hechos cronológicamente que dan cuenta de la reconstrucción histórica de la técnica de espectroscopía de absorción y emisión atómica mediante una línea del tiempo.

<b>Instrucción</b>
Para el desarrollo de esta actividad se proponen los siguientes documentos los cuales deben ser abordados por los participantes con antelación al desarrollo de la actividad. Con el fin de adquirir algunas herramientas conceptuales para ordenar hechos cronológicamente que dan cuenta de la reconstrucción histórica de la técnica de espectroscopía de absorción y emisión atómica mediante una línea del tiempo

<b>Material</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Thomsen, V. (2006). A Timeline of Atomic Spectroscopy. <i>Journal of Spectroscopy</i>. 21(10), 32 – 42.</li> <li>2. Gonzáles M. y Montaña L. (2015) La espectroscopía y su tecnología: Un repaso histórico y su importancia para el siglo XXI. <i>Latin-American Journal of Physics Education</i>, 9(4), 4602-01 – 4602-14.</li> </ol>

<b>Parámetros y condiciones de Entrega</b>
Se debe entregar el trabajo en grupos de dos personas, en un tiempo estimado de ejecución no mayor a 1 hora y en el material de su preferencia (escrito o magnético).
Cumplido el tiempo, el docente hará una retroalimentación de dichos hechos históricos.

<b>Parámetros y condiciones de Evaluación</b>			
Avanzado	Satisfactorio	En proceso	No Satisfactorio
Los hechos históricos presentados son coherentes y superan 15 momentos clave en la consolidación de la técnica de absorción y emisión atómica.	Los hechos históricos presentados son coherentes y superan o son iguales a 12 momentos clave en la consolidación de la técnica de absorción y emisión atómica.	Los hechos históricos presentados son coherentes y superan o son iguales a 9 momentos clave en la consolidación de la técnica de absorción y emisión atómica.	Los hechos históricos presentados pueden ser o no coherentes y no superan 8 momentos clave en la consolidación de la técnica de absorción y emisión atómica.

## Actividad 1 de socialización y explicación por parte del Docente

Instrucción
<p>En este apartado, se pretende que el docente tome una o dos sesiones donde realice una revisión sobre los aspectos físicos y químicos en torno a la técnica de espectroscopía de absorción y emisión atómica. Para lo cual, se propone el siguiente material audiovisual desarrollado por la empresa Alligent publicado el 7 de marzo de 2016, disponible en el siguiente enlace: <a href="https://www.youtube.com/watch?v=ws2GKZVKHXA">https://www.youtube.com/watch?v=ws2GKZVKHXA</a></p> <p>El contenido del video presenta los principios de funcionamiento, la configuración general, las partes del equipo y los tipos de espectroscopía atómica, información que es relevante para empezar a puntualizar conceptos básicos a profundizar durante el proyecto curricular.</p>

## Actividad 2

*Matriz de Implicaciones y avances en la técnica*

<b>Identificación de la actividad</b>	
<i>Nivel de Aprendizaje:</i>	Superficial.
<i>Nivel de Comprensión:</i>	Uniestructural.
<i>Contenido:</i>	Implicaciones tecnológicas, avances en la técnica e instrumentación.
<i>Tipología de Actividad:</i>	ACCPI.
<i>Resultado de Aprendizaje</i>	Identificar las implicaciones tecnológicas, avances en la técnica e instrumentación de la espectroscopía de absorción y emisión atómica a partir de un material informativo y el diligenciamiento de una matriz.

<b>Instrucción</b>
A partir del material sugerido para la revisión, diligencie la matriz de información que se presenta teniendo en cuenta las Implicaciones tecnológicas, avances en la técnica e instrumentación allí evidenciadas. Tenga en cuenta, que debe retomar aspectos como: Fuente, muestreo, atomización de la muestra, tipos de lámparas, interferencia y los que considere para la ejecución del trabajo.

<b>Material</b>														
<p>Universidad Autónoma de Chihuahua. (s.F.) Espectrometría. Recuperado de: <a href="https://llamados.ancap.com.uy/docs_concursos/ARCHIVOS/2%20LLAMADOS%20FINALIZADOS/2011/REF%2022_2011%20TECNICO%20LABORATORIO%20LUBRICANTES/MATERIAL%20DE%20ESTUDIO/ESPECTROMETRIA.PDF">https://llamados.ancap.com.uy/docs_concursos/ARCHIVOS/2%20LLAMADOS%20FINALIZADOS/2011/REF%2022_2011%20TECNICO%20LABORATORIO%20LUBRICANTES/MATERIAL%20DE%20ESTUDIO/ESPECTROMETRIA.PDF</a></p> <p>Universidad EAN. (2018). Manual de aplicación y generalidades de un espectrofotómetro de absorción atómica Shimadzu AA-700. Recuperado de: <a href="https://editorial.universidadean.edu.co/acceso-abierto/aplicaciones-y-generalidades-de-un-espectrofotometro-aa700-ean.pdf">https://editorial.universidadean.edu.co/acceso-abierto/aplicaciones-y-generalidades-de-un-espectrofotometro-aa700-ean.pdf</a></p> <p>Alligent (2016). Espectroscopía Atómica. Recuperado de: <a href="https://www.youtube.com/watch?v=ws2GKZVKHXA">https://www.youtube.com/watch?v=ws2GKZVKHXA</a> Entre los minutos 4:40 y 7:50.</p>														
<table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">Avances de la técnica</th> <th style="width: 5%;">1</th> <th style="width: 5%;">2</th> <th style="width: 5%;">3</th> <th style="width: 5%;">4</th> <th style="width: 5%;">5</th> <th style="width: 40%;">Observaciones</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Implicaciones</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Avances de la técnica	1	2	3	4	5	Observaciones	Implicaciones						
Avances de la técnica	1	2	3	4	5	Observaciones								
Implicaciones														

<b>Parámetros y condiciones de Entrega</b>
Se debe entregar de manera escrita o magnética, de forma individual y se dejará como actividad extra clase con tiempo de desarrollo entre una y otra sesión.

<b>Parámetros y condiciones de Evaluación</b>			
Avanzado	Satisfactorio	En proceso	No Satisfactorio
Identifica y plasma en la matriz correctamente 5 avances de la técnica de espectroscopía de absorción y emisión atómica con sus respectivas implicaciones.	Identifica y plasma en la matriz correctamente 4 avances de la técnica de espectroscopía de absorción y emisión atómica con sus respectivas implicaciones.	Identifica y plasma en la matriz correctamente 3 avances de la técnica de espectroscopía de absorción y emisión atómica con sus respectivas implicaciones.	Identifica y plasma en la matriz 2 o menos avances de la técnica de espectroscopía de absorción y emisión atómica con sus respectivas implicaciones.

### Actividad 3

#### Mapa Conceptual

Identificación de la actividad	
Nivel de Aprendizaje:	Superficial o Profundo.
Nivel de Comprensión:	Multiestructural.
Contenido:	Principios del funcionamiento y técnicas de espectroscopía atómica
Tipología de Actividad:	ACCRI.
Resultado de Aprendizaje	Describir los principios del funcionamiento de la espectroscopía de absorción y emisión atómica diferenciando las características propias de cada técnica.

Instrucción
<p>A partir de la Actividad #1 de socialización y explicación por parte del Docente (<a href="https://www.youtube.com/watch?v=ws2GKZVKHXA">https://www.youtube.com/watch?v=ws2GKZVKHXA</a>), donde se hizo revisión sobre los aspectos físicos y químicos en torno a la técnica de espectroscopía de absorción y emisión atómica, realice un mapa conceptual donde se evidencien los siguientes ítems:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Principios de Funcionamiento de la espectroscopía.</li> <li>• Partes del espectroscopio de absorción y emisión.</li> <li>• Diferencias entre las Técnicas de Espectroscopía de absorción y emisión.</li> </ul>

Material
<p>Se sugiere la revisión del siguiente documento orientador para la elaboración del mapa conceptual. Giraldo, I. (2017). Los mapas conceptuales. Revista EDUCA UMCH, (09), 35-64. <a href="https://doi.org/10.35756/educaumch.201709.31">https://doi.org/10.35756/educaumch.201709.31</a></p>

Parámetros y condiciones de Entrega
<p>Se debe entregar el trabajo de forma individual, en un tiempo estimado de ejecución no mayor a 2 horas y en el material de su preferencia (escrito o magnético).</p>

Parámetros y condiciones de Evaluación			
Avanzado	Satisfactorio	En proceso	No Satisfactorio
<p>El mapa conceptual presenta una clara jerarquización y coherencia al describir los principios del funcionamiento de la espectroscopía y las partes del espectroscopio de absorción y emisión, además, diferencia los aspectos relevantes de cada técnica.</p>	<p>El mapa conceptual presenta jerarquización y coherencia al describir los principios del funcionamiento de la espectroscopía y las partes del espectroscopio de absorción y emisión, además, diferencia los aspectos relevantes de cada técnica.</p>	<p>El mapa conceptual presenta cierta jerarquización y coherencia al describir los principios del funcionamiento de la espectroscopía y las partes del espectroscopio de absorción y emisión, además, diferencia los aspectos relevantes de cada técnica.</p>	<p>El mapa conceptual no presenta jerarquización y coherencia al describir los principios del funcionamiento de la espectroscopía y las partes del espectroscopio de absorción y emisión, además, diferencia los aspectos relevantes de cada técnica.</p>

## Actividad de Cierre, Diagnóstica y de Repaso de la categoría de Formalización

### Instrucción

Esta primera actividad diagnóstica y de repaso, tiene como finalidad revisar los conceptos tratados en las actividades previas de la categoría de Formalización de este Proyecto Curricular y determinar oportunidades de mejora en la comprensión de los elementos conceptuales asociados a la espectroscopía de absorción y emisión atómica.

Tenga en cuenta que no se le asignará una apreciación evaluativa y que debe responder con sinceridad, al final, el docente encargado realizará una retroalimentación a las respuestas.

1. Defina los siguientes conceptos con sus propias palabras:
  - Espectro
  - Fotón
  - Absorción
  - Emisión
  - Espectroscopía
2. Señale cronológicamente 5 hechos o acontecimientos importantes en la consolidación de la técnica de espectroscopía de absorción y emisión atómica.
3. Mencione 2 implicaciones y avances en la técnica de espectroscopía de absorción y emisión atómica.
4. Describa los principios de Funcionamiento de la espectroscopía y las partes del espectroscopio de absorción y emisión.
5. Mencione algunas diferencias entre las Técnicas de Espectroscopía de absorción y emisión.

## Actividad 4

### Diagrama del Sistema Instrumental

<b>Identificación de la actividad</b>	
<i>Nivel de Aprendizaje:</i>	Superficial o Profundo.
<i>Nivel de Comprensión:</i>	Multiestructural.
<i>Contenido:</i>	Componentes del Sistema Instrumental.
<i>Tipología de Actividad:</i>	ACCRI.
<i>Resultado de Aprendizaje</i>	Interpretar el funcionamiento de los componentes del sistema instrumental del equipo utilizado para la técnica de espectroscopía de absorción y emisión atómica.

<b>Instrucción</b>
Con base al video propuesto por la Universidad Técnica Particular de Loja disponible en el siguiente enlace: <a href="https://www.youtube.com/watch?v=QQaFwvQs30M">https://www.youtube.com/watch?v=QQaFwvQs30M</a> , realizar un esquema utilizando las herramientas que se exponen en el documento orientador que presente información relevante sobre el funcionamiento y el papel de los componentes que integran el sistema instrumental del equipo utilizado para la técnica de espectroscopía de absorción y emisión atómica.

<b>Material</b>
Se sugiere la revisión del siguiente documento orientador para la elaboración del diagrama. Universidad de Veracruz. Recuperado de: <a href="https://www.uv.mx/personal/aherrera/files/2020/05/DIAGRAMAS-DE-FLUJO.pdf">https://www.uv.mx/personal/aherrera/files/2020/05/DIAGRAMAS-DE-FLUJO.pdf</a>

<b>Parámetros y condiciones de Entrega</b>
Se debe entregar el trabajo en parejas, en un tiempo estimado de ejecución no mayor a 2 horas y en el material de su preferencia (escrito o magnético).

<b>Parámetros y condiciones de Evaluación</b>			
Avanzado	Satisfactorio	En proceso	No Satisfactorio
El diagrama muestra una excelente interpretación del funcionamiento y el papel de los componentes que integran el sistema instrumental del equipo utilizado para la técnica de espectroscopía de absorción y emisión atómica.	El diagrama muestra una correcta interpretación del funcionamiento y el papel de los componentes que integran el sistema instrumental del equipo utilizado para la técnica de espectroscopía de absorción y emisión atómica.	El diagrama muestra alguna interpretación del funcionamiento y el papel de los componentes que integran el sistema instrumental del equipo utilizado para la técnica de espectroscopía de absorción y emisión atómica.	El diagrama no muestra una interpretación del funcionamiento y el papel de los componentes que integran el sistema instrumental del equipo utilizado para la técnica de espectroscopía de absorción y emisión atómica.

## Actividad 5

*Elaboración de un Resumen Analítico de las Operaciones y Limitaciones del Instrumento de la espectroscopía de absorción y emisión atómica.*

<b>Identificación de la actividad</b>	
<i>Nivel de Aprendizaje:</i>	Superficial o Profundo.
<i>Nivel de Comprensión:</i>	Multiestructural.
<i>Contenido:</i>	Operaciones y Limitaciones del Instrumento de espectroscopía de absorción y emisión atómica.
<i>Tipología de Actividad:</i>	ACCRI.
<i>Resultado de Aprendizaje</i>	Condensar las operaciones y limitaciones del Instrumento de espectroscopía de absorción y emisión atómica.

<b>Instrucción</b>
Elaborar un resumen analítico sobre las operaciones y limitaciones del Instrumento de espectroscopía de absorción y emisión atómica, a partir del material presentado para la actividad.

<b>Material</b>
Harris, D. (2010). Quantitative Chemical Analysis 8th Edition. Chapter 20, 488-495. W.H. Freeman and Company.

<b>Parámetros y condiciones de Entrega</b>
La extensión del resumen no debe ser mayor a una página, arial 11, interlineado sencillo, de forma individual y entregarlo en la siguiente sesión.

<b>Parámetros y condiciones de Evaluación</b>
Para el análisis de la información recolectada en esta actividad, se propone utilizar el programa Nvivo 12 Pro, un software libre por 14 días dirigido a la investigación de métodos cualitativos y mixtos; enfocado en organizar, analizar y encontrar perspectivas en datos no estructurados o cualitativos, como: entrevistas, respuestas de encuestas con preguntas abiertas, artículos, contenido de las redes sociales y la web. De esta manera, poder categorizar y analizar la información a partir de las tendencias encontradas en los resúmenes.
Es importante aclarar, que en este aspecto no se tendrá en cuenta los parámetros de evaluación descritos, pues será una intervención de tipo cualitativo.

## Actividad 6

*Diagrama de Proceso frente de la Operación del Equipo*

<b>Identificación de la actividad</b>	
<i>Nivel de Aprendizaje:</i>	Profundo
<i>Nivel de Comprensión:</i>	Multiestructural
<i>Contenido:</i>	Requisitos para enfrentarse a la operación de un espectroscopio.
<i>Tipología de Actividad:</i>	ACCRI.
<i>Resultado de Aprendizaje</i>	Secuenciar los requisitos para enfrentarse a la operación de un espectroscopio de absorción y emisión atómica en cuanto a sus operaciones básicas y a su encendido.

<b>Instrucción</b>
<p>Diseñe un diagrama de proceso con base a la información presentada en el capítulo 3 y 4 del material destinado para esta actividad.</p> <p>Tenga en cuenta en utilizar las herramientas adecuadas descritas en el material orientador sugerido, los símbolos pertinentes e incorporar la información sobre las operaciones básicas y la secuencia para el encendido y la toma de lectura de muestras.</p>

<b>Material</b>
<p>Universidad EAN. (2018). Manual de aplicación y generalidades de un espectrofotómetro de absorción atómica Shimadzu AA-700. Recuperado de: <a href="https://editorial.universidadean.edu.co/acceso-abierto/aplicaciones-y-generalidades-de-un-espectrofotometro-aa700-ean.pdf">https://editorial.universidadean.edu.co/acceso-abierto/aplicaciones-y-generalidades-de-un-espectrofotometro-aa700-ean.pdf</a></p>

<b>Parámetros y condiciones de Entrega</b>
<p>Se debe entregar el trabajo en parejas, en un tiempo estimado de ejecución no mayor a 1 hora y en el material de su preferencia (escrito o magnético).</p> <p>Se sugiere la revisión del siguiente documento orientador para la elaboración del diagrama.  <b>Universidad de Veracruz.</b> Recuperado de: <a href="https://www.uv.mx/personal/aherrera/files/2020/05/DIAGRAMAS-DE-FLUJO.pdf">https://www.uv.mx/personal/aherrera/files/2020/05/DIAGRAMAS-DE-FLUJO.pdf</a></p>

<b>Parámetros y condiciones de Evaluación</b>			
Avanzado	Satisfactorio	En proceso	No Satisfactorio
<p>El diagrama de proceso secuencia correctamente las precauciones antes de encender el equipo, el encendido secuencial del instrumento y los parámetros de configuración para la toma y lectura de muestras.</p>	<p>El diagrama de proceso secuencia adecuadamente las precauciones antes de encender el equipo, el encendido secuencial del instrumento y los parámetros de configuración para la toma y lectura de muestras.</p>	<p>El diagrama de proceso secuencia parcialmente las precauciones antes de encender el equipo, el encendido secuencial del instrumento y los parámetros de configuración para la toma y lectura de muestras.</p>	<p>El diagrama de proceso no secuencia las precauciones antes de encender el equipo, el encendido secuencial del instrumento y los parámetros de configuración para la toma y lectura de muestras.</p>

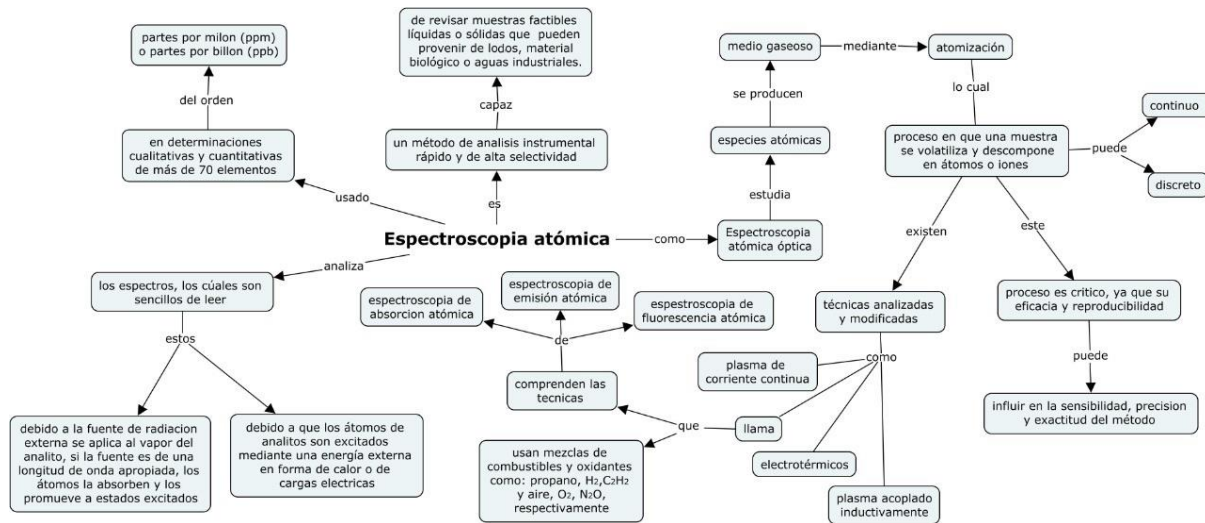
## Actividad de Cierre, Diagnóstica y de Repaso de la categoría de Reporte

### Instrucción

Esta segunda actividad diagnóstica y de repaso, tiene como finalidad revisar los conceptos tratados en las actividades previas de la categoría de Reporte de este Proyecto Curricular y determinar oportunidades de mejora en la comprensión de los elementos conceptuales asociados a la espectroscopía de absorción y emisión atómica.

1. Nombre y explique el funcionamiento de dos partes del espectroscopio de absorción y emisión atómica.
2. Explique las principales diferencias entre la técnica de absorción y la técnica de emisión atómica.
3. Describa dos limitaciones que puede tener la técnica de absorción y emisión atómica.
4. Si Luis necesita tomar lectura de Pb en una muestra líquida, realice un esquema para explicar a Luis el proceder en el equipo para la lectura de Pb en la muestra.

Además, como material de referencia se adjunta un organizador de ideas desarrollado por los autores con las generalidades de la técnica.

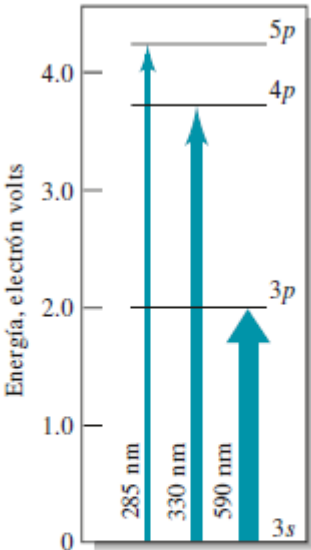


## Actividad 7

### Ejercicios

Identificación de la actividad	
Nivel de Aprendizaje:	Profundo.
Nivel de Comprensión:	Relacional.
Contenido:	Laboratorios Guiados y buenas prácticas de laboratorio
Tipología de Actividad:	ACCRI.
Resultado de Aprendizaje	Aplicar los elementos conceptuales sobre la técnica de espectroscopía de absorción y emisión atómica para la resolución de ejercicios.

Instrucción
Resuelve los numerales propuestos en la siguiente guía de ejercicios. Tenga en cuenta que los ejercicios se resolverán en sesiones de clase activas con el fin de que haya una constante retroalimentación con el docente y un trabajo colaborativo.

Material
<p style="text-align: center;"><b>Guía de Ejercicios</b></p> <p>1. La diferencia de energía entre los orbitales <math>3p</math> y <math>3s</math> de la figura 24.11 es de 2.107 eV. Calcule la longitud de onda de la radiación que sería absorbida al excitar el electrón <math>3s</math> hacia el estado <math>3p</math>, (recuerde que <math>1\text{eV} = 1.60 \times 10^{-19}\text{ J}</math>).</p> <div style="text-align: center;"><p>El diagrama muestra un eje vertical etiquetado como 'Energía, electrón volts' con marcas en 0, 1.0, 2.0, 3.0 y 4.0. Hay cuatro niveles de energía representados por líneas horizontales: 3s (cerca de 0 eV), 3p (cerca de 2.1 eV), 4p (cerca de 3.8 eV) y 5p (cerca de 4.2 eV). Se muestran tres flechas azules que indican transiciones de absorción desde el nivel 3s: una hacia 3p etiquetada con '590 nm', una hacia 4p etiquetada con '330 nm' y una hacia 5p etiquetada con '285 nm'.</p></div> <p><b>Figura 24.11</b> Diagrama parcial de los niveles de energía para el sodio. Muestra las transiciones que resultan de la absorción a 590, 330, y 285 nm.</p> <p>2. Calcule la frecuencia en Hertz de</p> <p>a) la línea a 694.3 nm producida por un láser de rubí</p>

- b) un pico de absorción infrarroja a 19.6  $\mu\text{m}$
- c) un haz de microondas a 1.86cm

3. Calcule la longitud de onda en centímetros de

- a) un VOR (radio ayuda para la navegación) que transmite a 114.1 kHz
- b) una señal de RMN (resonancia magnética nuclear) a 105 MHz
- c) un pico de absorción infrarroja con un numero de onda de 1210  $\text{cm}^{-1}$

4. Un método de análisis para la determinación de un componente cromóforo en muestras de vino tiene una curva de calibración sencilla que viene dada por la expresión:

$$\text{Señal} = (0.2996 \text{ ppb}^{-1}) * C + 0.003$$

- a) determine la concentración del analito si una muestra de vino presenta una señal de 0.425
- b) determine la sensibilidad del método

5. Determine lo que se solicita a continuación

- a) calcule la molaridad de una disolución que contiene 0.0345 de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  en exactamente 400 mL de disolución.
- b) calcule la cantidad de moles presentes en 35 mL de una disolución 2.20 M de ácido nítrico
- c) calcule los mililitros de una disolución 1.5 M de  $\text{KOH}$  necesarios para suministrar 0.125 moles de  $\text{KOH}$

6. Determine lo que se solicita a continuación

- a) ¿Cuántos gramos de soluto hay en 50,0 mL de  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  0.850 M?
- b) Si 2,50 g de  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  se disuelven en suficiente agua para formar 250 mL de disolución, ¿Qué molaridad tendrá la disolución?
- c) ¿Cuántos mililitros de  $\text{CuSO}_4$  0.387 M contienen 1,00 g de soluto?

7. Determine lo que se solicita a continuación

- a) ¿Cuántos mililitros de una solución stock de  $\text{HNO}_3$  12,0 M se necesitan para preparar 0,500 L de  $\text{HNO}_3$  0,500 M?
- b) si diluimos 25,0 mL de la disolución stock del enunciado anterior hasta un volumen final 0,500 L, ¿Qué concentración tendrá la solución diluida?

8. Con los siguientes datos, explique que rango de concentración se selecciona para construir la curva de calibración. También, determine la pendiente y el intercepto de la curva. Nota, este ejercicio se debe realizar en una hoja de papel milimétrico.

<b>Patrones de Cu <math>\mu\text{g/mL}</math></b>	0.02	0.04	0.06	0.08	0.10	0.15	0.20	0.25
<b>Señal de absorbancia</b>	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.22	1.25

9. Una muestra de 25 mL que contiene  $\text{Cd}^{+2}$  arroja una señal instrumental de 20,5. Al adicionar 0.5 mL de un patrón que contiene 0.03 M de cadmio, la señal aumento hasta 50.4

- a) Encuentre la concentración de cadmio en la muestra asumiendo que la señal es directamente proporcional, a la concentración del analito.

b) ¿Qué método de calibración se está aplicando en este análisis? Justifique

10. Una muestra de suero sanguíneo que contiene iones de sodio  $\text{Na}^+$ , dio una señal de emisión de 4,27 mV. Un pequeño volumen de un estándar de iones de sodio concentrado se añadió a la muestra de suero para aumentar la concentración de los iones de  $\text{Na}^+$  hasta 0.104 M, sin diluir significativamente la muestra. Luego, esta muestra de suero "enriquecida" mostro una señal de 7,98 mV en emisión atómica. Determine la concentración original de los iones de  $\text{Na}^+$ , en el suero.
11. Una muestra desconocida de  $\text{Cu}^{2+}$  arrojó una absorbancia de 0,262 en un análisis de absorción atómica. Luego 1,00 mL de solución de iones de  $\text{Cu}^{2+}$  con una concentración de 100,0 ppm se mezcló con 95,0 mL de la muestra desconocida, posteriormente la mezcla se diluyó a 100,0 mL en un matraz aforado. La absorbancia de la nueva solución fue 0,500. Encuentra la concentración original de  $\text{Cu}^{2+}$  en la muestra.
12. Para el análisis de zinc en muestras de agua potable, se usó espectroscopía de absorción atómica y se obtuvieron los siguientes resultados:

<b>Patrones de Zn (ng/mL)</b>	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8	<b>C<sub>1</sub></b>	<b>C<sub>2</sub></b>
<b>Señal de absorbancia</b>	0.15	0.30	0.45	0.60	0.75	0.90	1.01	<b>0.5</b>	<b>0.39</b>

$C_1$  y  $C_2$  corresponden a las señales obtenidas para las muestras de agua potable. Para el análisis se tomaron 10 mL de las muestras de agua potable y se diluyeron a un volumen final de 25 mL. Elabore la curva de calibración y determine la cantidad de zinc en las muestras. Tenga en cuenta el factor de dilución.

13. En la determinación de Pb en una harina de pescado contaminada, se tomaron 5.0 gramos de muestra. Se aplicó digestión con ácidos y se llevó a sequedad. Luego se aforo a 10 mL y se midió la absorbancia obteniéndose un valor de 0.012. En la siguiente tabla se presentan los datos de la curva de calibración realizada.

<b>Pb (<math>\mu\text{g/L}</math>)</b>	0.011	0.025	0.042	0.082
<b>Absorbancia</b>	0.001	0.005	0.009	0.020

- a) Determine la pendiente, el intercepto y el coeficiente de regresión de la curva de calibrado.
- b) Estime la concentración de Pb en la muestra en  $\mu\text{g/Kg}$  y el % de Pb en la harina de pescado.

14. Los siguientes patrones de potasio se leyeron a una longitud de 404.3 nm

<b>Patrón (<math>\mu\text{g K/mL}</math>)</b>	Blanco	5	10	20	30	Muestra
<b>Señal de emisión</b>	6	130	249	492	718	423

- a) Reste el blanco de cada intensidad de emisión y construya una curva de calibración, determine la pendiente, el intercepto y el coeficiente de variación.
- b) Determine la concentración de la muestra
- c) Use el método de mínimos cuadrados y halle  $S_m$ ,  $S_b$ ,  $S_y$

15. Los iones de litio  $\text{Li}^+$  presentes en una muestra fueron determinados por emisión atómica, usando adición de patrón de una solución que contenía  $1,62\mu\text{g Li / mL}$ . Obteniéndose la siguiente tabla de datos:

Muestra desconocida (mL)	Patrón (mL)	Volumen final (mL)	Señal de emisión atómica
10,00	0,00	100,0	309
10,00	5,00	100,0	452
10,00	10,00	100,0	600
10,00	15,00	100,0	765
10,00	20,00	100,0	906

Elabore la gráfica preparada con adición de patrón para encontrar la concentración de  $\text{Li}^+$  en la muestra original.

**Elaborado por:** Julián Reyes y Carlos Riveros.

#### Parámetros y condiciones de Entrega

Se debe entregar el trabajo en grupos de máximo cuatro personas. Tenga en cuenta las recomendaciones que se hacen en algunos numerales de la guía. Para el desarrollo de esta actividad se considera el uso de dos sesiones de clase (3 horas).

#### Parámetros y condiciones de Evaluación

Avanzado	Satisfactorio	En proceso	No Satisfactorio
Aplica los elementos conceptuales sobre la técnica de espectroscopía de absorción y emisión atómica para la resolución acertada de 15 ejercicios.	Aplica los elementos conceptuales sobre la técnica de espectroscopía de absorción y emisión atómica para la resolución acertada entre 12 y 14 ejercicios.	Aplica los elementos conceptuales sobre la técnica de espectroscopía de absorción y emisión atómica para la resolución acertada entre 7 y 11 ejercicios.	Aplica los elementos conceptuales sobre la técnica de espectroscopía de absorción y emisión atómica para la resolución acertada de 6 o menos ejercicios.

#### Bibliografía

Harris, D. (2010). Quantitative Chemical Analysis 8th Edition. W.H. Freeman and Company

Sánchez, M. (2015). Guía ejercicios de análisis instrumental. Universidad de los Andes. Departamento de Química. Venezuela. Recuperado de: <https://www.coursehero.com/file/40500987/guia-analisis-instru-masppdf/>

Skoog, D. A., West, D. M., Holler, F. J., & Crouch, S. R. (2015). *Fundamentos de química analítica* (9a. ed. --.). México D.F.: Cengage Learning.

## Actividad 2 de socialización y explicación por parte del Docente

Instrucción
<p>En primer lugar, se propone una charla por parte del personal de laboratorio sobre las buenas prácticas de laboratorio, uso de material de laboratorio, la disposición de residuos y reconocimiento de las instalaciones del laboratorio.</p>
<p>En segundo lugar, el docente realizará una retroalimentación del proceder de una práctica de laboratorio dispuesta en el Manual de Laboratorio de Química Analítica de la Universidad de Santiago de Compostela denominada “Determinación de Hierro en Vino mediante Espectrometría de Absorción Atómica con Llama”, disponible en el siguiente enlace: <a href="https://www.usc.es/export9/sites/webinstitucional/gl/centros/quimica/curso/grao/Manual_Laboratorio_QAIII.pdf">https://www.usc.es/export9/sites/webinstitucional/gl/centros/quimica/curso/grao/Manual_Laboratorio_QAIII.pdf</a></p>
<p>De esta manera, los participantes de la intervención están familiarizados con cálculos, buenas prácticas de laboratorio y el proceder en la determinación de un analito de interés por esta técnica.</p>

## Actividad 8

*Práctica de Laboratorio frente a Simulador Virtual de la técnica*

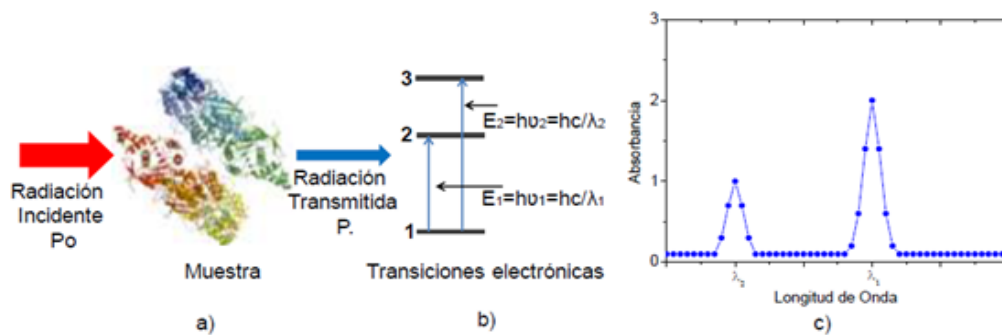
<b>Identificación de la actividad</b>	
<i>Nivel de Aprendizaje:</i>	Profundo.
<i>Nivel de Comprensión:</i>	Relacional.
<i>Contenido:</i>	Empleo de Laboratorios para fomentar la comprensión de la técnica y uso de TICs.
<i>Tipología de Actividad:</i>	ACCRI.
<i>Resultado de Aprendizaje</i>	Predecir la concentración de analitos de interés en una muestra falseada realizando la curva de calibración correspondiente mediante el uso de un simulador de espectroscopía de absorción y emisión atómica.

<b>Instrucción</b>
Para el desarrollo del laboratorio tenga en cuenta la práctica que se presenta en la sección del Material.

<b>Material</b>
<p><b>Determinación de la concentración Fe, Mg, Ag y Cr en una muestra mediante un simulador virtual</b></p>
<p>A partir del uso del simulador de un espectroscopio de absorción y emisión atómica, desarrollado por Simulated Instruments (s.F.) disponible en el siguiente enlace: <a href="https://www.softpedia.com/get/Science-CAD/Atomic-Absorption-Spectrophotometry.shtml">https://www.softpedia.com/get/Science-CAD/Atomic-Absorption-Spectrophotometry.shtml</a> se pretende construir las curvas de calibración y rango de trabajo para determinar la concentración de ciertos metales en muestras problema.</p>
<p><b>Marco Teórico</b></p> <p>La EAEA, es actualmente una técnica de análisis ampliamente conocida, la popularización de su uso se ha extendido gracias a los científicos que han develado fenómenos o hechos que favorecieron la credibilidad en la técnica. Frente a ello, se mencionan principalmente, los postulados de la teoría cuántica expuestos por Planck, acerca de que los cuerpos a altas temperaturas emiten radiación y que esta tiene propiedades asociadas a los procesos de emisión y absorción. (Ortiz 2013). Dos postulados de la teoría cuántica que se deben señalar son:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Los átomos, iones y moléculas tienen la capacidad de existir sólo en ciertos estados discretos caracterizados por cantidades definidas de energía. Cuando una especie cambia su estado, absorbe o emite una cantidad de energía exactamente igual a la diferencia de energía entre los estados.</li> <li>● Cuando, átomos, iones o moléculas absorben o emiten radiación al transitar de un estado energético a otro, la frecuencia o la longitud de onda de la radiación se relaciona con la diferencia de energía entre los estados mediante la ecuación:</li> </ul> $E_1 - E_0 = hf = hc / \lambda$ <p>Donde <math>E_1</math> es la energía del estado más alto y <math>E_0</math> es la energía del estado más bajo (energéticamente hablando). Los términos <math>c</math> y <math>h</math> son la velocidad de la luz y la constante de Planck</p>

cuyo valor es  $6,62 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ , respectivamente,  $\lambda$  representa la longitud de onda y  $f$  la frecuencia (Cruz, Chamizo y Garritz, 1986).

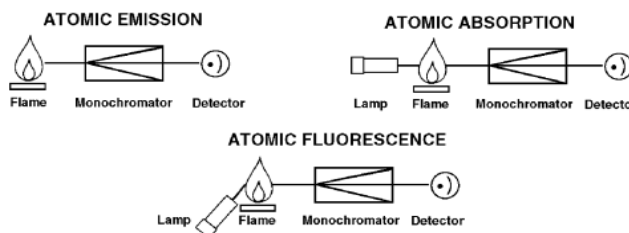
Una sustancia puede ser bombardeada con cualquier tipo de energía (calórica, eléctrica, lumínica) y esto generará un estímulo, que conducirá a que algunas especies transiten hacia un estado energético superior o excitado. De esta situación, se extrae información que puede relacionar la cantidad de radiación electromagnética absorbida en función de la longitud de onda. La medición de esa radiación absorbida suministra información respecto a la identidad y concentración de las especies excitadas, la Figura 1 presenta un esbozo de dicho proceso donde, a, es la radiación incidente en la muestra, b, menciona que para que haya absorción, la energía del haz incidente tiene que corresponder a una de las diferencias de energía que se muestran en b, y c, es el espectro de absorción resultante (Skoog, Holler y Crouch, 2008).



**Figura 1.** Proceso de absorción de la radiación. Tomado de Ortiz (2013).

La EAEA, como técnica se basa en el hecho de que un elemento atomizado, absorberá luz de una longitud de onda característica, elevándose de un estado inicial a un estado excitado y que la cantidad de energía lumínica absorbida es proporcional a la concentración de la especie química. Dentro del ajuste de la técnica, esta se calibra introduciendo concentraciones conocidas de los átomos del analito en el paso de la luz y representado la absorción frente a la curva de concentración (Agilent Technologies, 2016b).

En general, la técnica de EAEA, se compone de una lámpara, que emite luz para el elemento de interés, un atomizador que cumple la función de convertir una muestra líquida en átomos libres que absorben la energía de la lámpara, un monocromador que se encarga de seleccionar la longitud de onda utilizada para la medida y un detector que cuantifica la luz absorbida por los átomos libres. En la Figura 2, se presenta de una manera sintética los sistemas de espectroscopía atómica.



**Figura 2.** Sistemas de espectroscopía atómica. Tomado de Beaty y Kerber (1997).

Dependiendo del atomizador que se utilice para ionizar los átomos, hablaremos de espectroscopía de absorción atómica con llama, espectroscopía de absorción atómica con cámara de grafito y espectroscopía por absorción atómica con generación de hidruros, plasma de acoplamiento inductivo - ICP (Agilent Technologies, 2016b). En la EAEA, la cantidad de fotones absorbidos se determina mediante la ley de Beer Bouguer Lambert, que relaciona la disminución del poder radiante, con la concentración de átomos ionizados y el espesor del recipiente que contiene los átomos (Rocha, 2000).

A la fecha, la EAEA en llama es la técnica más ampliamente utilizada para determinar sustancias inorgánicas, además, ofrece variados beneficios y es de costo bajo si se compara con otras técnicas espectroscópicas. Adicionalmente, esta técnica, se puede aplicar en una alta variedad de muestras, que si se acoplan a un horno de grafito o a un generador de hidruros logran detecciones del orden de partes por billón (ppb). Se debe agregar a lo ya descrito, que una muestra líquida es aspirada a través de un tubo capilar y conducida al nebulizador donde se genera un rocío de gotas del líquido, que son conducidas a una flama donde se producen los átomos absorbentes, En la Figura 3. se observan los procesos que experimenta una solución muestra con estos sistemas de atomización en la llama. (Skoog, 2008).



**Figura 3.** Diagrama del proceso de atomización en una llama. Tomado de Razmilic, s.f.

### Objetivo

Elaborar las curvas de calibración y rango de trabajo mediante el uso del simulador de espectroscopía de absorción y emisión atómica para Fe, Mg, Cr y Ag, respectivamente.

Determinar la concentración mediante el uso del simulador de espectroscopía de absorción y emisión atómica para Fe, Mg, Cr y Ag en una muestra.

### Procedimiento

Para dar cumplimiento a los objetivos de la práctica de laboratorio, se proponen los siguientes numerales:

1. Ingrese al siguiente enlace, descargue e instale el simulador de espectroscopía de absorción y emisión atómica, <https://www.softpedia.com/get/Science-CAD/Atomic-Absorption-Spectrophotometry.shtml>

**SOFTPEDIA** WINDOWS DRIVERS GAMES MAC ANDROID APK LINUX NEWS & REVIEWS

Softpedia > Windows > Science / CAD > Atomic Absorption Spectrophotometry

**Atomic Absorption Spectrophotometry 1.0.2.0**

ADD TO WATCHLIST  
SEND US AN UPDATE

2 SCREENSHOTS:

RUNS ON:  
Windows 8 32/64 bit  
Windows 7  
Windows Vista  
Windows XP

DESCRIPTION **FREE DOWNLOAD** 100% CLEAN REPORT MALWARE

**An educational application that can be used by chemistry teachers to demonstrate the performance of an atomic absorption spectrophotometer**

Atomic Absorption Spectrophotometry is aimed at chemistry teachers to help them simulate an atomic absorption spectrophotometer.

The program contains an interactive simulation, which can be customized to fit the criteria of any atomic absorption theory.

**System requirements**

- .NET FRAMEWORK 4.0

**Filed under**

#Atomic absorption spectrophotometer, #Spectrophotometer simulator, #Atomic absorption simulation, #Spectrophotometer, #Spectrophotometry, #Absorption, #Chemistry

**DOWNLOAD** Atomic Absorption Spectrophotometry 1.0.2.0 for Windows

Back

## Atomic Absorption Spectrophotometry

Download locations

- Softpedia Secure Download (US)** RAR
- DOWNLOAD: External mirror 1 RAR

1.6 MB file size This download is provided to you FREE of charge.

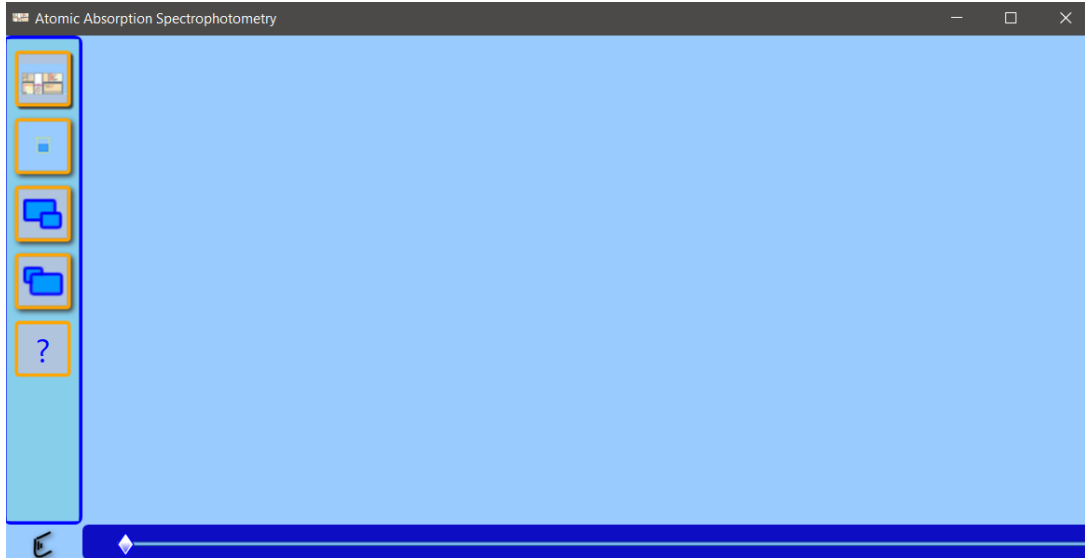
All files are original, Softpedia does not repack or modify downloads in any way.

Trouble downloading? Try Internet Download Manager (IDM)

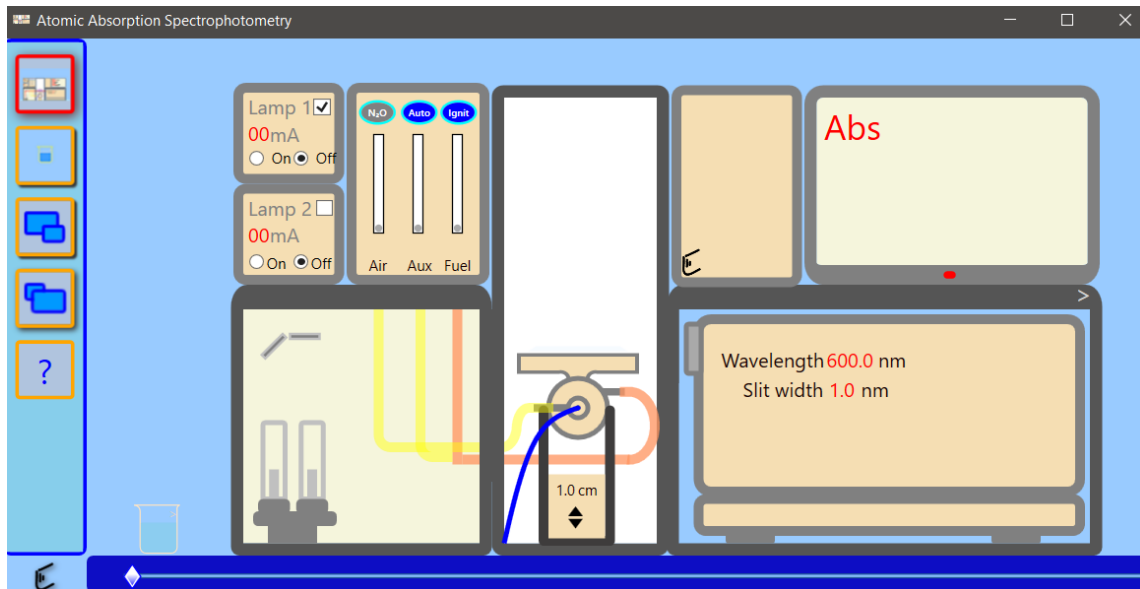
A **SOFTPEDIA** GENUINE DOWNLOAD

**Nota:** Se descargará un archivo .rar que deberá descomprimir en la carpeta deseada y darle clic al .exe llamado setup para instalar el programa.

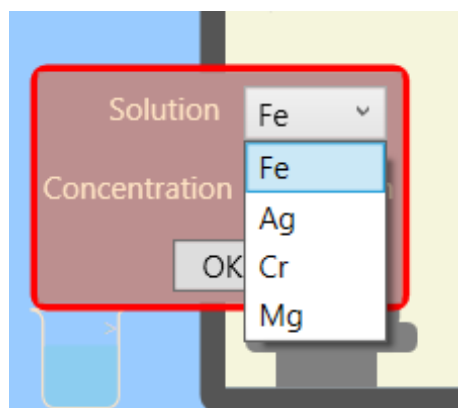
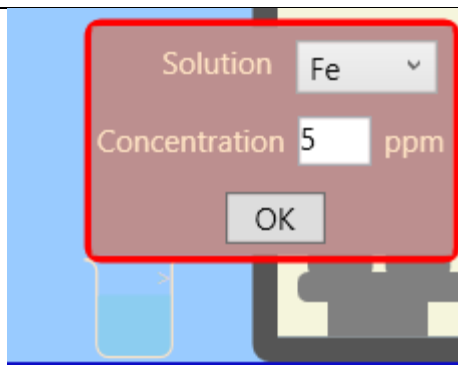
- Al abrirlo, encontrará la siguiente interfaz, donde el menú de lado izquierdo cuenta con 5 botones. Explicando de arriba hacia abajo, el primero permite colocar en la interfaz un espectroscopio; el segundo, permite colocar vasos de precipitado; el tercero y el cuarto, permitirán ajustar el tamaño de visualización del programa; y, el quinto, es un botón con información útil para enfrentarse a su uso.



Así,





- Para interactuar con el contenido del vaso de precipitado, debe darle clic derecho encima para desplegar el siguiente menú donde podrá ajustar el metal a analizar y su concentración.



4. Para darle uso al espectroscopio tenga en cuenta la siguiente información:


### Application Features

This software simulates the performance of an atomic absorption spectrophotometer. The software simulates some functionalities such as response to a solution of a cation according to absorbance-concentration curve provided by the lamp manufacturer, and the flame response to different fuel/oxidant ratios. Also extensive help is available which covers many of the fundamental concepts concerning atomic absorption.

By clicking appropriate buttons (   ) as many spectrophotometers or solutions can be placed on the table.

Click the beaker to choose an element from the list and enter its concentration.

Click a lamp and choose appropriate element from dropdown list, press OK and turn on the lamp.

Press  to ignite the flame. Flow rates for fuel and oxidant are chosen as to be appropriate for the element.

Put the beaker under the capillary and the monitor shows the absorbance.

Extensive help is available by double-clicking lamp, flame, nebulizer, monochromator and the burner. Help is also available by right clicking the window.

**Nota:** Es necesario dejar el equipo en automático para que determine la longitud de onda de máxima absorbancia, la altura del quemador y el slit.

5. Tenga en cuenta que, para la elaboración de las curvas de calibración, el simulador está diseñado para reconocer los siguientes rangos de concentración de acuerdo con cada elemento:
- Ag*: Desde 0,02 hasta 10ppm.
  - Cr*: Desde 0,06 hasta 15ppm.
  - Fe*: Desde 0,06 hasta 15ppm.
  - Mg*: Desde 0,003 hasta 1ppm.
6. Complete las siguientes tablas para el desarrollo de las curvas de calibración con la información obtenida del simulador:

<b>Ppm Ag</b>	0,5	2,0	4,0	6,0
<b>Absorbancia</b>				
<b>Ppm Cr</b>	1,0	2,0	3,0	7,0
<b>Absorbancia</b>				
<b>Ppm Fe</b>	1,0	3,0	6,0	9,0
<b>Absorbancia</b>				
<b>Ppm Mg</b>	0,01	0,05	0,1	0,3
<b>Absorbancia</b>				

**Nota:** En el simulador, para ingresar la concentración con decimales hay que usar el símbolo punto del computador y no la coma.

- Ingrese los datos en Excel y realice la curva de calibración para cada elemento.
- Una muestra falseada presentó los siguientes datos de absorbancia para cada uno de los metales,

<b>Metal</b>	Ag	Mg	Cr	Fe
<b>Absorbancia</b>	0,329	0,520	0,152	0,380

- Determine la concentración en ppm de cada uno de ellos, coloque los cálculos correspondientes.

Para el informe de laboratorio, adjunte pantallazos del uso del simulador, las tablas consolidadas, las curvas de calibración y los cálculos pertinentes.

**Elaborado por:** Julián Reyes y Carlos Riveros.

#### **Parámetros y condiciones de Entrega**

Se debe entregar el informe de laboratorio en grupos de máximo cuatro personas. Para el desarrollo de esta actividad se considera el uso de dos sesiones de clase (3 horas) y se debe entregar en un archivo de Word.

Parámetros y condiciones de Evaluación			
Avanzado	Satisfactorio	En proceso	No Satisfactorio
Aplica los elementos conceptuales sobre la técnica de espectroscopía de absorción y emisión atómica para la resolución acertada de 15 ejercicios.	Aplica los elementos conceptuales sobre la técnica de espectroscopía de absorción y emisión atómica para la resolución acertada entre 12 y 14 ejercicios.	Aplica los elementos conceptuales sobre la técnica de espectroscopía de absorción y emisión atómica para la resolución acertada entre 7 y 11 ejercicios.	Aplica los elementos conceptuales sobre la técnica de espectroscopía de absorción y emisión atómica para la resolución acertada de 6 o menos ejercicios.

Bibliografía
<p>Agilent Technologies (2016b). <i>Fundamentos de la espectroscopía atómica: Hardware</i>. [Diapositiva de PowerPoint]. Agilent Technologies. <a href="http://www.agilent.com/cs/library/slidepresentation/Public/5991-6593_Agilent_Atomic%20Spectroscopy_Hardware_ES.pptx">http://www.agilent.com/cs/library/slidepresentation/Public/5991-6593_Agilent_Atomic%20Spectroscopy_Hardware_ES.pptx</a></p> <p>Beaty, R. y Kerber, J. (1997). <i>Concepts, Instrumentation and Techniques in Atomic Absorption Spectrophotometry</i>. The Perkin-Elmer Corporation. Norwalk, USA.</p> <p>Cruz, D., Chamizo, J. y Garriz, A. (1986). <i>Estructura atómica. Un enfoque químico</i>. Fondo Educativo Interamericano. México.</p> <p>Ortiz, A. (2013). Enseñanza-aprendizaje bajo un enfoque constructivista de los fundamentos de la espectroscopía: estudio de caso para el curso de laboratorio de química analítica e instrumental dirigido a estudiantes de ingeniería de materiales de la universidad de Antioquia. Tesis (maestría). Universidad Nacional de Colombia. Medellín, Colombia.</p> <p>Razmilic, B. (s.f.) <i>Espectroscopía de absorción atómica</i>. Merck química Chilena Soc. Ltda. Recuperado de: <a href="http://www.fao.org/3/ab482s/AB482S04.htm">http://www.fao.org/3/ab482s/AB482S04.htm</a></p> <p>Rocha, E. (2000). <i>Principios básicos de espectroscopía</i>. Editorial UACH. México.</p> <p>Skoog, D., Holler, F. y Crouch, S. (2008). <i>Principios de análisis instrumental</i>, México DF, México, Cengage Learning.</p>

## Actividad 9

*Video explicativo sobre la determinación de un analito de forma experimental*

<b>Identificación de la actividad</b>	
<i>Nivel de Aprendizaje:</i>	Profundo.
<i>Nivel de Comprensión:</i>	Relacional.
<i>Contenido:</i>	Evaluación de adaptaciones para la determinación de algún mensurando mediante la técnica.
<i>Tipología de Actividad:</i>	ACCM.
<i>Resultado de Aprendizaje</i>	Explicar las metodologías para la determinación experimental mediante la técnica de espectroscopía de absorción y emisión atómica de un analito descrito en un artículo de investigación.

<b>Instrucción</b>
Realice un video con su grupo donde explique todos y cada uno de los apartados (Resumen, objetivos, marco teórico, metodología, resultados y conclusiones) de uno de los siguientes artículos de investigación para la determinación o cuantificación de un analito mediante la técnica espectroscopía de absorción y emisión atómica que se muestran en la sección de Material.

<b>Material</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Fakayode, S., King, A., Yakubu, M., Mohammed, A. y Pollard, D. (2012). Determination of Fe Content of Some Food Items by Flame Atomic Absorption Spectroscopy (FAAS): A Guided-Inquiry Learning Experience in Instrumental Analysis Laboratory. <i>Journal of Chemical Education</i>. 89(1), 109 – 113.</li> <li>2. Niece, B. y Hauri, J. (2013). Determination of Mercury in Fish: A Low-Cost Implementation of Cold-Vapor Atomic Absorbance for the Undergraduate Environmental Chemistry Laboratory. <i>Journal of Chemical Education</i>. 90(4), 487 – 489</li> <li>3. Lopez-Lozano, Lorena &amp; Bru, Irene &amp; Bru, Antonio &amp; Fernández, Manuel &amp; González-Estecha, Montserrat. (2015). Procedimiento de validación de un método para cuantificar cobalto en suero por espectroscopía de absorción atómica con atomización electrotérmica. <i>Revista del Laboratorio Clínico</i>. 8.</li> <li>4. López, Esteban Pérez, y Rodríguez, Diana Carlina Alvarado. (2018). Cuantificación por absorción atómica de Cu, Fe y Zn en alcohol destilado y agua. <i>Cuadernos de Investigación UNED</i>, 10(2), 387-396.</li> </ol>

<b>Parámetros y condiciones de Entrega</b>
En grupos de 4 personas máximo, entregar una presentación en forma de video que no supere 15 minutos y donde se destaquen los elementos mencionados en la instrucción. Se debe entregar el producto en la siguiente sesión de clase.

<b>Parámetros y condiciones de Evaluación</b>		
Avanzado	En proceso	No Satisfactorio
El vídeo cumple con la explicación acertada de la metodología para la determinación experimental mediante la técnica de espectroscopía de absorción y emisión atómica de un analito descrito en un artículo de investigación.	El vídeo cumple con la explicación parcial de la metodología para la determinación experimental mediante la técnica de espectroscopía de absorción y emisión atómica de un analito descrito en un artículo de investigación.	El video no cumple con la explicación de la metodología para la determinación experimental mediante la técnica de espectroscopía de absorción y emisión atómica de un analito descrito en un artículo de investigación.

## Actividad de Cierre, Diagnóstica y de Repaso de la categoría de Aplicación

Instrucción
Como actividad de cierre, se propone una revisión grupal de los videos para realizar la retroalimentación de los elementos conceptuales de la técnica, analizar las metodologías descritas, posibles oportunidades de mejora en el material y una puesta en escena como grupo para consolidar la comprensión del entramado conceptual de la técnica.

## Actividad 10

*Diseñar una Práctica de Laboratorio para la determinación experimental de Hierro*

<b>Identificación de la actividad</b>	
<i>Nivel de Aprendizaje:</i>	Profundo.
<i>Nivel de Comprensión:</i>	Abstracto Ampliado.
<i>Contenido:</i>	Dificultades por parte de profesores y estudiantes en el proceso de aprehensión de la red conceptual sobre la técnica.
<i>Tipología de Actividad:</i>	ACCRI.
<i>Resultado de Aprendizaje</i>	Proponer una práctica de laboratorio para llevar a cabo de forma experimental la determinación de hierro en una muestra problema por medio de la técnica de espectroscopía de absorción y emisión atómica.

<b>Instrucción</b>
Teniendo en cuenta los datos recogidos en la Actividad #7, dentro de la cual se usó un simulador virtual para la determinación de hierro en una muestra problema por medio de la técnica de espectroscopía de absorción y emisión atómica, proponga una práctica de laboratorio cuyos resultados le permitan hacer un análisis de las implicaciones de ambas metodologías.

<b>Material</b>
<p>Para tal fin, debe proponer un documento que contenga:</p> <p>Título, Resumen, Abstract, Palabras Clave, Objetivos, Marco Referencial (Máx. 1 página), Metodología y Bibliografía.</p> <p>Recuerde que dentro del apartado metodológico debe plantear la preparación de soluciones, lectura en el instrumento, elaboración de curva y patrones para la calibración, preparación de la muestra, fichas de seguridad y los cálculos necesarios.</p> <p>Como referente, se sugiere el siguiente material para la estructura de la práctica: Manual de Prácticas de Laboratorio de la Universidad Industrial de Santander (2012) Recuperado de: <a href="http://matematicas.uis.edu.co/9simposio/sites/default/files/V00Man08OrganII_MFOQ-OR.02_13112012.pdf">http://matematicas.uis.edu.co/9simposio/sites/default/files/V00Man08OrganII_MFOQ-OR.02_13112012.pdf</a></p>

<b>Parámetros y condiciones de Entrega</b>
Se deben mantener los integrantes del grupo de 4 personas que han trabajado en el proyecto, se puede entregar en el medio que sea de preferencia. Deben tener preparada la práctica para la siguiente sesión de clase para que el docente encargado revise la información y le haga los comentarios pertinentes antes de la aprobación y verificación en el laboratorio.

<b>Parámetros y condiciones de Evaluación</b>	
Avanzado	No Satisfactorio
La práctica de laboratorio propuesta para llevar a cabo de forma experimental la determinación de hierro en una muestra problema por medio de la técnica de espectroscopía de absorción y emisión atómica es acertada y cumple con los requisitos para su ejecución.	La práctica de laboratorio propuesta para llevar a cabo de forma experimental la determinación de hierro en una muestra problema por medio de la técnica de espectroscopía de absorción y emisión atómica no es acertada y no cumple con los requisitos para su ejecución.

## Actividad 11

*Informe de Laboratorio sobre la práctica diseñada y contraste de información obtenida por las dos metodologías*

<b>Identificación de la actividad</b>	
<i>Nivel de Aprendizaje:</i>	Profundo.
<i>Nivel de Comprensión:</i>	Abstracto Ampliado.
<i>Contenido:</i>	Identificación de Errores conceptuales y formación de profesores para la enseñanza de la técnica.
<i>Tipología de Actividad:</i>	ACCRI.
<i>Resultado de Aprendizaje</i>	Reflexionar en torno a las implicaciones conceptuales y metodológicas sobre los datos obtenidos mediante una práctica experimental y el uso de un simulador para la determinación de hierro en una muestra problema por medio de la técnica de espectroscopía de absorción y emisión atómica.

<b>Instrucción</b>
<p>Teniendo en cuenta la práctica propuesta en la Actividad 10, lleve a cabo su contenido y presente un informe de laboratorio con los parámetros descritos en la Actividad 8.</p> <p>Analice los resultados obtenidos en la práctica experimental a partir de ítems como la elaboración de la curva de calibración, determinación de la ecuación de la recta, ajuste de bondad de la r, rechazo de datos para consolidación del rango de trabajo y la corrección de concentraciones si dentro del procedimiento hubo diluciones.</p> <p>Por último, comparar los datos obtenidos experimentalmente con los datos del simulador y realice un análisis a modo de reflexión frente a las implicaciones conceptuales y metodológicas de los procedimientos.</p>

<b>Parámetros y condiciones de Entrega</b>
<p>Se deben mantener los integrantes del grupo de 4 personas que han trabajado en el proyecto, se puede entregar en el medio que sea de preferencia. Para esta actividad, se plantean 3 momentos: El primero, el laboratorio de forma presencial; el segundo, la elaboración del informe de laboratorio entre los integrantes del grupo; y el tercero, la revisión por parte del docente del informe.</p>

<b>Parámetros y condiciones de Evaluación</b>	
Avanzado	No Satisfactorio
<p>El informe de laboratorio sobre la práctica de forma experimental la determinación de hierro en una muestra problema por medio de la técnica de espectroscopía de absorción y emisión atómica presenta reflexiones concretas frente a los elementos conceptuales y metodológicos de la técnica.</p>	<p>El informe de laboratorio sobre la práctica de forma experimental la determinación de hierro en una muestra problema por medio de la técnica de espectroscopía de absorción y emisión atómica no presenta reflexiones concretas frente a los elementos conceptuales y metodológicos de la técnica.</p>

## Actividad 12

*Artículo sobre la propuesta de enseñanza - aprendizaje para la determinación de un analito en la técnica bajo dos metodologías*

<b>Identificación de la actividad</b>	
<i>Nivel de Aprendizaje:</i>	Profundo.
<i>Nivel de Comprensión:</i>	Abstracto Ampliado.
<i>Contenido:</i>	Propuesta de Enseñanza – Aprendizaje sobre la técnica.
<i>Tipología de Actividad:</i>	ACCRI.
<i>Resultado de Aprendizaje</i>	Construir un artículo sobre la propuesta de enseñanza - aprendizaje para la determinación de un analito en la técnica bajo la técnica espectroscopía de absorción y emisión atómica mediante el uso de un simulador y una ejecución experimental.

<b>Instrucción</b>
Con respecto al material construido y abordado durante todo el proyecto y en particular, en las Actividades #8, 9,10 y 11, construya un artículo publicable en alguna revista o evento de divulgación de conocimiento en ciencias que aborde las implicaciones metodológicas y conceptuales de la técnica.

<b>Material</b>
Se propone revisar los parámetros para su realización a partir de las siguientes referencias:
Revista Tecné, Episteme e Didaxis. Página web: <a href="https://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/TED/about/submissions">https://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/TED/about/submissions</a>
Revista MadoQuim. Boletín PPDQ. Página web: <a href="https://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/PPDQ/about/submissions">https://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/PPDQ/about/submissions</a>
Congresos o eventos de divulgación científica vigentes para el tiempo en el cual se esté implementando el proyecto.

<b>Parámetros y condiciones de Entrega</b>
Se deben mantener los integrantes del grupo de 4 personas que han trabajado en el proyecto, se puede entregar en el medio que sea de preferencia. Para esta actividad, se plantean 3 momentos: El primero, elaboración del artículo; el segundo, la retroalimentación por parte del docente; y el tercero, el acompañamiento para la publicación de la experiencia educativa.

<b>Parámetros y condiciones de Evaluación</b>
En este apartado, se sugiere no contar un parámetro de evaluación directo, puesto que se considera que la revisión por parte del docente da cuenta del cumplimiento de la estructura y reflexiones a lugar del ejercicio por parte de los participantes. Sin embargo, es importante destacar que el docente es autónomo de atribuir una valoración cuantitativa.
Por otro lado, el hecho de someter el artículo a una revista o evento de divulgación científica ya se considera como un ejercicio de alta demanda, para así mismo, obtener una retroalimentación de pares académicos frente a la pertinencia, coherencia e importancia del documento construido.

## Actividad de Cierre, Diagnóstica y de Repaso de la categoría de Implicaciones Didácticas

Instrucción
Se propone la divulgación de los artículos realizados por grupos para ultimar los detalles para su publicación. Además de realizar una mirada hacia atrás a través de toda la información adquirida durante la implementación de este proyecto curricular, evaluar alcances, oportunidades y posibles acciones de mejora para seguir fortaleciendo la educación en ciencias y en particular, la comprensión del entramado e implicaciones conceptuales y metodológicas de la técnica de espectroscopía de absorción y emisión atómica.

### 8. Seguimiento y mejora del Proyecto Curricular

Como se había mencionado en apartados anteriores, el docente que haga uso de este proyecto curricular para la enseñanza de la técnica de espectroscopía de absorción y emisión atómica puede realizar cualquier cambio desde la libertad metodológica y pedagógica donde tiene gran relevancia el contexto en el cual está inmerso, y, por lo tanto, se sugiere una revisión anual de los contenidos tratados y evaluados en el proyecto, y así estar acorde con los avances y necesidades propias de la química.

**Elaborado por:** Julián Reyes y Carlos Riveros.

## Anexo 2. Rúbrica para la validación del proyecto.

### Rúbrica de Evaluación para el Proyecto Curricular para la enseñanza de la Espectroscopía de Absorción y Emisión Atómica desde el Alineamiento Constructivo

Julián David Reyes Galvis  
Carlos Mario Riveros Toro  
Diego Alexander Blanco Martínez

Estimado(a) docente, el trabajo evaluativo que usted realizará servirá de contribución al desarrollo de la tesis de maestría titulada: **UNA REVISIÓN DOCUMENTAL SOBRE LA ESPECTROSCOPIA DE ABSORCIÓN Y EMISIÓN ATÓMICA: CONSTRUCCIÓN DE UN PROYECTO CURRICULAR DESDE EL ALINEAMIENTO CONSTRUCTIVO**, para optar por el título de Magister en Docencia de la Química de la Universidad Pedagógica Nacional; en este sentido, teniendo en cuenta el rol colaborador es importante para nosotros conocer algunos aspectos de su trayectoria académica, personal y profesional en el campo de la enseñanza de las ciencias. Es importante resaltar que los datos allí consignados serán custodiados, de modo tal que al hacer referencia de dicha información se hará empleando nombres ficticios.

De antemano agradecemos su disposición y tiempo en este proceso.

Datos del profesor:

Nombres y apellidos	
Título de pregrado en	
Título(s) de posgrado en	
Programa en el que labora actualmente	
Institución educativa y/o universitaria	
Lugar de ubicación de la institución	
Correo de contacto	

Experiencia docente:

Años totales de experiencia profesional	
Años de experiencia docente	
Otro tipo de experiencia docente	

El presente instrumento tiene como objeto analizar la pertinencia didáctica del proyecto curricular en términos del alineamiento constructivo, el modelo 3P y la Taxonomía SOLO. En este proyecto, se presentan los elementos metodológicos y conceptuales implicados en el entramado conceptual asociado a la técnica de

espectroscopía de absorción y emisión atómica que está dirigido a profesionales en formación en ciencias. De esta manera, los contenidos presentados se encuentran alineados en términos de las variables pronóstico, proceso y producto; pero este último, da cuenta del aumento progresivo de la demanda que se requiere para las diferentes actividades.

Con lo anterior se le solicita de manera cordial, evalúe de forma general el proyecto curricular, de acuerdo con la descripción contenida en cada indicador empleando una escala de 1 a 5, donde 5 corresponde al cumplimiento total del indicador y 1 al no cumplimiento de este (recuerde que puede utilizar decimales, si así lo considera). Se solicita justificar cada uno de los indicadores con el fin de conocer su apreciación de forma cualitativa. Al finalizar, encontrará una casilla en la cual puede consignar los comentarios finales acerca del material evaluado.

En los indicadores encontrará unos asteriscos que hacen referencia a las siguientes notas:

\*Lo descrito en los párrafos de la Descripción General del Proyecto Curricular.

\*\*Lo mencionado en la Tabla 1 del Proyecto Curricular.

\*\*\*Lo abordado en la Figura 1 del Proyecto Curricular.

<b>Categoría</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Nivel de Cumplimiento</b>	<b>Observaciones</b>
<b>Formalización</b>	El nivel de aprendizaje propuesto para las actividades de la categoría de formalización corresponde con el nivel de demanda de trabajo de cada una de ellas*.		
	El resultado de aprendizaje propuesta para las actividades de la categoría de formalización es acorde con el nivel de comprensión de la Taxonomía SOLO**.		
	El nivel de comprensión de la Taxonomía SOLO propuesto para las actividades de la categoría de formalización es consecuente con el objetivo y el nivel de demanda de trabajo de cada una de ellas**.		
	Las temáticas abordadas en el conjunto de actividades que componen la categoría de formalización dan cuenta de los contenidos descritos en las relaciones		

	conceptuales que fueron producto de la revisión del estado del arte***.		
<b>Observación General para la Categoría</b>			
Reporte	El nivel de aprendizaje propuesto para las actividades de la categoría de reporte corresponde con el nivel de demanda de trabajo de cada una de ellas*.		
	La habilidad propuesta para las actividades de la categoría de reporte es acorde con el nivel de comprensión de la Taxonomía SOLO**.		
	El nivel de comprensión de la Taxonomía SOLO propuesto para las actividades de la categoría de reporte es consecuente con el objetivo y el nivel de demanda de trabajo de cada una de ellas**.		
	Las temáticas abordadas en el conjunto de actividades que componen la categoría de reporte dan cuenta de los contenidos descritos en las relaciones conceptuales que fueron producto de la revisión del estado del arte***.		
<b>Observación General para la Categoría</b>			
Aplicación	El nivel de aprendizaje propuesto para las actividades de la categoría de aplicación corresponde con el nivel de demanda de trabajo de cada una de ellas*.		
	La habilidad propuesta para las actividades de la categoría de aplicación es acorde con el nivel de comprensión de la Taxonomía SOLO**.		
	El nivel de comprensión de la Taxonomía SOLO propuesto para las actividades de la categoría de aplicación es consecuente con el objetivo y		

	el nivel de demanda de trabajo de cada una de ellas**.		
	Las temáticas abordadas en el conjunto de actividades que componen la categoría de aplicación dan cuenta de los contenidos descritos en las relaciones conceptuales que fueron producto de la revisión del estado del arte***.		
<b>Observación General para la Categoría</b>			
Implicaciones Didácticas	El nivel de aprendizaje propuesto para las actividades de la categoría de implicaciones didácticas corresponde con el nivel de demanda de trabajo de cada una de ellas*.		
	La habilidad propuesta para las actividades de la categoría de implicaciones didácticas es acorde con el nivel de comprensión de la Taxonomía SOLO**.		
	El nivel de comprensión de la Taxonomía SOLO propuesto para las actividades de la categoría de implicaciones didácticas es consecuente con el objetivo y el nivel de demanda de trabajo de cada una de ellas**.		
	Las temáticas abordadas en el conjunto de actividades que componen la categoría de implicaciones didácticas dan cuenta de los contenidos descritos en las relaciones conceptuales que fueron producto de la revisión del estado del arte***.		
<b>Observación General para la Categoría</b>			
<b>Observación General frente al contenido del Proyecto</b>			

Gracias por su tiempo y participación.

**Anexo 3.** Ejemplo de rúbrica para la validación del proyecto desarrollada por un evaluador.

**Rúbrica de Evaluación para el Proyecto Curricular sobre Espectroscopía de Absorción y Emisión Atómica desde el Alineamiento Constructivo**

Julián David Reyes Galvis  
Carlos Mario Riveros Toro

Estimado(a) docente, el trabajo evaluativo que usted realizará servirá de contribución al desarrollo del trabajo de grado titulado: **UNA REVISIÓN DOCUMENTAL SOBRE LA ESPECTROSCOPIA DE ABSORCIÓN Y EMISIÓN ATÓMICA: CONSTRUCCIÓN DE UN PROYECTO CURRICULAR DESDE EL ALINEAMIENTO CONSTRUCTIVO**, para optar por el título de Magister en Docencia de la Química de la Universidad Pedagógica Nacional; en este sentido, teniendo en cuenta el rol colaborador es importante para nosotros conocer algunos aspectos de su trayectoria académica, personal y profesional en el campo de la enseñanza de las ciencias. Es importante resaltar que los datos allí consignados serán custodiados, de modo tal que al hacer referencia de dicha información se hará empleando nombres ficticios.

De antemano agradecemos su disposición y tiempo en este proceso.

Datos del profesor:

Nombres y apellidos	
Título de pregrado en	
Título(s) de posgrado en	
Programa en el que labora actualmente	
Institución educativa y/o universitaria	
Lugar de ubicación de la institución	
Correo de contacto	

Experiencia docente:

Años totales de experiencia profesional	4
Años de experiencia docente	
Otro tipo de experiencia docente	4 Laboratorista

El presente instrumento tiene como objeto analizar la pertinencia didáctica del proyecto curricular en términos del alineamiento constructivo, el modelo 3P y la

Taxonomía SOLO. En este proyecto, se presentan los elementos metodológicos y conceptuales implicados en el entramado conceptual asociado a la técnica de espectroscopía de absorción y emisión atómica que está dirigido a profesionales en formación en ciencias. De esta manera, los contenidos presentados se encuentran alineados en términos de las variables pronóstico, proceso y producto; pero este último, da cuenta del aumento progresivo de la demanda que se requiere para las diferentes actividades.

Con lo anterior se le solicita de manera cordial, evalúe de forma general el proyecto curricular, de acuerdo con la descripción contenida en cada indicador empleando una escala de 1 a 5, donde 5 corresponde al cumplimiento total del indicador y 1 al no cumplimiento de este (recuerde que puede utilizar decimales, si así lo considera). Se solicita justificar cada uno de los indicadores con el fin de conocer su apreciación de forma cualitativa. Al finalizar, encontrará una casilla en la cual puede consignar los comentarios finales acerca del material evaluado. En los indicadores encontrará unos asteriscos que hacen referencia a las siguientes notas:

\*Lo descrito en los párrafos de la Descripción General del Proyecto Curricular.

\*\*Lo mencionado en la Tabla 1 del Proyecto Curricular.

\*\*\*Lo abordado en la Figura 1 del Proyecto Curricular.

Categoría	Indicadores	Valoración	Observaciones
Formalización (uniestructural)	El nivel de aprendizaje propuesto para las actividades de la categoría de formalización corresponde con el nivel de demanda de trabajo de cada una de ellas*.	4.0	Los tipos de actividades relacionadas para la categoría resultan abiertos y podrían funcionar para un aprendizaje superficial o profundo. Sin embargo, en la descripción de las actividades propuestas entre las que se enuncian los procesos de construcción del conocimiento, requieren de un análisis crítico de la información abordada por parte del estudiante dando razón de un aprendizaje profundo predominante sobre el superficial, el cual es el objetivo de la categoría. Por lo anterior, sugiero revisar el nivel de aprendizaje y su correspondencia con el tipo de actividad.
	El resultado de aprendizaje propuesto para las actividades de la categoría de formalización es acorde con el nivel de comprensión de la Taxonomía SOLO**.	5	Las variables propuestas como: los hechos históricos y aspectos fisicoquímicos en su reconocimiento individual en cuanto a la consolidación de la técnica analítica, dan razón del nivel de comprensión uniestructural predominante en la categoría
	El nivel de comprensión de la Taxonomía SOLO propuesto para las actividades de la categoría de formalización es consecuente con el objetivo y el	5	La cronología entre las habilidades de ordenar, identificar y describir plantea una progresión coherente desde el nivel de comprensión uniestructural al nivel multiestructural, se destaca el tipo de actividades propuestas las cuales invitan a

	nivel de demanda de trabajo de cada una de ellas**.		reconocer desde las dos variables la consolidación de la técnica.
	Las temáticas abordadas en el conjunto de actividades que componen la categoría de formalización dan cuenta de los contenidos descritos en las relaciones conceptuales que fueron producto de la revisión del estado del arte***.	4.8	Las implicaciones tecnológicas y la cronología son elementos que podrían ser vinculados estrechamente con la forma en que se generan y determinan los principios de funcionamiento de las técnicas analíticas con el fin de evitar fracturas en la progresión de la comprensión uniestructural a multiestructural
<b>Observación General para la Categoría</b>		La selección de los contenidos y criterios de evaluación son acertados para la búsqueda de un aprendizaje superficial, brindan el contexto pertinente para evidenciar aspectos sociológicos científicos y tecnológicos sobre los cuales ha sido consolidada la técnica, el tipo de actividades sugeridas debiera ser más acorde al aprendizaje superficial y al nivel comprensión uniestructural que se espera.	
Reporte	El nivel de aprendizaje propuesto para las actividades de la categoría de reporte corresponde con el nivel de demanda de trabajo de cada una de ellas*.	4.8	Si bien el nivel de aprendizaje es adaptable entre superficial y profundo, los contenidos tienden a procurar por una comprensión de tipo uniestructural.
	El resultado de aprendizaje propuesto para las actividades de la categoría de reporte es acorde con el nivel de comprensión de la Taxonomía SOLO**.	5.0	Se destaca la coherencia entre el tipo de actividades propuestas y el resultado esperado, donde se procura por tareas de demanda cognitiva baja, más próximas a acciones procedimentales relacionadas con el hacer desde las variables propuestas abordadas desde el contexto del funcionamiento del equipo.
	El nivel de comprensión de la Taxonomía SOLO propuesto para las actividades de la categoría de reporte es consecuente con el objetivo y el nivel de demanda de trabajo de cada una de ellas**.	5.0	Es de destacar los criterios de evaluación propuestos por cuanto se integran dentro de tareas de baja demanda cognitiva, a pesar de ello la convergencia que se busca al abordar las 3 variables propuestas en el aprendizaje propuesto favorece el alcance y desarrollo de nivel de comprensión multiestructural en el manejo del equipo.
	Las temáticas abordadas en el conjunto de actividades que componen la categoría de reporte dan cuenta de los contenidos descritos en las relaciones conceptuales que fueron producto de la revisión del estado del arte***.	4.7	En el contenido propone centrarse en el espectroscopio de AEA, sin embargo, considero para el establecimiento de limitaciones del equipo pueda hacerse comparaciones con otros espectroscopios en otras técnicas.

<b>Observación General para la Categoría</b>		En la categoría existe una coherencia entre los criterios de evaluación, el aprendizaje esperado y el nivel de comprensión, sería interesante el planteamiento de los mismos de manera explícita donde sea evidente la progresión de un nivel uniestructural a un nivel multiestructural	
<b>Aplicación</b>	El nivel de aprendizaje propuesto para las actividades de la categoría de aplicación corresponde con el nivel de demanda de trabajo de cada una de ellas*.	4.5	La secuencialidad con la que se presentan los tipos de actividades brinda herramientas para que, de forma progresiva y paralela a la aplicación de la técnica se aborde la utilidad de la misma en contextos específicos. sin embargo, la descripción del nivel de aprendizaje y las actividades descuidan la capacidad de retención a largo plazo que debe ser abordada para cumplir con los criterios de aprendizaje profundo.
	El resultado de aprendizaje propuesta para las actividades de la categoría de aplicación es acorde con el nivel de comprensión de la Taxonomía SOLO**.	5.0	La acción relacionada con el resultado de aprendizaje esperado se clasifica dentro de un nivel relacional, la propuesta realizada por los autores es destacable por cuanto muestra una preocupación no solo por el abordaje de la técnica si no por su desarrollo dentro de las BPL
	El nivel de comprensión de la Taxonomía SOLO propuesto para las actividades de la categoría de aplicación es consecuente con el objetivo y el nivel de demanda de trabajo de cada una de ellas**.	4.8	Las habilidades hacen parte de las acciones que caracterizan a una comprensión de tipo relacional, considero necesario revisar la cronología en que se citan las mismas por cuanto se esperaría que al final de la categoría, se planteen criterios de evaluación que involucren las acciones de demanda cognitiva más alta dentro de la categoría relacional
	Las temáticas abordadas en el conjunto de actividades que componen la categoría de aplicación dan cuenta de los contenidos descritos en las relaciones conceptuales que fueron producto de la revisión del estado del arte***.	5.0	Las temáticas, además de tener correspondencia con las categorías del estado de arte, brindan el contexto necesario para la progresión de nivel de comprensión multiestructural a uno relacional.
<b>Observación General para la Categoría</b>		La formulación de la categoría es completa para el abordaje central de la aplicación y comprensión de la técnica analítica.	
<b>Implicaciones Didácticas</b>	El nivel de aprendizaje propuesto para las actividades de la categoría de implicaciones didácticas corresponde con el nivel de demanda de trabajo de cada una de ellas*.	5.0	El nivel propuesto de tipo profundo se correlaciona con las actividades desde el análisis y la extracción de conclusiones desde las interacciones e implicaciones didácticas que plantea el microcurrículo

	El resultado de aprendizaje propuesta para las actividades de la categoría de implicaciones didácticas es acorde con el nivel de comprensión de la Taxonomía SOLO**.	5.0	La tarea propuesta para el nivel de aprendizaje dentro de la taxonomía pertenece a un nivel abstracto ampliado
	El nivel de comprensión de la Taxonomía SOLO propuesto para las actividades de la categoría de implicaciones didácticas es consecuente con el objetivo y el nivel de demanda de trabajo de cada una de ellas**.	4.5	Las actividades planteadas permiten evidenciar la búsqueda del alcance de un nivel de comprensión abstracto ampliado sin embargo no es evidente y clara la relación existente entre este y el resultado de aprendizaje esperado
	Las temáticas abordadas en el conjunto de actividades que componen la categoría de implicaciones didácticas dan cuenta de los contenidos descritos en las relaciones conceptuales que fueron producto de la revisión del estado del arte***.	4.5	Las temáticas se relacionan con las actividades extraídas de la revisión en el estado del arte, sin embargo, no se evidencia una relación directa con los criterios de evaluación por lo que no es claro el objetivo de la categoría desde los elementos de análisis propuestos por los autores
<b>Observación General para la Categoría</b>	En la categoría, no es claro la forma en como los contenidos y los resultados de aprendizaje se relacionan con los criterios de evaluación, si bien el nivel de comprensión abstracto ampliado se relaciona con la realización de generalizaciones más allá del contexto no es evidente el alineamiento entre los elementos ya mencionados		
<b>Observación General frente al contenido del Proyecto</b>	La propuesta realizada es pertinente, destacó la relevancia que se le da a los aspectos sociológicos científicos y tecnológicos para la consolidación de la técnica en los procesos de enseñanza, considero interesante el ejercicio de hipotetizar sobre las implicaciones didácticas.		

Gracias por su tiempo y participación.