

EKIRAJAA: CONSTRUCCIÓN COLECTIVA DE UNA SECUENCIA DIDÁCTICA
COMO PROPUESTA PARA LA ENSEÑANZA DE LA GEOMETRÍA MOLECULAR
A PARTIR DEL SOFTWARE AVOGADRO

JOSE JOAQUIN NIETO PEREZ

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
BOGOTÁ, D.C.
2022

EKIRAJAA: CONSTRUCCIÓN COLECTIVA DE UNA SECUENCIA DIDÁCTICA
COMO PROPUESTA PARA LA ENSEÑANZA DE LA GEOMETRÍA MOLECULAR
A PARTIR DEL SOFTWARE AVOGADRO

*Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de
Licenciado en Química*

JOSE JOAQUIN NIETO PEREZ

Directora:

JULIE GESSELLE BENAVIDES MELO

Doctora en Química

Grupo de investigación:

Grupo interinstitucional de química computacional
y sustentabilidad ambiental (GIQSA)

Semillero de Investigación en Salud Medio y Ambiente (SISMA)

Línea de investigación:

Naturaleza de las ciencias y sustentabilidad ambiente

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

DEPARTAMENTO DE QUÍMICA

BOGOTÁ, D.C.

2022

Nota de aceptación.

Firma del presidente de jurado.

Firma del jurado.

Firma del jurado.

Bogotá. Día ___ Mes ___ Año ____

DEDICATORIA

Cada logro de mi vida es el triunfo de quien detrás mío, ha estado empujándome para no permitir que me devuelva en el camino, pendiente de mis caídas han agachado su cuerpo para verme, y me han agarrado de los brazos, ayudándome a levantar, porque caigo solo, pero un puñado estira sus manos en símbolo de amor, compasión y persistencia.

Porque después de cada caída, lo último en pensar es levantarse para mí, sin embargo, para ellos era su prioridad, porque no hay satisfacción más grande de alguien que nos ama que el orgullo de vernos triunfar en lo que sea que nos proponamos.

Y a pesar de que ese puñado se reduce a mientras pasa tiempo, el mérito de verme proyectado se lo llevan ellos, porque mi memoria es tan grande que es imposible olvidar a quien dedicó tiempo y sin pedir nada a cambio estuvo a mi disposición.

Es por ello, que más allá de estas letras, dedico este esfuerzo a mi madre María de los Ángeles Pérez, quien más apoyo dedicó a mí en su vida, y que hoy en brazos del todo poderoso me observa, a mi padre Elías Nieto, que en eternas jornadas siempre estuvo atento a mi llamado, sin cuestionar ni reprochar, a mi esposa Catalina Beltrán, porque ella fue quien más tuvo que verme caer, quien tuvo que limpiarme las heridas y las lágrimas, cual si fuera una madre alzando a su chiquillo.

Gracias a todos por ayudar a forjarme, pues hoy tengo la tranquilidad, de sentir que nunca estuve solo, pues a pesar de que en muchas ocasiones caminar solo es un mal necesario, sentirlos a mi lado sin pedirlo fue el gesto más grande de amor, fuerza y lealtad que he recibido.

AGRADECIMIENTOS

Después de un extenso tiempo de lucha y dedicación, agradezco a Nuestro padre celestial por haberme permitido la oportunidad de llegar a mi casa de estudio, a cada docente que en su esfuerzo por llevar sus conocimientos más allá de su ser, me permitió aprender, siempre recordaré la forma de ser de cada uno, y quedará impregnado en mi un pedazo de su personalidad que me llevó a ser un constructo social diseñado para enseñar.

De manera especial agradezco a la docente Julie Benavides, quien me orientó en esta travesía llamada trabajo de grado y me acompañó en la tormenta que se forma en esta etapa final, quede de ella en mi un pensamiento que busca formar y sobre todo el ser diferente dentro del área de la docencia.

Finalmente agradezco de manera infinita a todos ellos que se fueron adelante y aquellos que siguen trabajando hombro a hombro por llegar a la meta, aquellos compañeros con quienes compartí y trabajé y aprendí, porque cada uno de ellos con su presencia y su ser aportó una pizca de conocimiento más a mi forma de ser llevándome más allá de lo que nunca esperé llegar.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	3
1. ANTECEDENTES	6
1. JUSTIFICACIÓN	10
3. PLANTEAMIENTO Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA	12
4. OBJETIVOS	15
4.1.OBJETIVO GENERAL	15
5. REFERENTES CONCEPTUALES	16
5.1.FASE 1: FUNDAMENTACIÓN	29
5.2.FASE 2: IDEAS PREVIAS	29
5.3.FASE 3: INTEGRACIÓN DE ASPECTOS PEDAGÓGICOS	30
5.4.FASE 4: BORRADOR	30
5.5.FASE 5: RETROALIMENTACIÓN	31
6. RESULTADOS Y ANALISIS	33
7. CONCLUSIONES.	61
8. RECOMENDACIONES	63
9. REFERENCIAS	64

FIGURAS

	pág.
FIGURA 1. CICLO DE EXPANSIÓN, (ENGESTRÖM. 2001)	18
FIGURA 2. FASES DEL PROYECTO	32
FIGURA 3. PREGUNTA 1 DEL CUESTIONARIO DE LLUVIA DE IDEAS.	35
FIGURA 4.UTILIDAD DEL CONCEPTO EN EL ÁREA DE LA QUÍMICA	35
FIGURA 5. ETAPA EDUCATIVA EN QUE LOS ESTUDIANTES SE RELACIONARON CON LA GEOMETRÍA MOLECULAR.	38
FIGURA 6.CLASIFICACIÓN DE POSIBLES SOLUCIONES A LA ENSEÑANZA DE LA GEOMETRÍA MOLECULAR. (DISEÑO PROPIO)	40
FIGURA 7. EXPERIENCIA DE LOS ESTUDIANTES CON HERRAMIENTAS DE MODELACIÓN COMPUTACIONAL.	41
FIGURA 8. ESPACIOS ACADÉMICOS EN EL QUE LOS ESTUDIANTES USARON HERRAMIENTAS DE MODELACIÓN COMPUTACIONAL.	42
FIGURA 9. UTILIDAD DE AVOGADRO EN LA ENSEÑANZA	43
FIGURA 10. ACCESIBILIDAD AL MATERIAL DIDÁCTICO	50
FIGURA 11. DEFINICIÓN DE TIEMPOS PARA REALIZACIÓN DE LAS TAREAS	50
FIGURA 12. MEDIOS DE NAVEGACIÓN Y UBICACIÓN DEL CONTENIDO	51
FIGURA 13. COMPRESIBILIDAD DEL TEMA, CALIDAD DEL MATERIAL.	51
FIGURA 14. RELACIÓN DEL MATERIAL CON LOS OBJETIVOS.	52
FIGURA 15. ARTICULACIÓN APRENDIZAJE, ENSEÑANZA DEL MATERIAL.	53

FIGURA 16. EJEMPLOS, DIAGRAMAS SINTERIZACIÓN DEL MATERIAL.	53
FIGURA 17. PLANTEAMIENTO DE SITUACIONES Y PROBLEMAS QUE FACILITEN LA REFLEXIÓN.	54
FIGURA 18. ELEMENTOS DE ESTRUCTURA DE LA SECUENCIA DIDÁCTICA.	54
FIGURA 19. FAVORECIMIENTO DEL MATERIAL A LA EVALUACIÓN.	55
FIGURA 20. REGLAS DE ACENTUACIÓN Y PUNTUACIÓN.	55
FIGURA 21. CANTIDAD DE INFORMACIÓN.	56
FIGURA 22. CALIDAD DE LAS IMÁGENES.	57
FIGURA 23. LICENCIAMIENTO DE IMÁGENES.	57
FIGURA 24. CALIDAD DE LOS VIDEOS.	58
FIGURA 25. CALIDAD DEL SONIDO.	58
FIGURA 26. SÍNTESIS Y EJEMPLIFICACIÓN DEL CONTENIDO.	59
FIGURA 27. INFORMACIÓN CORRECTIVA O EXPLICATIVAS DE LAS ACTIVIDADES.	60
FIGURA 28. NIVEL DE PERTINENCIA DE LA RÚBRICA DE EVALUACIÓN.	60

TABLAS

	Pág.
TABLA 1. FICHA TÉCNICA DEL PROGRAMA AVOGADRO.	27
TABLA 2. CONTENIDOS PREVIOS PARA ABORDAR GEOMETRÍA MOLECULAR.	37
TABLA 3. DIFICULTADES EN LA ENSEÑANZA DE LA GEOMETRÍA MOLECULAR.	39

ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. MODELO ATÓMICO DE SCHRÖDINGER	69
Anexo 2. ESTRUCTURA DE LEWIS, ENLACE COVALENTE, REGLA DEL OCTETO	70
Anexo 3. POLARIDAD DE ENLACE	72
Anexo 4. HIBRIDACIÓN	73
Anexo 5. ACTIVIDAD RPECV	74
Anexo 6. APRENDIENDO A USAR AVOGADRO.	77
Anexo 7. ACTIVIDAD FINAL	79
Anexo 8. CUESTIONARIO DE EVALUACIÓN FINAL	81
Anexo 9. RUBRICA DE EVALUACIÓN DE LA SECUENCIA DIDÁCTICA	82

INTRODUCCIÓN

Etimológicamente *Ekirajaa* proviene de la lengua wuayuunaiki (guajiro), en la cual “se establece como lengua básica de la etnia wuayuu” (Captain, D. & Captain, L. 2005). traduciendo de acuerdo con los autores “enseñar” concepto que se relaciona con el propósito de la secuencia didáctica, Ekirajaa se toma como referencia tanto dentro del grupo química computacional y sustentabilidad, como en el semillero de investigación en salud medio y ambiente (SISMA), esta se toma como sello personal de los autores del trabajo, ya que permite identificarlo y caracterizarlo dentro de las líneas mencionadas.

Por otra parte, la secuencia didáctica se ha utilizado por mucho tiempo como herramienta pedagógica, por ser un recurso invaluable en la enseñanza y en la promulgación de la química, pues esta facilita al docente organizar de manera secuencial los temas articulando contenidos, modelos, entorno y herramientas, los cuales son necesarios para un desarrollo óptimo de las actividades en el aula de clase.

En ese sentido, la secuencia como parte de “las situaciones didácticas [...] tienden a unificar e integrar los aportes de otras disciplinas proporcionando una mejor comprensión de las posibilidades de mejoramiento y regulación de la enseñanza” (Brusseu, 2017). Por eso los diferentes casos visualizados en los antecedentes estructuran de manera secuencial actividades que promueven la solución al problema del pensamiento tridimensional y la falta de articulación de modelos matemáticos en la geometría molecular.

Con la elaboración de esta secuencia didáctica se integran modelos pedagógicos, psicológicos y científicos, con los que se construyó una propuesta sólida y efectiva que lleve el conocimiento científico a los estudiantes de una manera clara y

especializada, promoviendo el uso de herramientas de modelación computacional, ya que estas aportan a la educación desarrollando o fortaleciendo las habilidades computacionales necesarias dentro del proceso educativo e interviniendo de asertivamente en la enseñanza.

Al igual que los distintos modelos tomados en cuenta para la propuesta, el tema geometría molecular se selecciona a causa de su contenido metafísico, ya que este genera dificultades de aprendizaje en estudiantes tanto de educación media como profesional, a pesar de ser un concepto básico del área de la química.

En la revisión de investigaciones anteriores a esta propuesta se exhibieron diferentes aspectos relacionados con la manera en que se atiende a esta necesidad educativa, inicialmente se puede evidenciar que pese a que las herramientas de enseñanza han ido cambiando, se sigue presentando en los estudiantes la dificultad de comprender el tema geometría molecular, del mismo modo se evidencia que los docentes optan por utilizar gran variedad de recursos de representación de entre los cuales cabe resaltar materiales como plastilina y palillos, cajas de modelos, herramientas de modelación computacional como simuladores de realidad virtual y softwares especializados, estos últimos en poca proporción.

Una razón de peso para implementar en esta propuesta softwares especializados orientados hacia la enseñanza, es que estas herramientas presentan un alto potencial educativo y una alta precisión en cuanto a la modelación de fenómenos químicos, pues estos se ven permeados por su naturaleza metafísica, causando entre otras cosas que los estudiantes la tomen como algo incomprensible, inútil y aburrido, siendo que esta área proporciona el conocimiento necesario para un buen desempeño como estudiantes, trabajadores o entes activos de la sociedad y la economía .

En ese sentido, se plantea una metodología de investigación cualitativa, la cual permite organizar los aspectos teóricos ya mencionados para abstraer la información necesaria que facilite la construcción colectiva de los factores trascendentales en la elaboración de la secuencia y que garanticen la obtención de un producto de calidad y asertivo a la hora de aplicarlo en una población educativa que requiera del aprendizaje del tema propuesto.

1. ANTECEDENTES

En la enseñanza de la química históricamente se han utilizado gran variedad de recursos que rinden frutos en los estudiantes de acuerdo con la forma en que se presenten a ellos, y la promulgación del tema geometría molecular no es la excepción, por lo que en el estudio previo a esta propuesta se revisaron diferentes iniciativas, las cuales fueron estudiadas y clasificadas de acuerdo con sus herramientas de enseñanza. A continuación, se presentan las iniciativas que anteceden la propuesta y que de un modo realizan su aporte al trabajo que se realizó.

1.1. SECUENCIAS DIDÁCTICAS

Las secuencias didácticas son una estrategia para la atención de diferentes temas muy completa que permite elaborar de manera secuencial las actividades que se pretenden implementar para la atención de alguna necesidad educativa, en el caso de la geometría molecular se encontraron propuestas en que se usaron diferentes herramientas de modelación computacional.

Como apoyo a la propuesta uno de los proyectos que más llamó la atención fue “Fortalecer la competencia argumentativa desde el tema de geometría molecular a través del diseño, validación y aplicación de una secuencia didáctica”. (Naranjo Barreto., Peña Bohórquez. 2019). Pues dentro del trabajo estos autores optaron por utilizar la metodología de las cuestiones socio científicas en donde persiguieron el fortalecimiento de la argumentación y se respaldaron en Avogadro para implementar los aspectos teóricos.

El segundo trabajo de interés fue denominado “secuencia didáctica basada en el b-learning: uso del simulador Avogadro apoyado en el modelo científico de la cafeína como inhibidor de la adenosina en el cerebro humano” (Castaño Araque, Hernández Vaquero. 2018). Quienes utilizaron la metodología *Blended learning* y Avogadro

como herramienta para investigar y modelar los diferentes comportamientos de la cafeína en el cuerpo humano, en este caso el interés de esta propuesta prevalece también en que se usó la geometría molecular para comprender y explicar los fenómenos encontrados de las sustancias estudiadas en el cuerpo humano.

Otro trabajo de interés fue denominado “Los modelos y el modelaje científico para la enseñanza y el aprendizaje del concepto geometría molecular” (García. 2018). Para su desarrollo utilizaron la aplicación Phet programa computacional de acceso libre en internet, por medio del cual el autor promueve la enseñanza las estructuras de geometría molecular, abordando temáticas como la capa de valencia, estructuras de Lewis, enlace químico, entre otros.

Finalmente se tuvo en cuenta el proyecto tecnologías en la enseñanza de la geometría molecular con su título en portugués “Tecnologias no ensino de geometria molecular” (Franco Neto, Ghisolfi da Silva. 2008) donde el autor implementa el software chemsketch en pro de la enseñanza del tema, esta investigación converge en un estudio de caso y finalmente manifiesta buenos resultados con respecto a las modelaciones, pero afirmando presentar falencias en el aprendizaje, específicamente el manejo de herramientas computacionales por parte de los estudiantes.

1.2. USO DE HERRAMIENTAS COMPUTACIONALES

Por otra parte, en la búsqueda de antecedentes enfocados en la enseñanza del tema a desde herramientas de modelación computacional se encontraron diversas propuestas que en general se enfocaron en el uso de softwares educativos online, para modelar a partir de la realidad virtual y de la realidad aumentada.

La primera propuesta denominada la realidad virtual como herramienta para la enseñanza de geometría molecular, por su título en portugués como “A Realidade Virtual como uma ferramenta para o ensino da Geometria” (Moura. 2010). Donde

se realiza la elaboración de moléculas con molsurf, Java Editor Molecular (EMJ), Orbvis. Se diseñan las diferentes estructuras para enseñar a los estudiantes de educación media y superior el tema.

De igual manera se toma como referencia “Chemistry teacher candidates’ acceptance and opinions about virtual reality technology for molecular geometry” (Saritas. 2015). En el cual los investigadores crearon un software educativo de realidad virtual de escritorio, que incluía el diseño de 23 estructuras para que los estudiantes ajustasen el tamaño de las moléculas, realizaran rotación en tres dimensiones, visualizaran los ejes de rotación y vieran el nombre de la estructura.

En esta propuesta se orientó el tema y se evaluó en una población universitaria de química básica, quienes estudiaban para ejercer la docencia. De acuerdo con el resultado mencionado por los autores se logró el objetivo, ya que los estudiantes presentaron una buena aceptación al programa y el recurso fue tomado como una buena herramienta para la enseñanza de la geometría molecular dentro de su labor.

Finalmente, se selecciona como antecedente el trabajo “Estudio del uso de la realidad aumentada en la enseñanza del tema geometría molecular en un curso de educación secundaria” (Labarrieta, Bertelle & Fuhr. 2020). En este caso, se utiliza un software de realidad aumentada de la talla de geometría de moléculas, un software compatible con Android, de fácil acceso y disponible sin uso de internet. A partir de ello se plantearon una serie de actividades, con elaborados instrumentos que permitieron tabular y analizar las interacciones de estudiante de grado 5 de bachillerato con el recurso.

Cada una de las propuestas hace visible la necesidad de enseñar a estudiantes el tema a partir de estructuras tridimensionales elaboradas desde una herramienta de modelación computacional que cuente con una visualización exacta de acuerdo con el contenido teórico y que permita al estudiante interactuar de cualquier manera con

la forma de representación, para que este adquiriera la experiencia de modelar y comprenda que las figuras que él dibuja muchas veces en el cuaderno no son planas, sino que por el contrario refuerce la percepción de que sin verlas materializadas, estas cuentan con un volumen y una distribución específica.

De cada una de ellas se logra abstraer la importancia de aplicar una herramienta que sea dinámica y más elaborada, para que en la interacción de los estudiantes se puedan visibilizar aspectos que también son importantes como la repulsión de los pares de electrones de la capa de valencia, ya que a pesar de que las moléculas modeladas cumplen con el objetivo de promover el pensamiento 3D, en un contexto químico, estas tienen movimientos y fuerzas de diferentes tipos que les proporcionan su estructura y propiedades.

2. JUSTIFICACION

En el ámbito educativo, enseñar los diferentes temas a partir de modelos químicos se hace un proceso tedioso, más aún cuando no se utilizan las herramientas adecuadas que permitan evidenciar las aproximaciones teóricas en contraste con la realidad química que se presenta, y se hace complejo debido a que “los estudiantes o bien no conocen ni las teorías ni sus aplicaciones ni sus lenguajes o bien conocen los lenguajes de la teoría, pero no saben aplicarla”. (Izquierdo Aymerich. 2004). De cualquier modo, en las aulas de clase se presenta la dificultad de comprensión en gran variedad de temas, en principio porque demandan de apropiaciones conceptuales metafísicas y que además requieren de equipos con que no se cuentan en la mayoría de las instituciones educativas para evidenciar esas características, por ejemplo, para poder explicar desde la práctica la estructura de una sustancia se necesita de un análisis desde la espectroscopía de Infrarrojo, pero no basta con este método únicamente, por lo que se necesita de la resonancia magnética nuclear para definir el orden en que se ubican los átomos en la molécula y de ese modo poder explicar la forma.

A partir de la estructura se puede definir las propiedades que le otorga la geometría molecular a las sustancias, pero este es un tema que generalmente se trata después de conocer las diferentes formas o modelos teóricos, dando una secuencialidad al aprendizaje.

Por lo tanto, no es culpa de los estudiantes que ellos presenten diferentes problemas en su proceso educativo, ni es cuestión de que conozcan la teoría o el lenguaje, si la aplicabilidad al final de cuentas no es tan fácil de realizar, del mismo modo se tiene que los temas en su mayoría se presentan como representaciones abstractas, alejadas del modelo y la realidad científica que se pretende promover y por ello es importante tomar iniciativas que acerquen al estudiante de forma clara al concepto y su significado.

Uno de estos temas es el de geometría molecular, ya que en este, el estudiante requiere de “una capacidad de abstracción que aún no tiene, ya que todavía no es capaz de construir pensar en la idea de en un entorno tridimensional de algo que no conoce físicamente”. (França. Perreira & Oliveira. 2012). Lo cual provoca diferentes actitudes negativas en los estudiantes, tornándolos reacios a la comprensión del tema.

Por esta razón, se opta por plantear una secuencia didáctica que solvete el problema de pensamiento 3D presente en el aprendizaje del tema geometría y con el software Avogadro como herramienta de modelación computacional busque controlar las diferentes variables que permitan a los docentes enseñar de manera óptima y a los estudiantes aprender para comprender los fenómenos metacognitivos que presenta el área de la química.

3. PLANTEAMIENTO Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

Impulsar la promulgación de la química por requisito del área se hace necesario, debido a que su naturaleza lo requiere. “La enseñanza de la química según un proceso de modelización y al alcance de todos es completamente diferente de la enseñanza para seleccionar a unos pocos y no va a funcionar si no va acompañado de un dispositivo didáctico que favorezca una nueva dinámica de clase” (Izquierdo Aymerich. 2004). Precisamente porque se requiere de una ilustración inclusiva, donde cada individuo logre comprenderla y encontrarle un uso, por ello se busca impulsar una nueva dinámica donde se pueda aprovechar las distintas herramientas de modelación computacional, pues a partir de estas como instrumento didáctico se puede dar solución a problemas de comprensión.

Uno de los problemas de la enseñanza de la química es el pensamiento tridimensional que requieren las estructuras de geometría molecular, pues este tema abarca “uno de los conceptos fundamentales de la química sobre el cual los estudiantes suelen crear modelos mentales y/o representaciones que contradicen el conocimiento científico” (Saritas. 2015). Perturbando el óptimo desarrollo del área y la educación, precisamente por sus características conceptuales.

De igual manera, el modo de formarse de los estudiantes influye en el aprendizaje del tema, hay que tener claro que “no existe una sola forma de aprender, cada persona tiene una forma o estilo particular de establecer relación con el mundo y por lo tanto para aprender”. (Secretaría de educación pública. 2004) así que enseñarles a los estudiantes cualquier tema de una manera estándar limita las posibilidades de aprendizaje.

Si se mira desde la perspectiva de la geometría molecular, la enseñanza de este tema se torna en muchos casos compleja para los docentes precisamente porque no se tiene un fenómeno tangible, “No hay una relación tan directa entre lo que

decimos (proposiciones) y los fenómenos, sino que esa relación está mediada por los modelos” (Adúriz Bravo & Izquierdo Aymerich. 2009). Entonces los docentes tienen que enseñar algo que no se puede percibir físicamente a unos individuos que no se apropian de la misma forma de lo que aprenden.

A través de los antecedentes se logró evidenciar que existen gran variedad de recursos que los docentes suelen utilizar para facilitar el aprendizaje a los estudiantes, de entre las cuales ya se ha contado con el programa que se pretende implementar, sin embargo, en la mayoría de los casos se le resta importancia al software Avogadro, utilizándolo como un simple recurso con el que por diversos factores el estudiante no maneja directamente.

Por lo tanto, se opta por construir la secuencia didáctica de forma colectiva con los estudiantes del grupo química computacional de la Universidad Pedagógica Nacional. Este grupo es seleccionado debido a que ellos inicialmente están familiarizados con el tema, conocen en cierta medida el software Avogadro y además son docentes en formación lo cual permite identificar de manera conjunta fortalezas y debilidades del trabajo, haciéndolo lo más asertivo posible en su construcción.

Un aspecto importante para la elaboración de la propuesta es que se plantea para estudiantes de grado décimo de la educación media, ya que si bien los estándares de ciencias naturales para grados sexto y séptimo manifiestan en sus competencias la descripción del “desarrollo de modelos que explican la estructura de la materia”. (Ministerio de Educación Nacional. 2006), la edad oportuna que permite articular los lineamientos de química con los de informática son los del grado mencionado, pues para este grado se propone que el estudiante debe utilizar “herramientas y equipos en la construcción de modelos, maquetas o prototipos, aplicando normas de seguridad” (Ministerio de Educación Nacional. 2006).

De ese modo se toma en cuenta que los estudiantes tengan las suficientes habilidades cognitivas y motrices que se establecen en la educación nacional desde su proceso de desarrollo educativo, establecido desde los estándares de educación en ciencia y tecnología, buscando que comprendan los aspectos teóricos de la geometría molecular los sepan representar desde las herramientas informáticas que se les provee y los sepan expresar dentro de un contexto educativo o laboral.

Teniendo en cuenta estos factores surge la pregunta; ¿Qué aspectos se deben tener en cuenta para la elaboración de una secuencia didáctica colectiva como propuesta para la enseñanza del tema geometría molecular, que promueva el uso de herramientas de modelación computacional en la enseñanza de la química?

4. OBJETIVOS.

4.1. OBJETIVO GENERAL

Elaborar una secuencia didáctica colectiva con el grupo de química computacional de la UPN como propuesta para grado 10°, enfocada en el tema geometría molecular para promover el uso de herramientas de modelación computacional en la enseñanza de la química.

4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 4.2.1. Recolectar información en el grupo de química computacional de la UPN a partir diferentes instrumentos, que permita enfocar la secuencia didáctica en torno al tema geometría molecular y al programa Avogadro para elaborar una secuencia didáctica que desarrolle el pensamiento tridimensional de los estudiantes.
- 4.2.2. Articular los aspectos teóricos propuestos por los estudiantes con los aspectos pedagógicos que se plantean, para la elaboración de una secuencia que atienda la necesidad del pensamiento tridimensional en la enseñanza de la geometría molecular.
- 4.2.3. Diseñar una propuesta que promueva el uso de Avogadro como instrumento educativo dentro de la enseñanza de la química y del tema geometría molecular.
- 4.2.4. Mitigar falencias conceptuales, procedimentales y pedagógicas que podría presentar la secuencia en su aplicación para elaborar un material completo y que atienda la necesidad del nivel educativo décimo frente al pensamiento 3D.

5. REFERENTES CONCEPTUALES

Actualmente existen gran variedad de recursos que permiten a los docentes orientar sus procesos educativos de una manera asertiva, dichos recursos abarcan tantos aspectos como variedad de problemáticas educativas se exhiben en el aula de clase enfocándose no solo en el contenido que se va a presentar, sino también en el estudiante, las herramientas que se van a utilizar e incluso en el entorno en que ocurre la enseñanza- aprendizaje.

5.1. SECUENCIA DIDÁCTICA

De las diferentes propuestas pedagógicas existentes para solucionar problemas educativos, se opta por elaborar una secuencia didáctica la cual es entendida como una “serie de actividades de aprendizaje que tengan un orden interno entre sí, con ello se parte de la intención docente de recuperar aquellas nociones previas que tienen los estudiantes sobre un hecho, vincularlo a situaciones problemáticas y de contextos reales” (Díaz-Barriga. 2013). Con ella y sus características se facilita la incorporación aspectos psicológicos, científicos y sociales, buscando generar en una adquisición de habilidades que le permita al estudiante desenvolverse en con el tema propuesto y de ese modo solventar la necesidad requerida.

Del mismo modo, es importante tener en cuenta que una secuencia está orientada hacia una evaluación formativa y sumativa, pretendiendo “retroalimentar el proceso mediante la observación de los avances, retos y dificultades que presentan los alumnos en su trabajo” (Díaz-Barriga. 2013). Con la finalidad de que los estudiantes tengan la oportunidad de comprender y solventar dudas que le permitan la metacognición de lo aprendido.

Por otra parte, hay que tener en cuenta que existe diferencia entre secuencia y unidad, ya que una unidad didáctica es una herramienta pedagógica mucho más

elaborada, pues de acuerdo con sus características “puede ser una útil herramienta, organizadora de los contenidos escolares que sirve a los propósitos antes descritos. Su conceptualización, diseño e implementación en el marco de unas apuestas políticas y pedagógicas coherentes pueden ayudar al docente en su quehacer en el aula” (Arias & Torres, 2017). Esta conserva la dinámica de un proyecto y además articulada rígidamente con los contenidos planteados dentro del currículo educativo, organizada “En torno a, al menos, cuatro grandes componentes: el tema de la unidad, la selección curricular, el mapa de la unidad y el diseño clase a clase” (Gaete. 2013). De ese modo se podría concluir que una secuencia simplemente es un pequeño componente de la unidad y que vale la pena diferenciarlos, para establecer una claridad y un límite en lo que se realizó.

5.2. PENSAMIENTO COLABORATIVO

Teniendo en cuenta que la secuencia es colectiva, es necesario tener como referente la metodología *design tinking*, donde “El objetivo es introducir el uso de tecnologías disruptivas en el aula mediante estrategias lúdicas y pensamiento de diseño para su aplicación didáctica”. (Leinonen & Durall. 2013) Orientando a los estudiantes hacia la selección de los recursos que proporcionen, calidad, estética, interactividad, secuencialidad y objetividad de la secuencia didáctica.

5.3. APRENDIZAJE EXPANSIVO.

Por otra parte, se busca integrar la teoría de aprendizaje expansivo, donde “El objeto de la actividad de aprendizaje expansivo es todo el sistema de actividad en el que participan los alumnos. La actividad de aprendizaje expansivo produce patrones de actividad culturalmente nuevos”. (Engeström. 2001). Es decir que a partir de las diferentes acciones que se desarrollen, bien sea apropiación de conceptos a partir de videos, ejercicios, modelación en el software, y relación con el entorno real de la teoría puedan expandir su conocimiento y de ese modo adquieran habilidades que les sirvan como herramientas a futuro ya sea de carácter académico o laboral.

El aprendizaje expansivo, sigue una metodología de 7 pasos que permiten una constante evolución en el desarrollo de la actividad, en este caso este modelo permite establecer a partir del cuestionamiento el porqué de la secuencia, posteriormente llevar a establecer un primer análisis que establezca el doble vínculo entre la forma en que se va a tratar el problema educativo con el tema, para de ese modo establecer una nueva solución, un nuevo modelo que en su desarrollo evolucione y mejore para que en el momento de la implementación se analice la aceptación y se llegue finalmente a una reflexión que permita generalizar la nueva práctica. En ese sentido, el modelo se plantea de acuerdo con el siguiente gráfico.

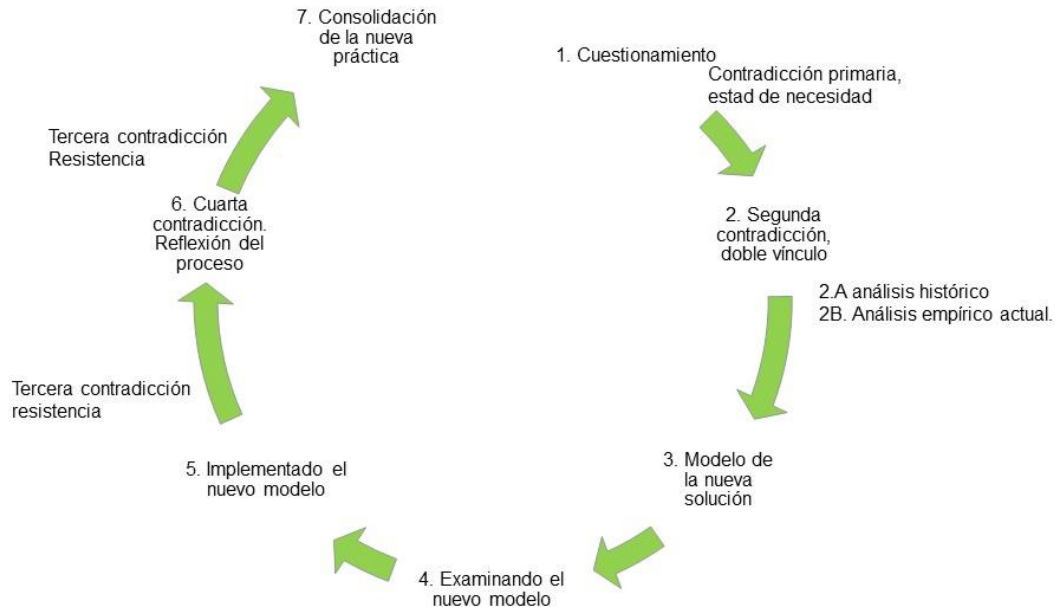


Figura 1. CICLO DE EXPANSIÓN, (Engeström. 2001)

5.4. ESTILOS DE APRENDIZAJE

Así mismo, es considerado trascendental tener en cuenta dentro de la propuesta las personalidades y/o limitaciones cognitivas de los estudiantes, sobre todo porque en muchas de las propuestas de este tipo, este tema pasa desapercibido y se presenta

un material estándar para los estudiantes, sin tener en cuenta la manera como aprenden los estudiantes.

Por esta razón se toma la decisión de implementar un modelo de estilos de aprendizaje, entendiendo estos como el “hecho de que cada persona utiliza su propio método o estrategias para aprender. Aunque las estrategias varían según lo que se quiera aprender, cada uno tiende a desarrollar ciertas preferencias o tendencias globales” (Secretaría de Educación Pública. 2004). Buscado aplicar un modelo con clasificación de capacidades cognitivas corto, efectivo e inclusivo, ya que con estas características se puede establecer una propuesta completa y que no se expanda a la hora de integrar las actividades.

En consecuencia, se opta por implementar el enfoque de aprendizaje de programación Neurolingüística (PNL), entendiendo esta como un “sistema para preparar -programar-, sistemáticamente nuestra mente -neuro-, y lograr que comunique de manera eficaz lo que pensamos con lo que hacemos -lingüística-, logrando así una congruencia y comunicación eficaz a través de una estrategia que se enfoca al desarrollo humano” (Ortiz. 2014). Optimizando el aprendizaje del estudiante y enfocándolo desde su estilo de aprendizaje fuerte.

Por lo tanto, el modelo PNL logra una intervención efectiva en los sujetos “agrupa a las percepciones sensoriales humanas en tres sistemas principales de representación: el sistema visual, el sistema auditivo y el sistema kinestésico” (Diaz. 2012). Haciendo que la mayoría de los estudiantes sean entes activos en la clase, gracias a que cada uno de estos canales de comunicación presenta características tales como:

- Visual: se hace presente en personas que procesan información más fácil a partir de imágenes, presentado la capacidad de absorber información de una manera más amplia y rápida.

- Auditivo: es recurrente en personas a las que se les facilita captar sonidos y palabras, por lo que el sujeto aprende mejor cuando recibe la información de manera verbal y cuando pueden transmitir la información expresándose oralmente con otras personas.
- Cinestésico o kinestésico: se procesa la información asociándola a movimientos y sensaciones, su forma de aprendizaje es mas lenta pero la memoria muscular presenta una retentiva muy amplia, una vez que se adquiere.

5.5. NIVELES DE DESARROLLO DE PENSAMIENTO

Otro aspecto que permite organizar la información y presentarla secuencialmente es el de los niveles de desarrollo de pensamientos propuestos por Bloom, los cuales desde el dominio cognoscitivo se catalogan como “el comportamiento que la educación aspira a obtener o desarrollar en los estudiantes: las maneras en que las personas deberán actuar, pensar o sentir como resultado de haber participado en alguna unidad de instrucción”. (Bloom. 1990). La propuesta del autor organiza los fundamentos del dominio cognoscitivo, que actualmente se conocen como; recordar, comprender, aplicar, analizar, evaluar y crear.

Estos fundamentos al lograr desarrollarse como habilidades de pensamiento en su orden de complejidad hacen que los estudiantes interioricen la información recibida y finalmente generen conocimiento, además este orden permite obtener resultados tanto cualitativos como cuantitativos y tomar decisiones relacionadas con la enseñanza, ya que se espera que los estudiantes relacionen los términos estudiados con fenómenos de su cotidianidad afines al tema, los comprendan y los tengan en cuenta al avanzar en su proceso educativo y profesional.

Ahora bien, “al analizar el comportamiento cognoscitivo trabaja simultáneamente con estados afectivos, porque todo comportamiento cognoscitivo posee su

contraparte afectiva” (Bloom.1990). Y es allí donde se articulan los estilos de aprendizaje, haciendo que “aquellos rasgos cognitivos, afectivos y fisiológicos que sirven como indicadores de la forma como los individuos perciben, interaccionan y responden a sus ambientes de aprendizaje” Keefe y Thompson (1987) (como se citó en Correa, Duque y Pantoja. 2013). De una manera positiva llevando lo aprendido a un nivel de comprensión efectivo y duradero en la memoria de los estudiantes.

Por otra parte, si se realiza una mirada disciplinar se ha observado que en la promulgación de la química el aprendizaje de los conceptos y la comprensión de estos abarca una densa cantidad conceptual que explica la estructura de las sustancias, los comportamientos y la manera en que se pueden llegar a manipular o estudiar, para darles un uso significativo, contextualizado y sobre todo provechoso. Por ello es necesario contar con los conceptos que se van a tratar dentro de la propuesta. En este caso se considera importante tener como referencia los siguientes.

5.6. MOLÉCULA

Aprender química requiere de una concepción clara de múltiples conceptos básicos que permiten la comprensión de las teorías y el desarrollo de ellas. Para el caso geometría molecular, es importante comprender la idea de Molécula, por lo que el hombre la concibe como “Un agregado de, por lo menos, dos átomos en una colocación definida que se mantienen unidos a través de fuerzas químicas” (Chang. 2013). al comprenderlo de esta manera, el estudiante deduce que la sustancia se organiza de diferentes formas, la primera se le denomina elemental y su característica particular es que se conforma por una sustancia de la misma naturaleza, dando así origen a las sustancias puras, y la segunda es constituida por dos o más átomos de diferentes, formando de ese modo los compuestos, al lograr esto, se encuentra también que el estudiante relacione los conceptos y el modelo con el fenómeno.

5.7. REPULSIÓN DE PARES DE ELECTRONES DE LA CAPA DE VALENCIA

El aprendizaje de la química debe llevar una secuencialidad, una estructura conceptual elaborada que explica una teoría desde otras, articulándose para poder comprender la naturaleza de los fenómenos, por tal razón dentro de la geometría molecular se necesita comprender y disponer de la teoría de repulsión de pares de electrones de la capa de valencia (RPECV), la cual “se basa en la idea de que los dominios de electrones tienen carga negativa y, por lo tanto, se repelen entre sí” (Brown, Bursten, Lemay & Murphy. 2014). Dando importancia a la existencia de la capa de valencia de los átomos, y sobre todo al hecho de que en esta se encuentran posicionados los electrones involucrados en los enlaces y las formas que toman las moléculas.

Esta teoría entrelaza la naturaleza de los electrones y su comportamiento al interactuar entre ellos, generando una repulsión que desde el átomo central influye en las fuerzas electrostáticas de la molécula y la organiza de tal manera que su figura proporciona diferentes propiedades a las sustancias.

5.8. GEOMETRÍA MOLECULAR

Este concepto se entiende como “figura geométrica obtenida al unir los núcleos de los átomos enlazados mediante líneas rectas” (Petrucci, Geoffrey, Madura & Bissonette. 2011). Las cuales se definen en gran medida por los enlaces químicos, la tipificación y la hibridación de los mismos, la capa de valencia y la disposición de cada electrón en esta para formar un enlace o para expresar interacciones entre los pares libres que finalmente hacen que el enlace tome una posición, generando los ángulos de enlace, finalmente la interacción entre estas partículas y fuerzas son las responsables de que las moléculas tomen una estructura específica, que garantiza estabilidad energética y que proporciona distintas propiedades a las sustancias.

Por lo tanto, si la geometría molecular presenta diferentes estructuras, donde cada una de ellas se caracteriza por variar en cantidad de átomos, número de enlaces, pares de electrones libres, capacidad de enlace, se organiza espacialmente y se estabiliza energéticamente que le otorga sus propiedades específicas a cada molécula, a modo general la sustancia se organiza de la siguiente manera:

- **Lineal:** como su nombre lo indica, la disposición espacial de la molécula es lineal que puede tener entre 2 o 3 átomos y formar un ángulo de 180° entre los átomos que componen la molécula.
- **Trigonal plana:** se caracteriza por tener tres átomos unidos al átomo central, los cuales se distribuyen en un mismo plano de simetría, el ángulo que se forma es un ángulo de 120° entre los enlaces.
- **Tetraédrica:** presenta cuatro pares de electrones enlazantes formando un tetraedro, con el átomo principal en el centro del tetraedro y los átomos secundarios en los vértices, el ángulo de enlace generado debe ser $109,5^\circ$.
- **Bipirámide trigonal:** Presenta una forma de dos pirámides de tres lados unidas, el átomo central se encuentra ubicado en la mitad de las dos pirámides y los átomos secundarios ubicados en los vértices, dos de ellos apuntan hacia posiciones axiales, los cuales presentan un ángulo de 180° entre ellos, y tres apuntan hacia posiciones ecuatoriales con ángulos de 120° entre ecuatoriales.
- **Octaédrica:** Formada por un átomo central y 6 enlazados, dando un aspecto de dos pirámides de base cuadradas unidas entre sí, generando ángulos de 90° entre los átomos inmediatamente seguidos.
- **Angular:** moléculas dos átomos unidos al central, generando un ángulo de $104,5^\circ$, generado por la repulsión de los pares de electrones libres del átomo central.
- **Piramidal trigonal:** Presenta tres átomos unidos al átomo central, donde el átomo central se ubica en la parte superior y los secundarios en la parte inferior, dando el aspecto de una pirámide trigonal, el ángulo entre ellos es de $109,5^\circ$, generado por la influencia de la nube electrónica del nitrógeno.

- **Bipirámide trigonal distorsionada:** estructura moléculas desfavorable que se genera entre 4 átomos enlazados al central, donde los átomos ubicados en posiciones ecuatoriales se ven influenciados por la nube electrónica presente en el átomo central.
- **Bipirámide trigonal sube y baja:** molécula caracterizada por establecer 4 electrones enlazados al átomo central, donde una nube electrónica en posición axial influye en sus átomos homólogos, los átomos axiales generan un ángulo de 90° con respecto a los ecuatoriales y estos últimos con ángulo de 120° entre ellos
- **En forma de T:** estructura derivada de una bipirámide trigonal generada por tres átomos unidos al central, donde la influencia de dos nubes electrónicas en posiciones ecuatoriales genera ángulos de 90° entre enlaces ecuatoriales y axiales, dando aspecto de una T.
- **Piramidal cuadrada:** derivada de la geometría molecular octaédrica, donde 5 átomos enlazados al átomo central dan el aspecto de una pirámide de base cuadrada, por influencia de una nube electrónica disponible en la parte inferior de la pirámide, generando ángulos de 90° entre los enlaces cercanos.
- **Cuadrada plana:** derivada de una geometría molecular octaédrica donde 4 átomos se ven influenciados por dos nubes electrónicas del central, las cuales se ubican a los extremos opuestos, haciendo que se den ángulos de 90° entre los enlaces directamente siguientes.

5.9. MODELO

Dentro de la teoría, y especialmente en la química, debemos recordar que hay una distancia que no se puede entrelazar directamente con la realidad, a causa del carácter metafísico que los planteamientos conceptuales implican, es por ello que se requiere de la modelación, ya que esta satisface la necesidad de explicar simulando un pedazo de la realidad a partir de la lógica que le proporciona. A Grosso modo, esta hace parte de “un sistema o estructura, un “trozo de la realidad” constituido por entidades de diverso tipo, que *realiza* una teoría o conjunto de

axiomas en el sentido de que en dicho sistema “pasa lo que la teoría dice” o, más precisamente, la teoría es verdadera en dicho sistema” (Díez & Moulines. 1999). Dándole una existencia que valida diferentes comportamientos, en este caso químicos, a los cuales se les puede otorgar a una existencia que si bien no es tangible para el ser humano, presenta las suficientes evidencias para su comprensión.

5.10. QUÍMICA COMPUTACIONAL

Otro componente importante de esta propuesta es la química computacional, y de ella las herramientas de modelación, es válido recordar que esta “surge como una evolución de la Química Teórica con el objetivo de investigar el comportamiento de la materia a nivel molecular mediante ordenadores; en otras palabras, la Química Computacional es sinónimo de modelización molecular” (Suarez. 2012). Es por medio de esta que se puede obtener aproximaciones precisas de acuerdo con sus fases gráficas, de cálculo matemático y métodos de análisis. Ya que, si se compara un software especializado, en relación con uno educativo, este segundo se queda como un sistema de representación que no proporciona suficientes recursos para estimular e impulsar la investigación a futuro.

Por ello, se considera que son precisamente estos últimos aspectos los que dan un valor agregado a la propuesta, pues en este caso, la fase gráfica y su sistema de optimización permite obtener resultados precisos que otros sistemas de modelación no evidencian, los cuales son importantes para la comprensión del tema, por lo que a partir de éste se logra satisfacer el requerimiento cognitivo de los estudiantes.

Es importante mencionar que el software trabaja con la mecánica molecular, como método computacional, el cual sirve para “representa la molécula como un grupo de esferas conectadas por muelles” (Torres, Nájera & Vida. 2009), este modelo dentro del software se encarga de establecer los criterios de calculo que analiza las interacciones de enlace, angulares, torsión, intermoleculares y electrostáticas y a

partir de ella realiza la figura, permitiéndole al estudiante ver los ajustes y observar e interactuar con la molécula sin que se deforme, mostrando la estabilidad que la molécula adquiere.

5.11. AVOGADRO

Teniendo en cuenta los parámetros que definen un software especializado, se opta por usar Avogadro, ya que cumple con estos, como requisitos mínimos, dentro de la modelación, ya que nivel general “Avogadro es un "editor molecular", diseñado para ser fácil de usar para construir y ver moléculas y materiales en 3D” (Curtis, Hanwell, Hutchison, Jacob, Lonie, Niehaus & Vandermeersch. 2018), permitiendo seleccionar los átomos de los elementos de la tabla periódica, sin limitaciones, enlazarlos, evidenciar y manipular los ángulos de enlace, rotar la molécula de acuerdo con las coordenadas cartesianas, medir las distancias entre los átomos y simular movimientos de la molécula en las tres dimensiones.

Además de ello, el software permite optimizar las moléculas, para lo cual presenta 3 campos de fuerza, entre ellos campo de fuerza universal (UFF), que se desempeña especialmente con materiales inorgánicos y organometálicos, mecánica molecular campo de fuerza (MMFF94 y MMFF94s), parametrizado para compuestos orgánicos y finalmente campo de fuerza general AMBER (GAFF) el cual es usado para optimizar proteínas o macro compuestos.

A continuación, se presenta la ficha técnica con las especificaciones del software.

Programa Avogadro.	
Característica	Especificación
Multiplataforma	Constructor molecular para Windows, Linux y Mac

Gratis, de código abierto	fácil de instalar y todo el código fuente está disponible (GNU GPL)
Internacional	Francés, italiano, catalán, inglés, chino (tradicional), portugués brasileño, chino (simplificado), alemán, español, ruso.
Intuitivo	Construido para trabajar fácilmente tanto para estudiantes como para investigadores avanzados.
Rápido	Admite procesamiento y procesamiento de subprocesos múltiples.
Extensible	Arquitectura de complementos para desarrolladores, que incluye representación, herramientas interactivas, comandos y secuencias de comandos de Python.
Flexible	Las características incluyen la importación Open Babel de archivos químicos, múltiples paquetes computacionales, cristales, biomoléculas, etc.
Interfaz de usuario	OpenGL, Qt
Público objetivo	Ciencia/Investigación, Educación, Usuarios finales avanzados, Usuarios finales/Escritorio

*Tabla 1. FICHA TÉCNICA DEL PROGRAMA AVOGADRO. Curtis et al. (2018)
adaptado de <https://avogadro.cc/>*

6. METODOLOGÍA

Esta propuesta se desarrolla bajo los parámetros de una investigación cualitativa la cual “se enfoca en comprender los fenómenos, desde la perspectiva de los participantes en un ambiente natural y en relación con su contexto” (Baptista. Fernández & Hernández. 2014). Y a partir ello se busca realizar la construcción colectiva de la secuencia didáctica, intentando promover el uso de herramientas de modelación computacional, específicamente el software especializado Avogadro, enfocado en la comprensión del tema geometría molecular.

6.1. ENFOQUE METODOLÓGICO

La construcción colectiva de la secuencia es promovida a partir de la metodología de pensamiento de diseño en donde “las personas se ven como actores que pueden marcar una diferencia. La gente puede diseñar soluciones relevantes que tendrán un impacto positivo” (Leinonen & Durall. 2013). Esto lo garantiza el hecho de que los estudiantes del grupo son docentes en formación y el trabajo a realizar les proporcionara las bases de un recurso pedagógico aplicable a su entorno laboral, pues a pesar de que el recurso es elaborado pensando en un grado decimo de bachillerato, su material está sujeto a adaptaciones para otras poblaciones estudiantiles, de acuerdo con la necesidad del docente.

6.2. POBLACIÓN

La propuesta se elaboró teniendo en cuenta dos poblaciones, donde la primera y principal en esta proyecto corresponde con los 23 estudiantes del curso química computacional de la Universidad Pedagógica Nacional, los cuales estaban entre los 24 y 43 años, quienes toman el papel de colaboradores en el diseño, proporcionando su perspectiva con respecto a temas de la secuencia, recursos y evaluación del material; y el segundo es el curso al que va orientado la secuencia, es decir un grado décimo de educación media quienes se podrían ver más beneficiados por la propuesta diseñada.

6.3. FASES DE LA INVESTIGACIÓN

Siendo consecuente con el modelo de aprendizaje expansivo se plantean 6 fases para el desarrollo del proceso, las cuales están relacionadas con los momentos del ciclo de expansión, que permitirán cuestionar, analizar, modelar, evaluar, implementar reflexionar y consolidar las actividades propuestas por los participantes dentro de la construcción de la secuencia. Las fases planteadas se definen de la siguiente manera:

5.1. FASE 1: FUNDAMENTACIÓN

La fase inicial corresponde a cuestionar del ¿por qué de no es tan frecuente el uso de Avogadro como herramienta de modelación enfocada hacia la enseñanza? A partir de ello identificar un tema en el que los estudiantes presenten problemas de aprendizaje y que se pudiera solventar desde el software, con estas características se identificó el tema geometría molecular.

Es aquí donde se genera el doble vínculo, ya que se articulan el problema con la posible solución, procediendo a indagar, sobre propuestas que permitieran visualizar las soluciones que otros docentes han proporcionado al problema y de ese modo organizar la información, permitiendo a la investigación tener los precedentes y sus características. Con ellas identificadas se procede a plasmar en una propuesta aspectos necesarios y complementarios a los antecedentes para la elaboración de la secuencia didáctica, procurando que abarcara todos los factores posibles que pudiesen afectar el proceso de enseñanza, para intentar tener un control sobre ello y satisfacer las necesidades educativas de los estudiantes en el tema.

5.2. FASE 2: IDEAS PREVIAS

Posterior a tener planteada la propuesta se procede a realizar la primera interacción con los estudiantes, de este modo se elaboró la presentación de la propuesta con

la finalidad de contextualizar a los estudiantes del programa química computacional. A partir de ello se planteó a los estudiantes una serie de preguntas divididas en tres secciones dentro de un cuestionario, el objetivo de este fue que permitiera realizar una lluvia de ideas previas y a con su perspectiva recopilar la información necesaria para organizar los primeros aspectos, bases teóricas y el orden que debería llevar la secuencia didáctica. Por ello el cuestionario se elaboró en tres secciones, la primera corresponde a conocimientos relacionados con Geometría molecular, la segunda con herramientas de modelación computacional y la tercera de carácter pedagógico. (ANEXO 9).

5.3. FASE 3: INTEGRACIÓN DE ASPECTOS PEDAGÓGICOS.

Teniendo la recopilación de la información proporcionada por los estudiantes, se procedió a organizarla, analizar las respuestas con la finalidad de seleccionar los aspectos relevantes dentro del formato de la secuencia didáctica, integrando dentro del proceso los aspectos pedagógicos y psicológicos que hicieron de la propuesta un trabajo consolidado y consecuente con su propósito.

5.4. FASE 4: BORRADOR

Con una primera propuesta organizada, se presenta ante los estudiantes el primer borrador. Un primer archivo sujeto a críticas y comentarios, con la finalidad de realizar una evaluación cualitativa del trabajo en busca de vacíos y falencias de la propuesta. De ese modo analizar y articular los aspectos faltantes o que perturbaran el óptimo desarrollo de la propuesta, para finalmente realizar los nuevos ajustes.

En esta fase se presenta a los estudiantes una cartilla elaborada con las diferentes estructuras de geometría molecular donde se abordan algunos de los temas mencionados dentro del cuestionario de la fase anterior

(ver enlace:

<https://read.bookcreator.com/F4MBCCrOENe0gx5pNaVAjh9T5ld2/7Y54ckGDsp6R4IY30R89RA>

5.5. FASE 5: RETROALIMENTACIÓN

Teniendo las opiniones de la fase del borrador, se hace una nueva adaptación a los diferentes temas mencionados por los estudiantes, donde surge la idea de implementarla desde un ambiente educativo tecnológico, por lo que se elabora un curso en UPN virtual de la universidad, ideado para desarrollarse por niveles, donde se tengan en cuenta saberes previos, conceptos básicos, capacitación sobre el uso del software y modelación.

5.6. FASE 6: ANÁLISIS

Después de realizar la implementación de los ajustes que solventaran los vacíos conceptuales, procedimentales, estéticos, entre otros; se realiza una última entrega a los estudiantes donde se incluye una rúbrica para contenido didáctico digital, que permita recopilar las observaciones finales de los estudiantes, de ese modo obtener las apreciaciones y perspectivas sobre el proceso realizado, esta se plantea de tal manera que los estudiantes califiquen los ítems de acuerdo al nivel de pertinencia, dándole un valor de para nada pertinente al nivel más bajo y muy pertinente para el más alto. (**ANEXO 10**).

La rúbrica es presentada en un formulario Google en la cual se incluyeron los siguientes aspectos: accesibilidad e interactividad, tiempos de consulta, medios de apoyo, calidad de audiovisuales, interactividad, coherencia, relevancia, alcance de acuerdo con estilos de aprendizaje, calidad de las actividades, presentación, secuencialidad del contenido, sinterización de la información, citas y referencias, utilidad del material con las actividades, redacción, y finalmente recomendaciones.

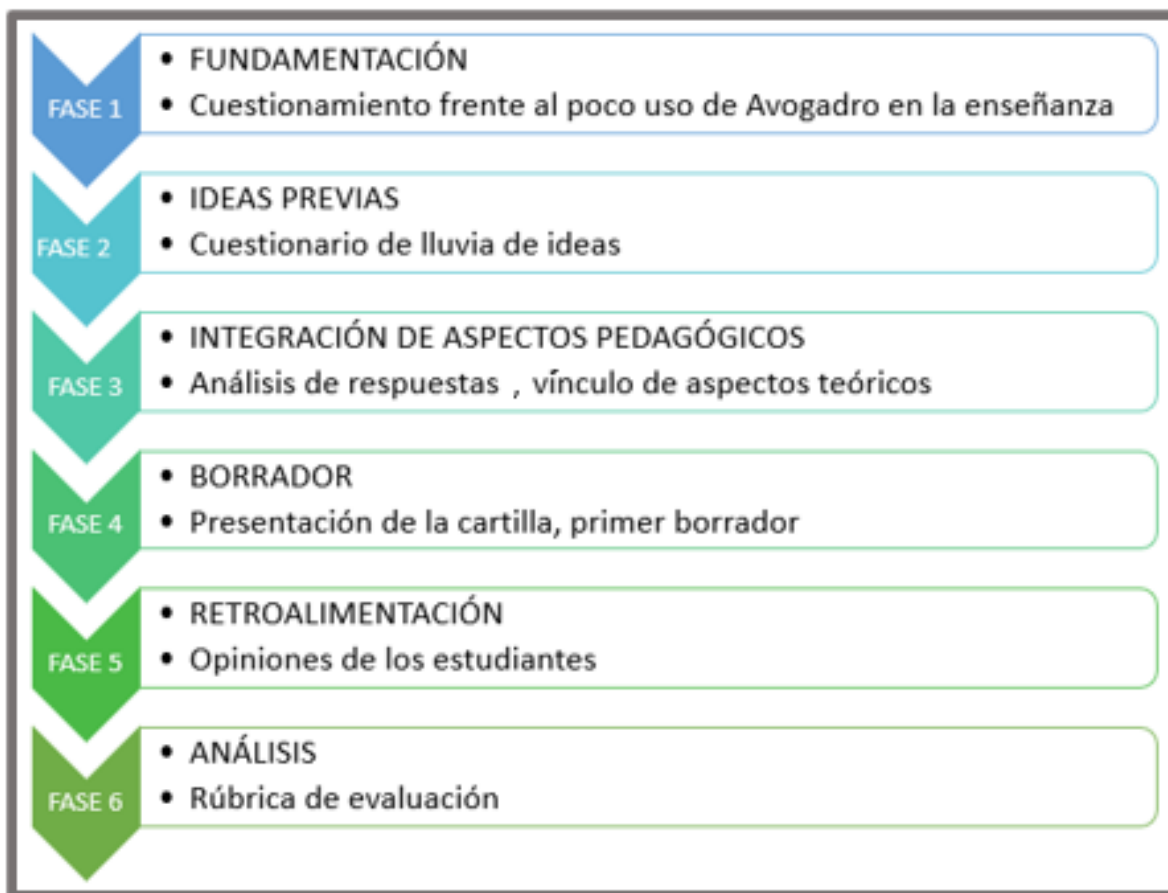


Figura 2. FASES DEL PROYECTO elaboración propia

6. RESULTADOS Y ANALISIS

A continuación, se presentan los resultados y análisis que se obtuvieron como producto del desarrollo de las fases del trabajo realizado.

6.1. FASE 1: FUNDAMENTACIÓN

Esta fase inició realizando diversas consultas en repositorios de acceso libre como lo son Google académico, Eric, scielo y el repositorio de la UPN, para lo cual se tuvo en cuenta trabajos donde se realizara la enseñanza de la geometría molecular a partir de secuencias didácticas, que tuvieran integradas herramientas de modelación computacional, propuestas para la enseñanza del tema desde herramientas de modelación computacional en general, con lo cual se ratificó que el aprendizaje del tema en estudiantes inclusive universitarios sigue siendo de difícil comprensión, por diversos factores entre los cuales se encuentra el desarrollo de pensamiento espacial, la identificación de modelos matemáticos en la química y el desinterés por el área a causa de poca articulación con fenómenos visibles o “inutilidad de los temas”.

Del mismo modo, el estudio de antecedentes permitió identificar que para la atención de estos problemas educativos, los docentes optan por utilizar diversos recursos entre los que se encuentran el uso de globos, plastilina y palillos o modelos moleculares y una variedad de recursos un poco más llamativos para las nuevas generaciones de carácter tecnológico, como los son los simuladores 3d, softwares educativos, aplicaciones de acceso libre como PHET, o chemsketch y el uso de softwares especializados como Avogadro.

En estos antecedentes se tuvo en cuenta propuestas con programas de modelación de diferentes tipos, ya que permitieron establecer una idea clara sobre el tema que se pretende atender, la manera como se ha tratado y la forma en que se ha trabajado con los estudiantes. Esto facilitó la organización de los aspectos teóricos,

pedagógicos y procedimentales necesarios que se debían tener en cuenta para el desarrollo de la propuesta.

Es por ello por lo que se optó por plantear bases teóricas desde el aprendizaje expansivo y el pensamiento de diseño, los cuales facilitaron la organización metodológica y procedimental a la hora de interactuar con los estudiantes de química computacional, quienes estuvieron dispuestos a trabajar y realizar los pertinentes aportes de manera oportuna.

6.2. FASE 2: IDEAS PREVIAS:

Esta fase fue desarrollada mediante un formulario de Google, el cual fue elaborado en 3 secciones. La revisión del cuestionario fue realizada por docentes licenciados en química egresados de la UPN y docentes activos de la facultad, lo cual fue muy importante, ya que los docentes en sus sugerencias aportaron correcciones de forma en las preguntas y dieron el aval de pertinencia con respecto a lo que se pretendía recopilar.

El cuestionario fue elaborado con preguntas abiertas en su mayoría con la intención de tener un contexto claro específico del conocimiento de cada uno de los estudiantes; la primera corresponde a los conocimientos de geometría molecular que los estudiantes presentan, a nivel general, se puede deducir que incluso en este nivel educativo los estudiantes presentan falencias en su construcción conceptual del tema, ya que en diferentes respuestas proporcionaron temas que no estaban relacionadas con el tema, a continuación se presenta un control estadístico de las preguntas realizadas.

En la pregunta ¿Qué entiende por geometría molecular? se presentaron 6 tipos de respuesta donde la definieron como mecanismo, forma de organización, disposición espacial, acomodación, posicionamiento de las moléculas, por lo tanto, de acuerdo

con la figura 3 las respuestas más acertadas a la definición presentaron un porcentaje del 26% del total de los estudiantes.

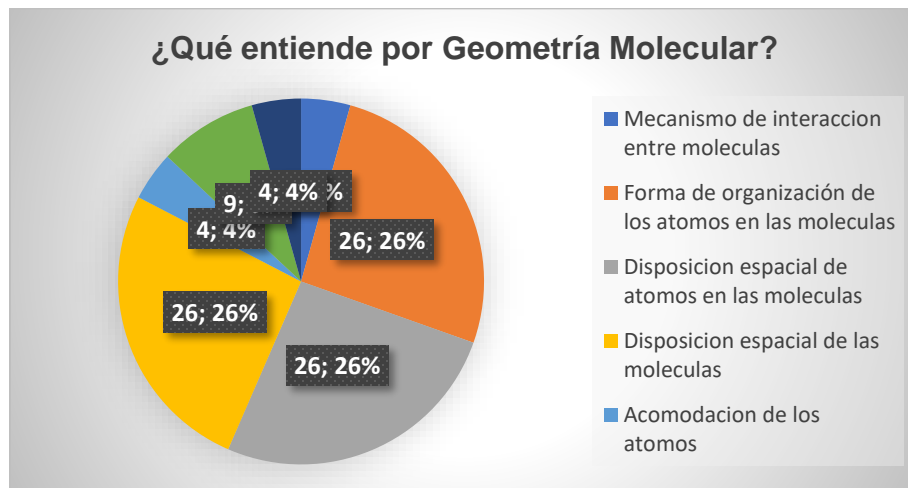


Figura 3. PREGUNTA 1 DEL CUESTIONARIO DE LLUVIA DE IDEAS.

Para la pregunta 2 se les cuestionó a los estudiantes la utilidad del concepto en el área de la química, donde se obtuvieron 6 tipos de respuestas donde las más acertadas fueron dadas por el 34% de los estudiantes. (Figura 4)



Figura 4. UTILIDAD DEL CONCEPTO EN EL ÁREA DE LA QUÍMICA

Se puede evidenciar que en este caso se relacionan conceptos que precisamente son considerados previos al aprendizaje de la geometría molecular y que, aunque otras respuestas fueron dadas con respecto a temas más específicos, no presentan una concepción general, lo cual no quiere decir que su respuesta no fuera acertada.

Para la pregunta 3 se cuestionó a los estudiantes sobre los conocimientos previos necesarios para la comprensión de la geometría molecular, las respuestas fueron tabuladas y clasificadas en básicos, especializados, computacionales y posteriores a geometría molecular. (tabla 2)

BÁSICOS	ESPECIALIZADOS	COMPUTACIONALES	POSTERIOR A GEOMETRÍA MOLECULAR
Teoría de enlaces	Mecanismo	Optimización	Fuerzas intramoleculares e intermoleculares
Polaridad	Sitio activo		Reacción química
Ángulo de enlace	TEV		Propiedades de la materia
Átomo	Simetría		Fisicoquímica
Electrón	Isómeros		Orgánica básica
Molécula	Nomenclatura		
Compuesto químico			
Densidad electrónica			
Características de los elementos			
Mecánica cuántica			

Tom			
Repulsión			
Energía			
Configuración electrónica			
Modelo atómico de Lewis			
Hibridación			

Tabla 2. CONTENIDOS PREVIOS PARA ABORDAR GEOMETRÍA MOLECULAR. Creación propia.

De estos contenidos se tomaron solo los directamente anteriores al tema, esto debido a que son aquellos que establecen las bases conceptuales no solo de geometría molecular, sino también de la química en general, y de ese modo se limitó la propuesta, exclusivamente al tema de interés, ya que al tener en cuenta el total de conceptos proporcionados la secuencia se extendería demasiado.

En la pregunta 4 se preguntó a los estudiantes el nivel educativo en el que se relacionaron por primera vez con el tema, para lo que respondieron en un 69% que entre primer y tercer semestre de la licenciatura en química(Figura 7).

Seleccione etapa educativa (nivel del proceso académico de educación formal) donde conoció el concepto de Geometría molecular.
23 respuestas

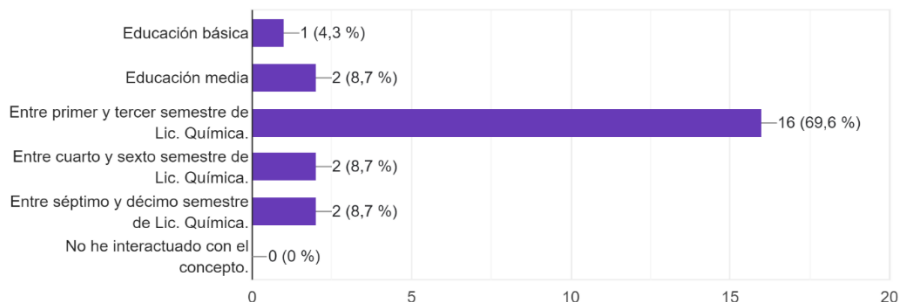


Figura 5. ETAPA EDUCATIVA EN QUE LOS ESTUDIANTES SE RELACIONARON CON LA GEOMETRÍA MOLECULAR.

Esta pregunta se realizó con el fin de categorizar el tema dentro de un nivel educativo y de ese modo se pudo constatar que se le está dando una baja importancia a la enseñanza de este en la educación media y básica, por lo que potenciarlo en estos niveles educativos es de vital importancia, sobre todo en educación media, pues es allí donde el estudiante cuenta con un poco más de experiencia y habilidades para comprender las estructuras y graficarlas en programas de modelación computacional.

Así mismo, los estudiantes en un 65% mencionaron saber poco de geometría molecular y ninguno afirma saber el tema por completo, lo cual da una perspectiva de vacío y de necesidad en la implementación de propuestas para la enseñanza del tema.

Aparte de ello, se preguntó a los estudiantes ¿Qué dificultades considera que son más recurrentes para la comprensión del tema Geometría molecular? Las respuestas fueron tabuladas y categorizadas por nivel de pertinencia con la finalidad de analizar su aplicabilidad dentro de la propuesta, por lo que, de acuerdo con la pertinencia, se extrajeron los conceptos más pertinentes, los cuales se presentan

en la tabla 3. Cabe resaltar que las poco pertinentes no se tienen en cuenta dentro de la propuesta debido a que en el caso de las teorías cuánticas se puede implementar mucho tiempo antes de llegar a la geometría molecular, así que si se tienen en cuenta la secuencia se extiende y habría que considerar la organización del material desde otra propuesta que no fuera una secuencia.

Nivel de pertinencia	
Muy pertinente	Poco pertinente
RPEV	Teorías cuánticas
Aceptación metafísica	Números cuánticos
Nubes electrónicas	Spin
Modelación	
Ubicación espacial	
Ángulos de enlace	
Nombre de las estructuras	
Hibridación	
Enlaces	

Tabla 3. DIFICULTADES EN LA ENSEÑANZA DE LA GEOMETRÍA MOLECULAR. Creación propia.

Así mismo, se contrastaron las respuestas de los estudiantes con los antecedentes, confirmado que los problemas de aceptación metafísica y ubicación espacial (pensamiento 3D) es uno de los factores por los que se dificulta la aprensión de la geometría molecular

De las anteriores respuestas, se preguntó al grupo ¿Cómo cree que deberían abordarse esas dificultades? Para lo que los estudiantes propusieron desde analogías y ejercicios hasta uso de simuladores

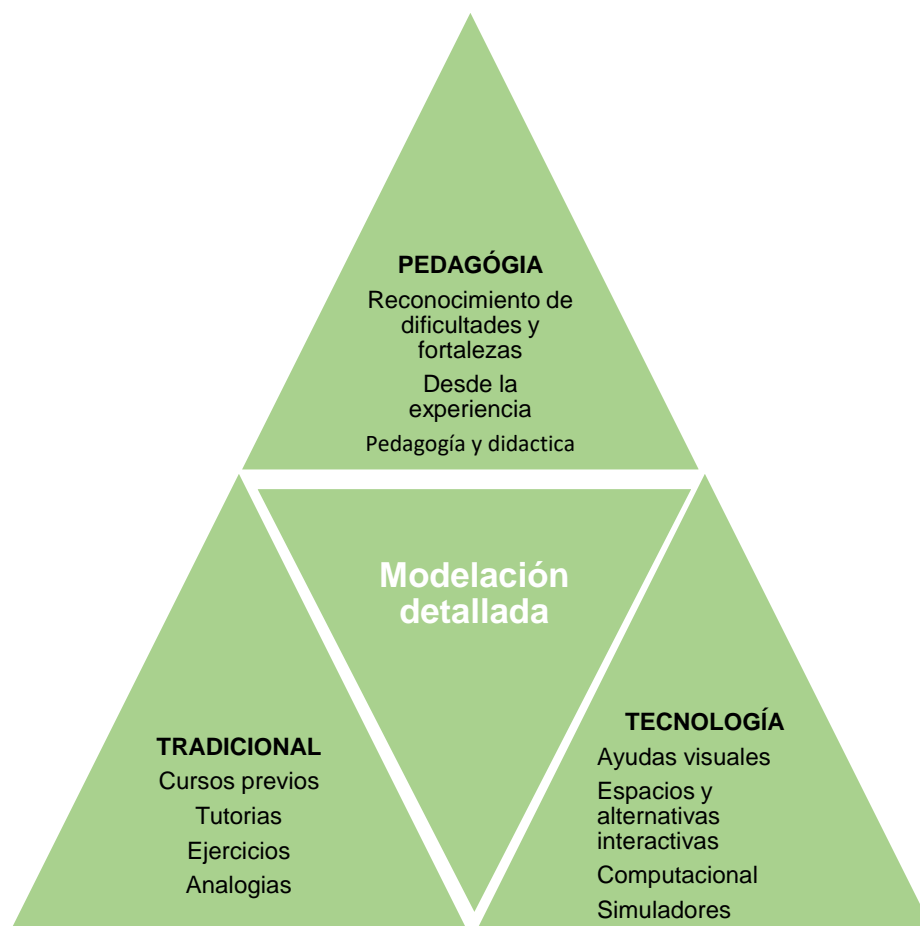


Figura 6. CLASIFICACIÓN DE POSIBLES SOLUCIONES A LA ENSEÑANZA DE LA GEOMETRÍA MOLECULAR. (DISEÑO PROPIO)

En la figura 6 se muestra una breve clasificación de las respuestas de los estudiantes, donde se detallaron propuestas pedagógicas, tradicionales y relacionadas con recursos tecnológicos. La modelación detallada al ser una estrategia muy general se relaciona con las tres estrategias por lo que se cataloga como elemental, de ese modo se empieza a enfocar la secuencia desde los tres recursos mencionados por los estudiantes.

La segunda sección de preguntas se relacionó con herramientas de modelación computacional, el objetivo de estas preguntas fue realizar un sondeo que permitiera

tener una idea del nivel académico en el que los estudiantes interactúan con recursos como Avogadro.

Para ello se les preguntó si tenían experiencia con herramientas de modelación computacional, donde el 47% de las respuestas fueron afirmativas y el 30% fueron negativas, como se establece en la figura 7.

¿Tiene experiencia con herramientas de modelación computacional?

23 respuestas

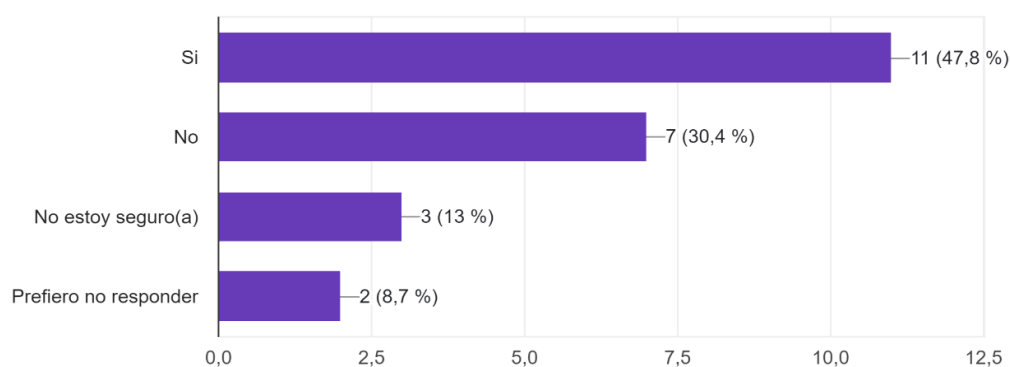


Figura 7. EXPERIENCIA DE LOS ESTUDIANTES CON HERRAMIENTAS DE MODELACIÓN COMPUTACIONAL.

En la justificación de la pregunta el 87% de los estudiantes afirman haber conocido estos recursos únicamente en el espacio académico que estaban cursando y el 9% en otras materias de la universidad (figura 8).

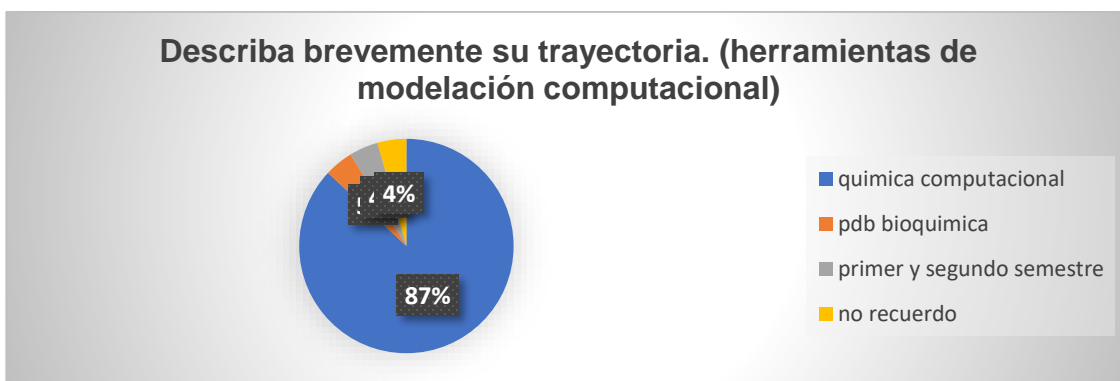


Figura 8. ESPACIOS ACADÉMICOS EN EL QUE LOS ESTUDIANTES USARON HERRAMIENTAS DE MODELACIÓN COMPUTACIONAL.

Para limitar y conocer mejor la experiencia de los estudiantes, se preguntó ¿Cuál ha sido su experiencia con el software Avogadro? Donde el 82,7% de los estudiantes se refirieron exclusivamente al conocimiento de este en la clase, un 8,7% menciona haberlo trabajado en otras materias y el 2% restante afirma no haber interactuado con el software, lo cual permite inferir que Avogadro es el único recurso con el que han interactuado en su proceso académico, lo cual a modo general genera un sin sabor, pero a la vez una luz que le da la oportunidad a la propuesta planteada.

Finalmente, en la tercera sección, se plantearon preguntas de carácter pedagógico, intentando evaluar el software Avogadro como recurso dentro del aula de clase y buscando identificar nuevos recursos para aplicar dentro de la secuencia didáctica.

Para este caso la primera pregunta realizada a los estudiantes fue ¿Considera que Avogadro podría ser un programa útil para la enseñanza de la química? La respuesta de los estudiantes en un 82,6% fue que sí, y en su Justificación la diversidad de respuestas en su mayoría fueron expectantes (Figura 9).

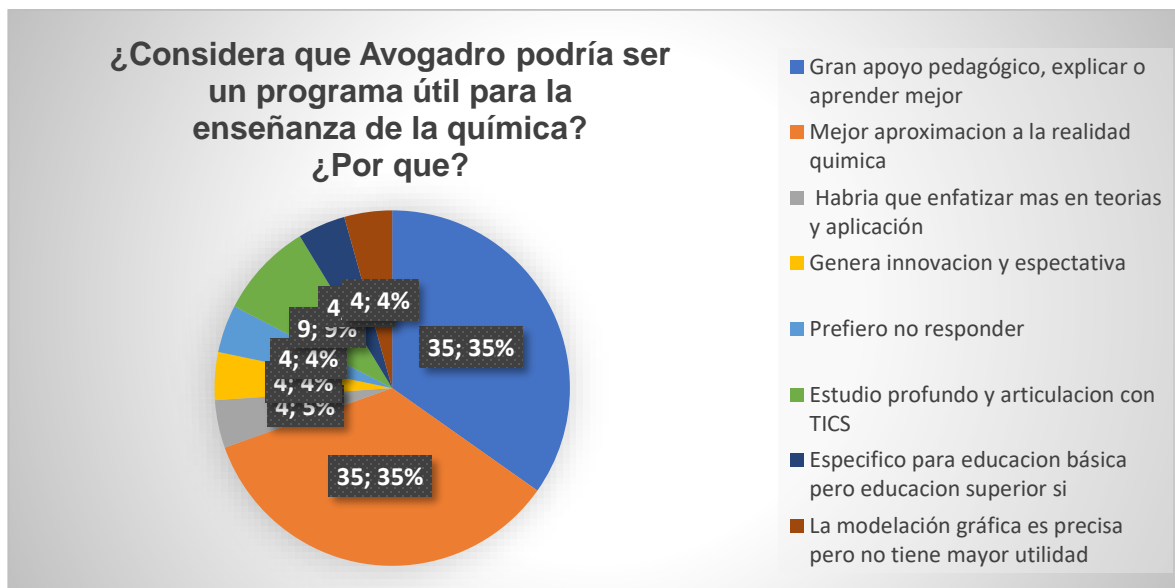


Figura 9. UTILIDAD DE AVOGADRO EN LA ENSEÑANZA

Aparte de ello, se solicitó a los estudiantes proponer 2 actividades que no fueran mediadas por herramientas de modelación computacional, el listado propuesto abarca las siguientes propuestas:

- Modelos didácticos
- Juegos con bombas
- Juegos de roles
- Dibujo, plastilina, bolitas y palitos
- Desde el estudio de medicamentos
- Desde el estudio de minerales
- Con el cuerpo
- Material audiovisual

De acuerdo con las propuestas, se encuentra en los estudiantes diversas propuestas, las cuales son útiles para complementar el trabajo cuando se realiza directamente en el aula de clase, ya que se pueden usar como refuerzo en interacción directa con los estudiantes.

Finalmente, se solicitó a los estudiantes Proponer 2 actividades para abordar el concepto de geometría molecular a través de herramientas computacionales donde

se evidenció que Avogadro y Gabedit fueron los programas que encabezaron la lista, el total de propuestas fueron las siguientes:

- Avogadro.
- Gabedit.
- La medicina.
- Dibujos.
- Ejercicios.
- Estudio de moléculas puntuales.
- Plataformas con juegos.
- Moléculas puntuales contrastando con cajas de modelación.
- Chems sketch.
- Experimentos.
- Simuladores y softwares 3D.
- Mecanismos de reacción.

Adicional a ello algunos de los estudiantes sugirieron que se estableciera en la propuesta actividades de refuerzo, en ese sentido, se ratifica la importancia de usar Avogadro dentro de la propuesta, teniendo claro que hay otras perspectivas que se pueden articular al proceso con el software.

Es importante mencionar que en esta fase se logró evidenciar de manera indirecta la falencia que presentan los estudiantes con el tema, ya que a pesar de que son estudiantes de último semestre de la licenciatura, su coherencia y asertividad al sugerir los temas previos fue muy amplia, su concepción de geometría molecular fue muy vaga, inclusive la percepción propia de conocimiento del tema es muy baja, asegurando no ser lo suficientemente conocedores del tema.

FASE 3: INTEGRACIÓN DE ASPECTOS PEDAGÓGICOS.

ya teniendo un panorama con respecto a las propuestas de los estudiantes, el nivel de conocimiento del tema y la experiencia con programas de modelación se procedió a plantear una cartilla con un selecto grupo de actividades propuestas por los estudiantes, donde se partió desde la hibridación como tema previo a la enseñanza de la geometría molecular, se modelaron unos ejemplos de las estructuras y se escribieron las generalidades de cada una de ellas, la idea de la cartilla era tener un recurso de apoyo dentro del aula, para que en las explicaciones y en el desarrollo de las actividades pudieran revisar el material y reforzar el trabajo realizado en el aula, teniendo en cuenta que los estudiantes iban a poder visualizar las estructuras, observar y escuchar la explicación de cada una de ellas, y finalmente modelarlas con Avogadro, con la supervisión y el apoyo del docente y de ese modo promover la enseñanza del tema teniendo en cuenta los estilos de aprendizaje de los estudiantes y del mismo modo ir integrado en el quehacer del estudiante los niveles de pensamiento de Bloom, logrando una efectividad en la apropiación del contenido.

Al integrar estos aspectos dentro de la cartilla y organizar el contenido de acuerdo con los requerimientos pedagógicos planteados, nuevamente se realizó una reunión con los estudiantes para obtener nuevos puntos de vista.

Ver enlace.

<https://read.bookcreator.com/F4MBCCrOENe0gx5pNaVAjh9T5ld2/7Y54ckGDSp6R4IY30R89RA>

FASE 4: BORRADOR:

En la presentación del borrador a lo grupo se realizaron aportes muy puntuales, donde los estudiantes socializaron la basicidad del material realizando la siguiente cuestión, ¿qué diferencia hay entre el material y un libro? con ello en mente se replanteó toda la idea y se pensó en construir un material didáctico más completo,

que permita al estudiante tener información complementaria, de refuerzo y siempre a disposición.

FASE 5: RETROALIMENTACIÓN

Pensando en un material completo organizado y con disponibilidad para el estudiante, se plantea elaborar un curso en la plataforma CIDDET de la universidad, en esta herramienta se establece la información por secciones, en ese sentido, cada sección es un nivel y la forma de aprendizaje es progresiva, por lo que el primer nivel se establece como de conceptos previos, en este se pueden encontrar una serie de videos de YouTube con los cuales los estudiantes pueden recordar temas como el modelo atómico, estructura de Lewis, regla del octeto, enlace, polaridad.

Por otra parte, a cada video se le realiza una actividad evaluativa muy básica, orientada desde sitios web como kahoot, Word Wall y educaplay. (ANEXOS 1,2,3). Estas actividades se plantean de ese modo, debido a que se considera que dichos temas vistos son bastante distanciados en su cronología educativa del tema, es decir, son temas que se ven en grados sexto, de acuerdo con los estándares de ciencias naturales que plantea el ministerio de educación nacional.

El segundo nivel presenta los temas hibridación, repulsión de pares de electrones de la capa de valencia (RPECV), Y estructuras de geometría molecular. Esta sección cuenta con la cartilla reestructurada (ver enlace) <https://read.bookcreator.com/F4MBCCrOENe0gx5pNaVAjh9T5ld2/9nsKk6vWSq2hPuVNCEgfyw> a la cual se le anexaron videos de cada tema para de ese modo proveer a los estudiantes material disponible que les permita repasar y revisar los temas. Así mismo se plantearon actividades extra ubicadas dentro de la plataforma (ANEXOS 4 y 5).

El tercer nivel es dedicado a la modelación en Avogadro, en este se elabora otra cartilla, la cual consta de la explicación de las herramientas básicas del programa y

además presenta un video tutorial que le permite a los estudiantes desde descargar e instalar el programa, hasta una explicación de cada una de las herramientas, en esta sección el estudiante tendrá que ir revisando el material y a la par ir realizando una primera modelación, al final de la cartilla, el estudiante debe realizar una actividad complementaria, la cual esta archivada en la plataforma, por lo que se puede descargar, realizar y subir de nuevo a la plataforma UPN virtual (ANEXO 6).

El cuarto nivel es denominado de aplicación, en este se entrega a los estudiantes un taller en el cual deben organizarse por grupos y realizar una modelación de acuerdo con una sustancia específica (ANEXO 7) para ello los estudiantes tienen que seleccionar una sustancia, y a partir de ello identificar la formula general, realizar la estructura de Lewis e identificar las nubes de enlace y las nubes de electrones libres, el átomo central, la hibridación, realizar la modelación en Avogadro, anotar la energía de optimización, registrar los ángulos de enlace y las distancias; con todos esos datos realizar un pequeño análisis de por qué la estructura toma esa forma. En el mismo nivel se realiza un nuevo cuestionario de kahoot, el cual debe permitir revisar el nivel de comprensión del tema. (ANEXO 8). En el cual se establecen diferentes estructuras, de tal modo que los estudiantes evidencien qué tan fácil se les hace identificar estructuras a simple vista.

Finalmente se tiene una pestaña adicional, elaborada con la final de realizar una retroalimentación muy breve del tema, la cual consta de un taller con 3 sustancias, de las cuales 2 son caracterizadas a partir de un video disponible en YouTube, donde se tienen en cuenta todos los aspectos tratados para la modelación e identificación de la geometría molecular y la sustancia final, queda a disposición de los estudiantes como práctica. Para saber la forma en que los estudiantes caracterizaron la sustancia, ellos tienen disponible un foro para socializar sus resultados.

En toda la secuencia se tiene en cuenta que las actividades presenten recursos audiovisuales, y talleres donde los estudiantes tendrán que recordar, comprender, aplicar, analizar, evaluar, y crear. Haciendo que adquieran las habilidades suficientes para identificar, analizar y concluir con respecto a las estructuras de geometría molecular que les presenten.

FASE 6: ANÁLISIS

En esta fase se presentó por última vez la propuesta a los estudiantes, mostrándoles cada uno de los aspectos diseñados dentro de la plataforma UPN virtual y proporcionándoles una rúbrica para evaluación de recursos didácticos digitales, la cual fue adaptada en un formulario digital, diseñado para evaluar los diferentes aspectos, en una escala de 1 a 5 donde 1 corresponde a para nada pertinente y 5 a muy pertinente.

Cabe recalcar que no se aplicó el formato de la rúbrica tal cual se presenta el formato (ver enlace de formato original, [https://dgdgdp.uaa.mx/fep/pdfs/estim_docente/anexo B.docx](https://dgdgdp.uaa.mx/fep/pdfs/estim_docente/anexo_B.docx)), sino que se tomaron algunos parámetros los cuales fueron elaborados por la universidad autónoma de Aguascalientes de México y se adaptaron de acuerdo con las características de la propuesta.

En ese sentido, los estudiantes de química computacional recibieron el formulario evaluaron el trabajo por pares y los diferentes aspectos que se tuvieron en cuenta para que ellos evaluaran el contenido fueron los siguientes:

- Accesibilidad e interactividad
- Tiempo suficiente de consulta del material
- Medios de apoyo para consultar el material
- Ver y oír el contenido del material
- Nivel de interactividad con el material
- Coherencia del material para el logro de los objetivos de la materia
- Relevancia del material para el logro de objetivos

- Contenido del material para diferentes estilos de aprendizaje
- Actividades del material fomentan la metacognición
- Contenido pertinente
- Elementos de estructura que conforman el material
- Organización del contenido de aprendizaje
- Forma de presentar contenidos de aprendizaje
- Citas y referencias bibliográficas
- Consideración de actividades o ejercicios
- Información correctiva o explicativa en actividades o ejercicios.
- Utilidad del material para la evaluación de actividades o ejercicios
- Redacción de textos claros
- Ortografía
- Cantidad de información
- Imágenes
- Licenciamiento de imágenes
- Videos
- Audios

Cada ítem presentó un espacio de sugerencias donde los estudiantes pudieron realizar sugerencias de las cuales muchas han sido tenidas en cuenta y otras por cuestiones particulares no se pudieron mejorar, por falta de equipos o una infraestructura adecuada, sin embargo, la productividad de la evaluación realizada fue buena ya que en la revisión de resultados se pudo ir directamente al punto de falla y mejorarlo. En ese sentido, la descripción puntual de cada uno de los ítems se presenta a continuación.

- ¿El acceso es sencillo y rápido, permite interactuar con el material didáctico?
En las respuestas obtenidas se tuvo el 64% para el nivel de pertinencia 5, seguido del 29% para el 4 y los estudiantes sugirieron establecer un tiempo estimado para cada nivel. (figura 10)



Figura 10. ACCESIBILIDAD AL MATERIAL DIDÁCTICO

- En la pregunta ¿Cómo considera que el tiempo para leer y usar el contenido del material, permite hacer las tareas? Se obtuvo el 64% para el nivel de pertinencia 4, seguido del nivel 5, con un 18% (ver figura 11) resultado obtenido, precisamente porque dentro de la secuencia no existía espacio donde se definan los tiempos de manera directa.



Figura 11. DEFINICIÓN DE TIEMPOS PARA REALIZACIÓN DE LAS TAREAS

- Para la pregunta ¿Proporciona medios de apoyo para ayudar a los estudiantes a navegar, encontrar contenido y determinar dónde se encuentra el material didáctico para leerlo? El 45% de los estudiantes lo calificó como 5, muy pertinente, el 33% como 4 y el 22% como 3 (figura 12). Dentro de las sugerencias, los estudiantes reafirmaron la accesibilidad, resaltaron intuitividad, interactividad. Sin embargo, se mencionan sugerencias donde afirman que se debería tener en cuenta estudiantes que no tienen acceso a

internet, mencionaron aspectos de diseño, o extensividad del material, los cuales no corresponden a la pregunta, en este caso lo extenso de la secuencia garantiza que se abarque el tema completo y de tal manera que los estudiantes puedan realizar acciones desde observar, hasta modelar y de ese modo evidenciar los modelos pedagógicos planteados.

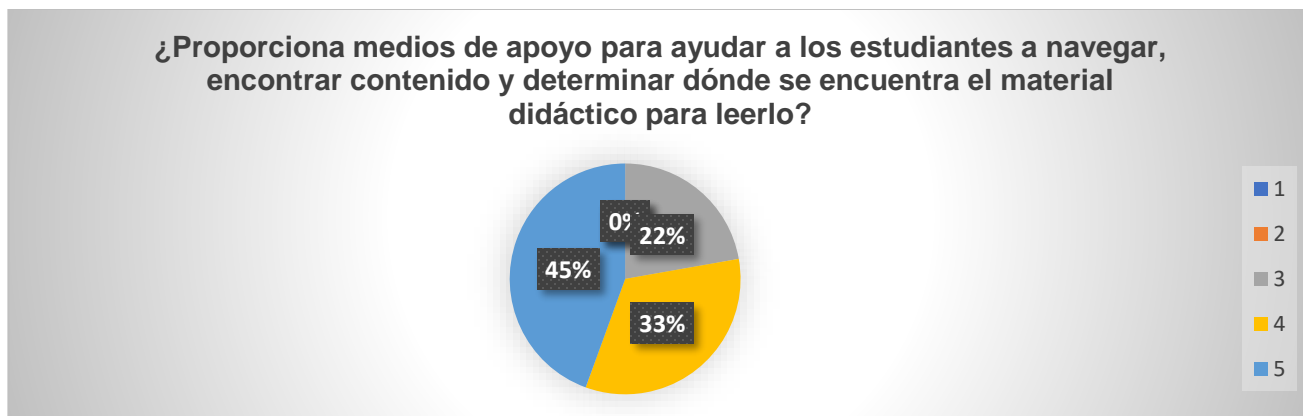


Figura 12. MEDIOS DE NAVEGACIÓN Y UBICACIÓN DEL CONTENIDO

- En la pregunta ¿El contenido facilita al estudiante ver y oír el contenido, la información es comprensible en ambas formas, y el audio describe lo que se está viendo? El 57% de los estudiantes calificaron como 5, un 36% como 4 y un 7% como 3, (ver figura 13) el nivel de satisfacción fue bueno, sin embargo dentro de las sugerencias propusieron abrir espacios de interacción docente-estudiante, ya que el material por sí solo no proporciona ni garantiza la comprensión del tema.

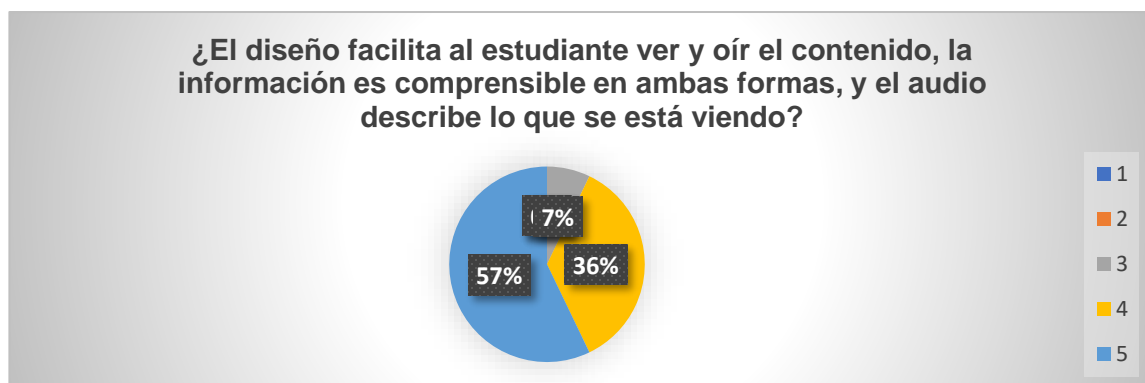


Figura 13. COMPRESIBILIDAD DEL TEMA, CALIDAD DEL MATERIAL.

- En la pregunta ¿El material está relacionado con los objetivos seleccionados del programa? El porcentaje de estudiantes para el nivel de pertinencia 5 fue el 79% y un 21% (ver figura 14) para 3 y dentro de las sugerencias mencionaron reevaluar la población a la cual sería dirigida la secuencia, sin embargo, si se tiene en cuenta que dentro de los estándares de ciencias naturales, proporcionados por el ministerio de educación nacional, el tema de modelación, figuras de las moléculas y demás se plantean para grados octavo y noveno, la temática no presentaría inconvenientes en el grado décimo.

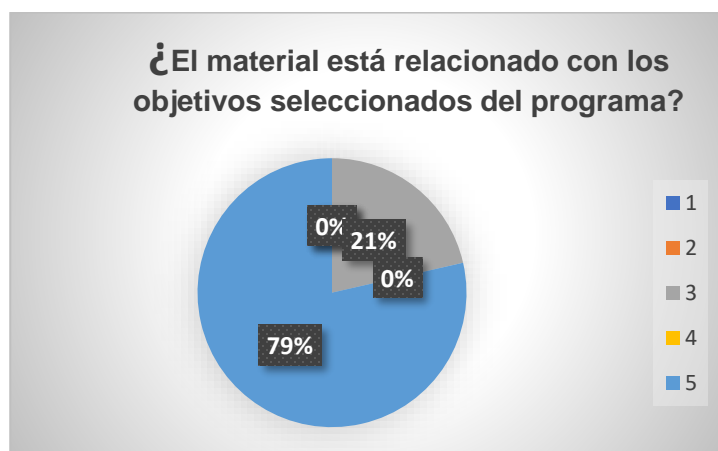


Figura 14. RELACIÓN DEL MATERIAL CON LOS OBJETIVOS.

- Pregunta ¿Es apropiado el material, permite el logro de aprendizajes y el desarrollo efectivo de la enseñanza? De acuerdo con las respuestas de los estudiantes, donde en 57% y 36% se calificó el nivel de pertinencia en 5 y 4, correspondientemente (ver figura 15), asumiendo que el material se torna atractivo, amplio y conciso, sin embargo, dentro de las sugerencias los estudiantes se enfatizaron en necesidad de aplicar la secuencia para obtener resultados reales.

¿Es apropiado el material, permite el logro de aprendizajes y el desarrollo efectivo de la enseñanza?



Figura 15. ARTICULACIÓN APRENDIZAJE, ENSEÑANZA DEL MATERIAL.

- Pregunta ¿El material cuenta con ejemplos específicos de ideas y conceptos; incluye audios o una explicación oral, uso de pocas palabras; el contenido se presenta paso a paso partiendo de los más fácil a lo más complejo; ¿incluye imágenes, esquemas, diagramas de flujo, u otra imagen que permita relacionar ideas? La calificación en este caso estuvo de la siguiente manera, el 79 fue distribuido entre 5 y 4 y el 21% entre 3 y 2 (ver figura 16), donde se resaltó la elaboración del trabajo, y en una medida mínima, se recomendó la elaboración de más ejemplos con respecto a la modelación desde Avogadro.

¿El material cuenta con ejemplos específicos de ideas y conceptos; incluye audios o una explicación oral, uso de pocas palabras; el contenido se presenta paso a paso partiendo de los más fácil a lo más complejo; incluye imágenes, esquemas.



Figura 16. EJEMPLOS, DIAGRAMAS SINTERIZACIÓN DEL MATERIAL.

- Pregunta ¿En el material se plantean situaciones o problemas a resolver que favorecen estrategias de resolución, el tema se presenta contenido que facilite la reflexión sobre lo aprendido? Las respuestas obtenidas estuvieron

entre el 38% y 31% distribuidas entre los niveles de pertinencia 5,4 y 3, (ver figura 17). Para lo cual los estudiantes mencionaron que podría haber más problemas, que deberían estar más contextualizados y de algún modo ser más explícitos.

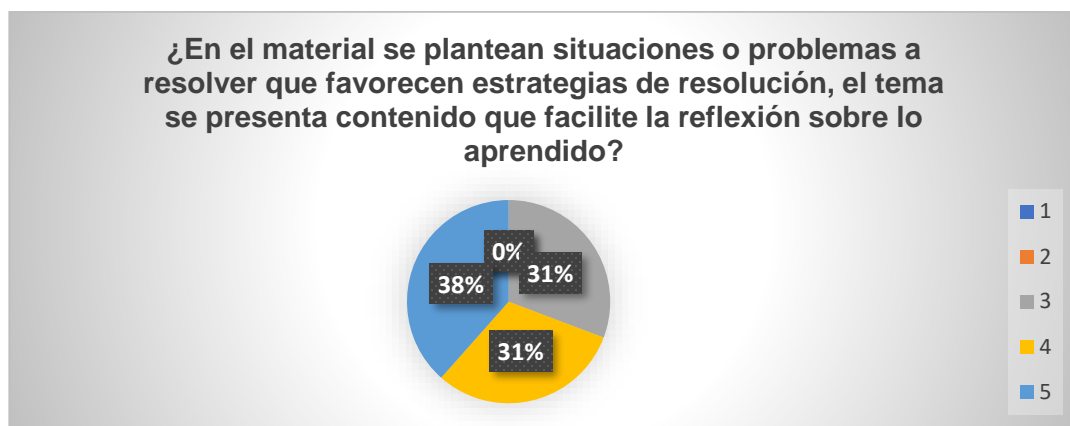


Figura 17. PLANTEAMIENTO DE SITUACIONES Y PROBLEMAS QUE FACILITEN LA REFLEXIÓN

- **Pregunta** ¿El material considera la totalidad elementos de estructura, portada, objetivo, introducción, actividades, fuentes de consulta? La evaluación de los estudiantes estuvo en un 93% entre 5 y 4 (ver figura 18), donde comentarios de recomendación no tuvo.

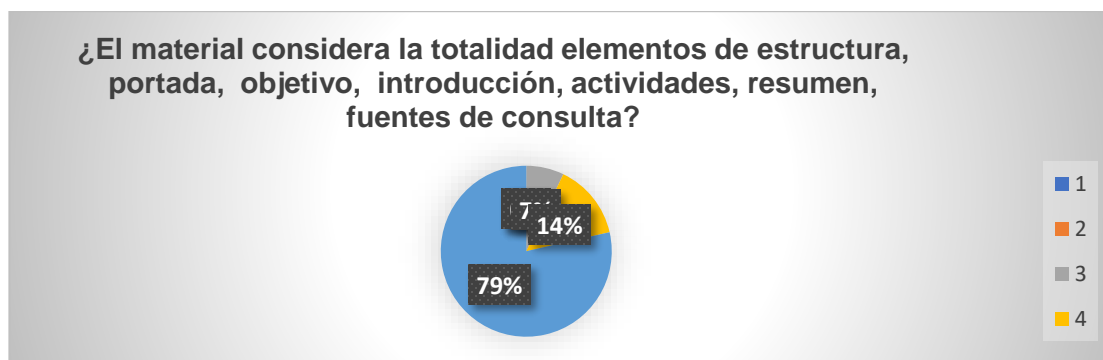


Figura 18. ELEMENTOS DE ESTRUCTURA DE LA SECUENCIA DIDÁCTICA.

- **Pregunta** ¿El material favorece y apoya la evaluación del aprendizaje por medio de diversas actividades o ejercicios? La calificación dada en este punto tuvo porcentajes del 71% para niveles del 5 y 4 y del 29% para la suma de los niveles 3 y 2, (ver figura 19). De los cuales se hizo énfasis en la

necesidad de retroalimentación, y en el carácter sumativo de la evaluación, sin embargo, es pertinente mencionar que hay actividades de carácter cualitativo, las cuales permiten realizar una retroalimentación exitosa.

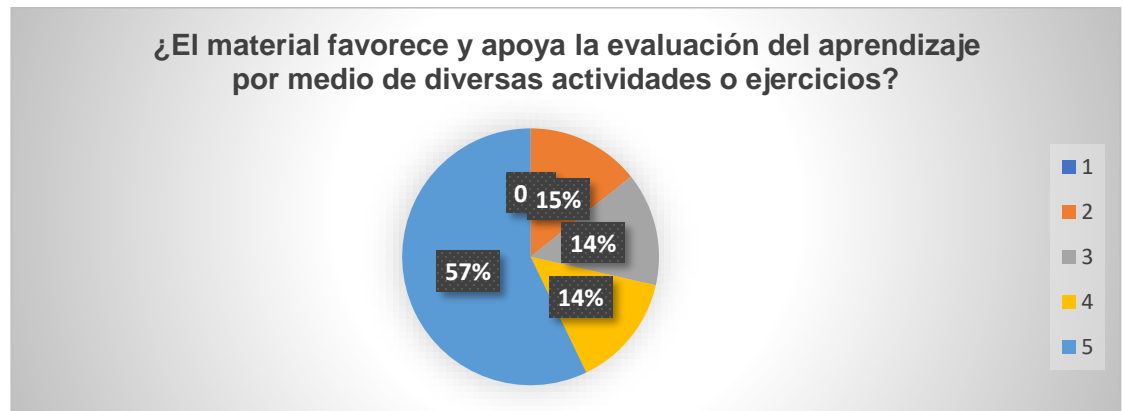


Figura 19. FAVORECIMIENTO DEL MATERIAL A LA EVALUACIÓN.

- **Pregunta** ¿Se siguen las reglas de acentuación satisfactoriamente, se colocan puntos y comas correctamente dentro del texto? En la evaluación de este ítem, la calificación del 50% fue de 5, mientras que el otro 50% fue distribuido entre 4 y 3 (ver figura 20), donde se hizo énfasis en la necesidad de mencionar dentro del juego del tesoro el criterio de la escritura en mayúscula de las palabras clave, para acelerar el asertividad a la hora de desarrollar la actividad y del mismo modo, se sugirió la corrección de algunos errores ortográficos dentro del material proporcionado.

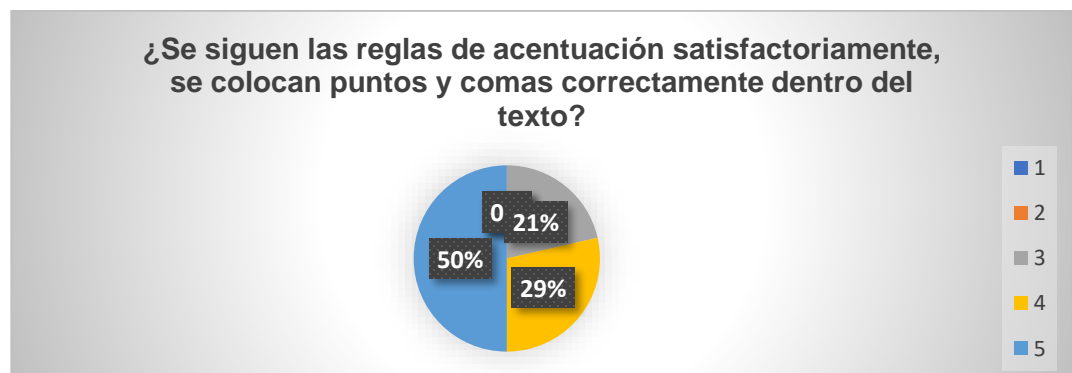


Figura 20. REGLAS DE ACENTUACIÓN Y PUNTUACIÓN

- Pregunta ¿La cantidad de información que se utiliza es la adecuada y no se exagera o se limita en ella, de acuerdo con el tema o contenido que se maneja? En este caso el 93% fueron calificados en los niveles 5 y 4 (ver figura 21), mencionando que a pesar de estar organizado de una manera extensa, esta sintetizado y que se hace necesario recurrir a varias sesiones para su desarrollo total.

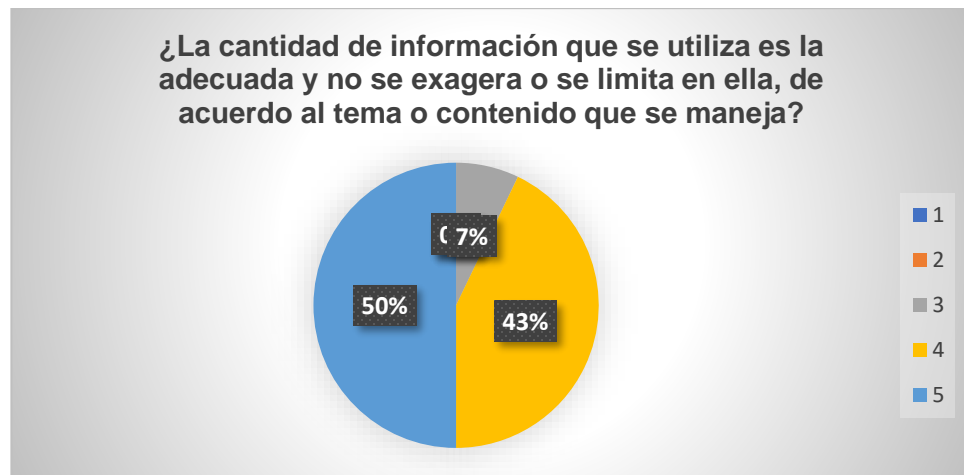


Figura 21. CANTIDAD DE INFORMACIÓN.

- Pregunta ¿Las imágenes contienen texto alternativo o leyendas que las explican, tienen buena resolución porque se observa con más detalle, el tamaño es proporcional con lo que se desea mostrar? Con respecto a las imágenes, las calificaciones fueron de 76% para nivel 5 y 4 y de 14% para 3 y 2, (ver figura 22) no se realizaron muchas observaciones, sin embargo, resaltaron problemas de contraste, a lo cual la solución sería buscar otras imágenes, sin embargo se alteraría la funcionalidad, ya que dentro de la búsqueda de imágenes, las seleccionadas eran las más explícitas.

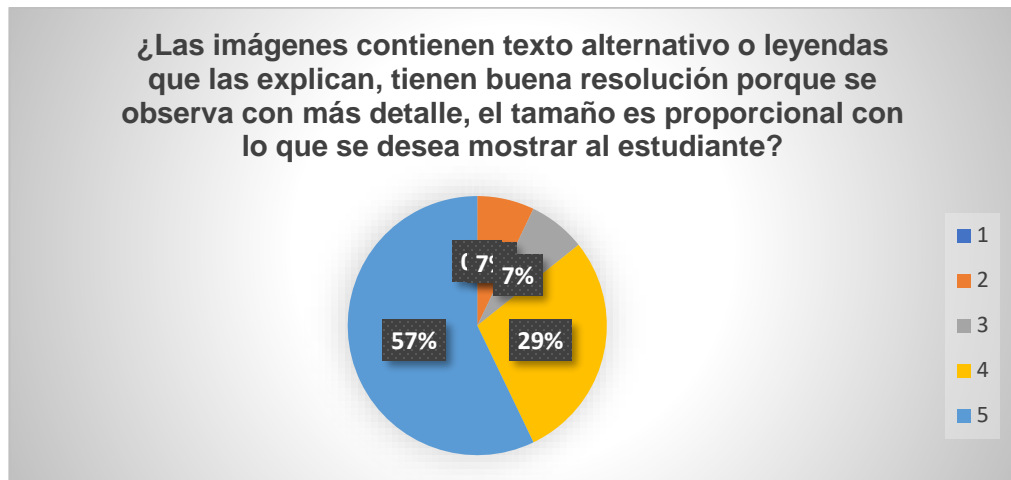


Figura 22. CALIDAD DE LAS IMÁGENES.

- Pregunta ¿Todas las imágenes que utiliza en el material son de acceso libre o bien tiene un licenciamiento para uso educativo? Con respecto al licenciamiento de las imágenes la evaluación fue de 86% para niveles 5 y 4 y 14% para nivel 3 (ver figura 23), en este caso cabe recalcar que el uso de imágenes fue en buena proporción elaboradas desde Avogadro u otros recursos, y las tomadas de internet fueron debidamente referenciadas.

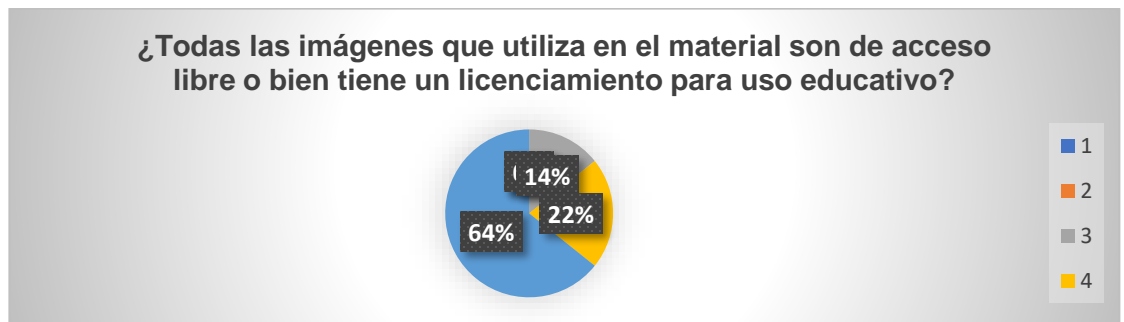


Figura 23. LICENCIAMIENTO DE IMÁGENES.

- Pregunta ¿La duración del video no se extiende a más de 10 minutos, la calidad y resolución del video es adecuada, el contenido es interesante, atractivo y no resulta tedioso de ver? Este criterio obtuvo una aprobación del 93% para el nivel de pertinencia 5 y 4 y un 7% para el 3 (ver figura 24), para lo cual mencionaron que los videos de acceso libre han sido usados por ellos y que en el caso de los elaborados, cumplen con los requisitos de calidad mínimos.

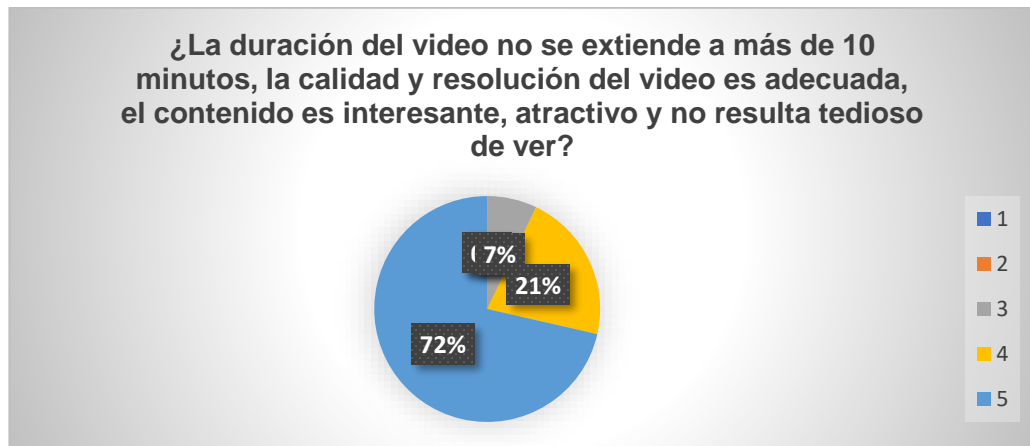


Figura 24. CALIDAD DE LOS VIDEOS.

- Pregunta ¿El sonido se escucha adecuadamente y se encuentra relacionado con el tema que trata el material? La evaluación del sonido para los niveles 5 y 4 fueron en un 82% de la cantidad de estudiantes y para los niveles 3 y 2 un 18% (ver figura 25), para lo cual, los estudiantes mencionaron que los de acceso libre cuentan con buena calidad y los creados el audio es bueno pero que se pueden mejorar.

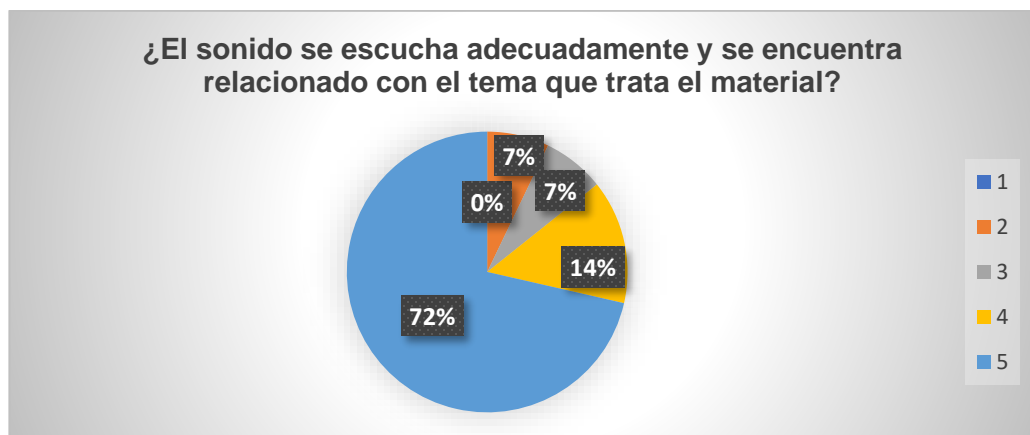


Figura 25. CALIDAD DEL SONIDO.

- Pregunta ¿El contenido de aprendizaje del material en su mayoría se presenta con ideas sintetizadas y ejemplificadas? En las respuestas, un 86% de los estudiantes calificaron entre 5 y 4, así como para 3 y 2 fue evaluado por el 14% (ver figura 26) entre las observaciones propusieron sintetizar más la información

otros que estaba muy sintetizado y finalmente propusieron implementar más ejemplos, lo cual extendería más la secuencia, sin embargo, de acuerdo con el porcentaje obtenido y aceptado como bueno, se considera pertinente la síntesis del material.

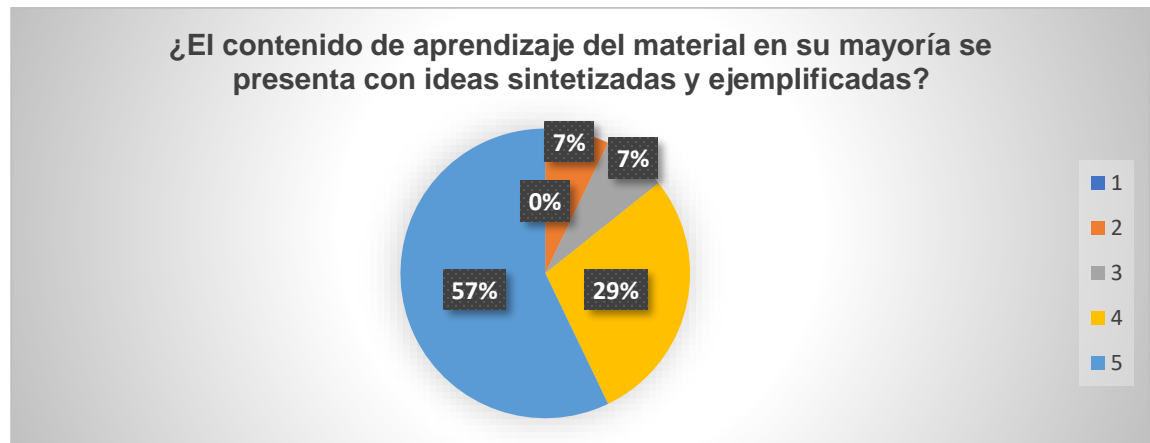


Figura 26. SÍNTESIS Y EJEMPLIFICACIÓN DEL CONTENIDO.

- Pregunta ¿Las actividades o ejercicios tienen información de retorno correctiva o explicativa? En este caso las respuestas fueron muy diversas, ya que se hizo visible el nivel de pertinencia 3 con un 22% de las respuestas totales (ver figura 27), a nivel general, los estudiantes mencionaron escasos de retroalimentación dentro de las actividades, y en este espacio es pertinente recalcar que la retroalimentación debe hacerse directamente en el aula de clase con los estudiantes, ya que se pueden atender de forma personal y solventar los inconvenientes que presenten.

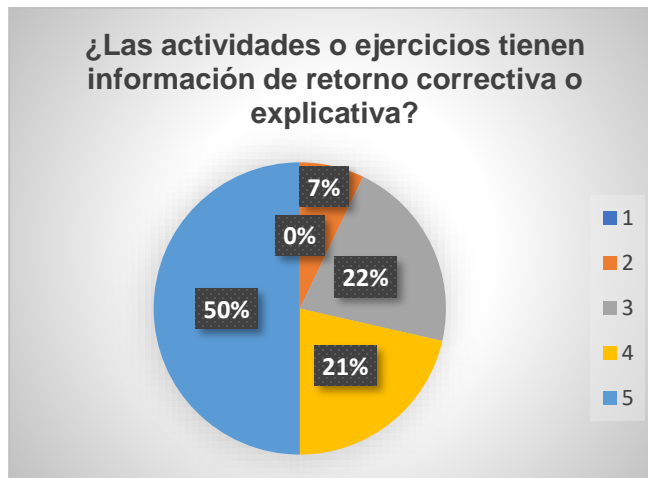


Figura 27. INFORMACIÓN CORRECTIVA O EXPLICATIVAS DE LAS ACTIVIDADES.

Finalmente, en el estudio estadístico global de la secuencia se obtuvo una respuesta muy satisfactoria ya que para los niveles de pertinencia 5 y 4 se logró un porcentaje del 82% el nivel medio y medio-bajo un 18% (ver figura 28) de las respuestas totales de la rúbrica, por lo tanto, se puede inferir que el material es de buena calidad, y que queda sujeto a sondeo, con la finalidad de establecer una efectividad con respecto a los objetivos planteados con la secuencia.

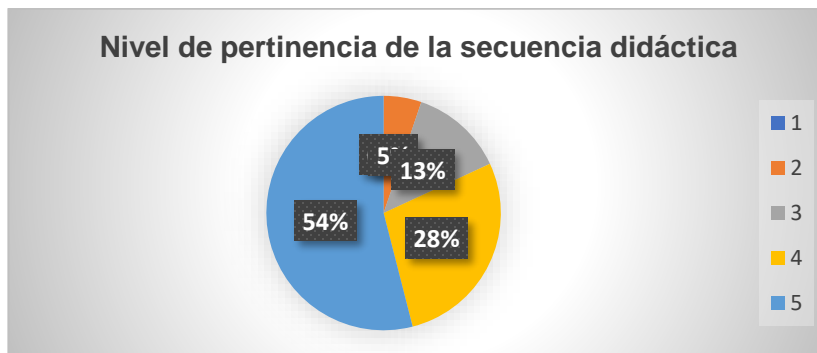


Figura 28. Nivel de pertinencia de la rúbrica de evaluación.

7. CONCLUSIONES.

Realizar la secuencia de manera colectiva resultó ser una ventaja efectiva, ya que los aportes proporcionados por los estudiantes del curso química computacional fueron diversos y esto permitió que el trabajo pudiera ser estructurado de forma progresiva, revisado en detalle, y evaluado de manera continua, pues cada ítem y sugerencia dentro de la rúbrica permitió acceder directamente a las falencias y mejorar el material, ya que el nivel de pertinencia evidenció la perspectiva de los estudiantes frente al recurso y la opinión exacta dio la posibilidad de estudiar y modificar los aspectos con deficiencias dentro del material.

Además, la articulación de la propuesta desde el espacio académico permitió evidenciar la necesidad de implementar herramientas de modelación computacional dentro de la labor docente, resaltado no solo el software Avogadro, sino que también se dio cabida abierta a distintos recursos que no se tiene en cuenta dentro del aula de clase por diferentes factores.

Del mismo modo, el trabajo realizado permitió comprender la importancia de implementar recursos que abarquen temas a priori a la geometría molecular para obtener un desarrollo cronológico de la carga conceptual, que subsane vacíos teóricos y facilite la enseñanza de los temas relacionados, haciendo de esta un proceso óptimo y eficiente dentro del aula de clase.

A nivel general, la elaboración de la secuencia cumplió con el objetivo de promover el uso de herramientas de modelación computacional en la enseñanza de la química, ya que se planteó a los estudiantes y futuros docentes, un modelo de clase donde se resalta la importancia de llevar recursos que aporten al aprendizaje de la química como ciencia, buscando la potencialización de la misma y proporcionando una herramienta base que promueva la investigación en estudiantes de educación media y superior.

Del mismo modo, queda a disposición de la Universidad Pedagógica Nacional el producto final, el cual puede ser usado precisamente para solventar las necesidades de los nuevos estudiantes, facilitar la comprensión del tema, y seguir promoviendo el uso de herramientas de modelación computacional, tanto para la enseñanza de la química, como para la investigación en el área.

8. RECOMENDACIONES

La geometría molecular es un tema bastante extenso y que requiere de diferentes bases teóricas de la química, que si no se toman en cuenta promueven vacíos conceptuales que entorpecen procesos de enseñanza a futuro, por lo que es importante retomarlos a pesar de que se extiende la secuencia, si se desea aplicar a contextos educativos es importante buscar un recurso virtual que permita organizar la información.

Con respecto a la estructura y elaboración audiovisual, se requiere de un espacio aislado de sonidos exteriores para que el material adquiriera una calidad mejor, ya que, a pesar de usar micrófono en las grabaciones, los sonidos exteriores se hacen presentes y entorpecen la buena comprensión de los temas explicados.

Finalmente dentro de la construcción de la secuencia se hizo visible la necesidad de implementar otros recursos computacionales para complementar los aspectos teóricos dirigidos a la población consumidora del producto, por lo que se recomienda a investigadores con propuestas de esta inclinación analizar el alcance del software base frente a las teorías químicas que se desean incluir.

9. REFERENCIAS

ADÚRIZ, Agustín. IZQUIERDO, Mercè. Un modelo de modelo científico para la enseñanza de las ciencias naturales. {en línea}. {10 agosto de 2022} disponible en: (http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1850-66662009000100004&script=sci_arttext&tlng=en)

ARIAS Diego. TORRES, Elizabeth. Unidades didácticas. Herramientas de la enseñanza. {en línea}. {15 junio de 2022} disponible en: (DOI: <https://doi.org/10.14483/25905791.13072>)

BAPTISTA, María del Pilar. FERNÁNDEZ, Carlos. HERNÁNDEZ, Roberto. Metodología de la investigación. Sexta edición. Bogotá: Mc Graw Hill. 2014. 634p

BLOOM, Benjamin. Taxonomía de los objetivos de la educación. Décima edición. Argentina: el ateneo. 1990 289p.

BROWN, Theodore. BURSTEN, Bruce. LEMAY, Eugene. MURPHY, Catherin. Química, la ciencia central. México: Pearson educación. 2014. 1244p.

BRUSSEAU, Guy. Iniciación al estudio de las situaciones didácticas. Buenos Aires: Libros zorzal. 2007. 130p.

CAPTAIN, David. CAPTAIN, Linda. Diccionario básico ilustrado wayuunaiki-español español-wayuunaiki. Bogotá: Editorial buena semilla. 2005. 100p.

CASTAÑO, Luis, HERNÁNDEZ, Luznide. Secuencia didáctica basada en el B-Learning: uso del simulador Avogadro apoyado en el modelo científico de

la cafeína como inhibidor de la adenosina en el cerebro humano. Bogotá: 2018. 177p. Licenciado En Química. Universidad Pedagógica Nacional. Facultad de ciencia y tecnología.

CHANG, Reymond. GOLDSBY, Kenneth. QUÍMICA Undécima edición. Bogotá: McGraw-Hill. 2013. 1172p.

CURTIS, Donald. HANWELL, Marcus. HUTCHISON, Geoff. JACOB, Benoit. LONIE, David. NIEHAUS, Carsten. VANDERMEERSCH, Tim. Avogadro: An advanced semantic chemical editor, visualization, and analysis platform. Journal of Cheminformatics. {en Línea} {18 Junio 2022}. Disponible en: <https://avogadro.cc>

DIAZ, Elena. Estilos de aprendizaje. En: Eidos. N° 5. 2012. p5-11.

DÍAZ, Ángel. Guía para la elaboración de una secuencia didáctica. {en línea}. { 20 junio de 2022} disponible en: http://envia3.xoc.uam.mx/envia-2-7/beta/uploads/recursos/xYYzPtXmGJ7hZ9Ze_Guia_secuencias_didacticas_Angel_Diaz.pdf

DÍEZ, Jose. MOULINES, Carlos. Fundamentos de filosofía de la ciencia. Barcelona: Editorial Ariel. 1999. 505p.

ENGESTRÖM, Yrjo. Expansive Learning at Work: Toward an activity theoretical reconceptualization. En: Journal of Education and Work. Vol 14.; No 1. (ene 2001); 133.

FRANÇA, Elivana. PEREIRA, Maiane. OLIVEIRA, Pericles. O uso de modelos concretos e software no processo de ensino-aprendizagem de geometria molecular e arranjo espacial. {en línea} {4 marzo de 2022}.

Disponible en:

<https://periodicos.ufba.br/index.php/anaiseneq2012/article/view/7464>

FRANCO, Joao. GISOLFI, Rejane. Tecnologías no ensino de geometria molecular. Uberlandia, 2008, 60p. trabajo de investigación. (maestrian en química) universidad federal de Uberlândia. Departamento de química.

GAETE, Rosa. Elaborando una unidad didáctica. {en línea}. {28 junio de 2022} disponible en...

<https://repositorio.uahurtado.cl/bitstream/handle/11242/6472/articulo+54.pdf?sequence=1>

GARCÍA, Jhon. Los modelos y el modelaje científico para la enseñanza y el aprendizaje del concepto geometría molecular. Manizales, 2018, 145p. Maestría en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de ciencias exactas y naturales.

IZQUIERDO, Mercè. Un Nuevo Enfoque De La Enseñanza De La Química: Contextualizar y Modelizar. En: The Journal of the Argentine Chemical Society - Vol. 92 - Nº 115-136. Sept. 2004., 22p.

LABARRIETA, Eugenia. BERTELLE, Adriana. Fuhr Stoessel, Ana. Estudio del uso de la realidad aumentada en la enseñanza del tema geometría molecular en un curso de educación secundaria. En: Educación en la Química en Línea. Vol. 26 Nº 1, pp 69-80, jun 2020.

LEINONEN, Teemu. DURALL, Eva. Pensamiento de diseño y aprendizaje colaborativo. En: Comunicar, vol. XXI, Nº. 42, ene-jun, 2014, p. 107-116.

MINISTERIO DE EDUCACIÓN NACIONAL. estándares básicos de competencias en tecnología e informática. Colombia. Bogotá. Ministerio De Educación Nacional. 2006.

MOURA, Avelino. A Realidade Virtual como uma ferramenta para o ensino da Geometria Molecular. Uberlandia, 2010, 92p. Trabajo de investigación postgrado en ingeniería eléctrica. Universidade Federal de Uberlândia, facultad de ingeniería.

NARANJO, Maria. PEÑA, Alex. Fortalecer la competencia argumentativa desde el tema de geometría molecular a través del diseño, validación y aplicación de una secuencia didáctica. Bogotá, 2019, 124p. trabajo de grado (pregrado de licenciatura en química). Universidad Pedagógica Nacional. Facultad de ciencia y tecnología.

ORTIZ, Jose. ¿Qué es la Programación Neurolingüística y cómo funciona? {en línea} 2014. {24 junio de 2022}. Disponible en: https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=%C2%BFQu%C3%A9+es+la+Programaci%C3%B3n+Neuroling%C3%BC%C3%ADstica+y+c%C3%B3mo+funciona+Dr&btnG=

PETRUCCI, Ralph. HERRING, Geoffrey. MADURA, Jeffry. BISSONETTE, Carey. Química General: principios y aplicaciones. Decima edición. Madrid: Pearson educación. 2011.

SARITAS, M. T. Chemistry Teacher Candidates' Acceptance and Opinions about Virtual Reality Technology for Molecular Geometry. En: Academic Journals, Vol. 10(20), Oct 2015 pp. 2745-2757.

SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA, Manual de estilos de aprendizaje. Material auto instruccional para docentes y orientadores educativos. Chile 2004.

SUAREZ, D. Objetivos y características de la química computacional y su aplicación al estudio de los materiales de carbono. En: Boletín del Grupo Español del Carbón, N°. 25, 2012, p. 23-28.

TORRES, G. NAJERA, F. Vida, Y. Tema 1: introducción a la química computacional. {en línea.}. { 15 septiembre de 2022}. Disponible en: https://ocw.uma.es/pluginfile.php/1294/mod_resource/content/0/Tema1_01_doc.pdf

ANEXOS

Anexo 1. MODELO ATÓMICO DE SCHRÖDINGER

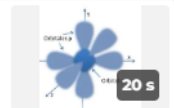
1 - Quiz

La dualidad onda partícula se refiere a:



2 - Quiz

La ecuación de Schrödinger permitió



3 - Quiz

Una característica del modelo de Schrödinger es:



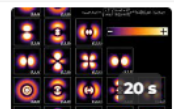
4 - Verdadero o falso

los electrones se distribuyen en el espacio de acuerdo a la función de onda



5 - Verdadero o falso

los orbitales son zonas donde hay menos probabilidad de encontrar electrones



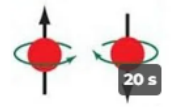
6 - Verdadero o falso

Los orbitales atómicos tienen niveles y subniveles de energía



7 - Verdadero o falso

El modelo de Schrödinger tiene en cuenta el spin de los electrones



Anexo 2. ESTRUCTURA DE LEWIS, ENLACE COVALENTE, REGLA DEL OCTETO

Título de la actividad

Estructura de Lewis, Enlace iónico y covalente, Regla del octeto

Instrucción

Opcional

Arrastra y suelta las palabras correctas dentro de la frase

1. Una molécula se caracteriza por tener 2 o mas átomos iguales o diferentes

Faltan palabras: 2 o mas átomos x

Palabras incorrectas: 2 o más moléculas x 2 o más electrones x + Agregar una palabra nueva

2. Según el video existen 3 formas de representar las moléculas

Faltan palabras: 3 formas x

Palabras incorrectas: 4 formas x 2 formas x + Agregar una palabra nueva

3. La estructura de Lewis representa los átomos y los electrones que intervienen en el enlace

Faltan palabras: átomos x electrones x

Palabras incorrectas: enlaces x nubes electrónicas x + Agregar una palabra nueva

4. Para que los átomos logren su estabilidad deben **completar 8 electrones en su capa de valencia**

Faltan palabras: **completar 8 electrones en su capa de valencia** ×

Palabras incorrectas: **formar enlaces con otras moléculas** × **unir electrones de niveles inferiores** × **+ Agregar una palabra nueva**

5. En un enlace iónico el elemento menos electronegativo **cede** electrones mientras que en un enlace covalente se **comparten** electrones

Faltan palabras: **cede** × **comparten** ×

Palabras incorrectas: **suman** × **dividen** × **+ Agregar una palabra nueva**

Anexo 3. POLARIDAD DE ENLACE

Polaridad de enlace

0/3 NUM. INTENTOS

100 PUNTOS

00:05 TIEMPO

Entre 0 y 0,4

2 : iónico

0,7 : covalente polar

Diferencia de electronegatividad y enlace de HI

Enlace covalente no polar

Electronegatividad

0,4 : covalente no polar

Diferencia de electronegatividad y enlace de KBr

Entre 0,5 y 1,6

Diferencia de electronegatividad y enlace de HBr

Si es mayor a 7

Enlace iónico

Diferencia de electronegatividad y enlace de dicloruro de berilio

Capacidad de los átomos en una molécula para atraer electrones

1,5 : covalente polar

Enlace covalente polar


Anexo 4. HIBRIDACIÓN

Tema hibridación


Instrucción

encuentra la imagen correspondiente al enunciado que reveles


Pares de elementos idénticos Pares de elementos distintos

1.  Hibridación sp




2.  Hibridación sp_2




3.  Hibridación sp_3




4.  Hibridación sp_3d



5.  Hibridación sp_3d_2



6.  Configuración electrónica P;Z=15



7.  Enlaces



Anexo 5. ACTIVIDAD RPECV

Dadas las siguientes sustancias

1. HCl
 2. SO₂
 3. H₂O
 4. BF₃
 5. NH₃
- 1) Complete la tabla y proponga la geometría molecular de acuerdo con los pasos del modelo RPECV.
 - 2) Determine el tipo de hibridación de las estructuras.
 - 3) Elabore la estructura de Lewis con algún recurso online o a mano y adicione la foto en el espacio indicado.
 - 4) Determine la geometría molecular de las estructuras con la información recolectada y con ayuda de la tabla anexada.

Sustancia	
Estructura de Lewis	
Hibridación	
N° nubes electrónicas totales	
N°. Pares de electrones enlazantes	
N°. Pares de electrones libres	
Geometría molecular.	
Sustancia	SO ₂

Estructura de Lewis	
Hibridación	
N° nubes electrónicas totales	
N°. Pares de electrones enlazantes	
N°. Pares de electrones libres	
Geometría molecular.	
Sustancia	H ₂ O
Estructura de Lewis	
Hibridación	
N° nubes electrónicas totales	
N°. Pares de electrones enlazantes	
N°. Pares de electrones libres	
Geometría molecular.	
Sustancia	BF ₃

Estructura de Lewis	
Hibridación	
N° nubes electrónicas totales	
N°. Pares de electrones enlazantes	
N°. Pares de electrones libres	
Geometría molecular.	
Sustancia	
Estructura de Lewis	NH ₃
Hibridación	
N° nubes electrónicas totales	
N°. Pares de electrones enlazantes	
N°. Pares de electrones libres	
Geometría molecular.	

Anexo 6. APRENDIENDO A USAR AVOGADRO.

ACTIVIDAD APRENDIENDO A USAR AVOGADRO

Después de haber conocido los aspectos básicos de los softwares, cada estudiante debe realizar la modelación de una molécula de alguna sustancia para ello deben realizar lo siguiente.

1. Enumerarse de 1 a 6
2. A cada estudiante le corresponde una molécula de acuerdo al número que le corresponde
 - 2.1. CO₂
 - 2.2. SO₃
 - 2.3. NO₂
 - 2.4. NO₃⁻
 - 2.5. HCl
 - 2.6. BeO
3. inicialmente el estudiante debe dibujar el modelo de Lewis
4. Cada estudiante debe explorar las herramientas de Avogadro y PHET tomando evidencia (foto, pantallazo) de los siguientes aspectos
 - 4.1. Dibujo de la molécula,
 - 4.2. modificando el ángulo de enlace y la distancia entre los átomos. (solo aplica en Avogadro)
 - 4.3. Presentar un plano de rotación de la molécula diferente al plano de dibujo de la molécula.
 - 4.4. Optimizar la molécula.
 - 4.5. Campo de fuerza utilizado.
 - 4.6. Energía de optimización.

Para recolectar la información debe llenar la siguiente tabla.

Sustancia			
Acción		Evidencia de trabajo (pantallazo)	
		Avogadro	PHET
modelación	Lewis		

Modificación del ángulo			No aplica
Rotación de la molécula			
Optimización			No aplica
Campo de fuerza			
Energía de optimización			No aplica
Ángulos de molécula optimizada.			

Anexo 7. ACTIVIDAD FINAL

ACTIVIDAD FINAL

Docente: José Joaquín Nieto Pérez

1. los estudiantes deben realizar grupos de 3 personas, cada grupo debe seleccionar alguna de las sustancias propuestas
 - 1.1. Fosgeno
 - 1.2. Metano
 - 1.3. trifluoruro de tiazilo
 - 1.4. trifluorodichloruro de fósforo
 - 1.5. Dioxidifluoruro de xenón
 - 1.6. Hexafluoruro de azufre
 - 1.7. Oxopentafluoruro de yodo
2. cada grupo debe realizar un análisis de la molécula que le correspondió, para lo cual debe llenar la tabla; tomar evidencia y definir el parámetro que se le solicita.

Sustancia:			
Parámetro		Análisis	Evidencia (foto)
Formula general AB _x E			
Estructura de Lewis	Nube de enlace		
	Nube libre		
Átomo central.			
Hibridación			
Modelo Avogadro			
Energía de optimización			
Ángulos de enlaces (A)			

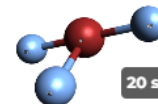
Distancia de enlaces		
Modelo PHET		
Geometría molecular.		

3. Cada grupo debe realizar una breve consulta con respecto a la sustancia modelada, donde tenga en cuenta los siguientes aspectos:
 - 3.1. Origen de la sustancia (natural o si es obtenido en laboratorio),
 - 3.2. Uso industrial, químico o comercial
 - 3.3. Propiedades químicas
 - 3.4. 3 cuidados de manipulación.
4. Elaborar una presentación para compartir el trabajo realizado con el grupo de trabajo
5. Cada estudiante debe subir el archivo Word y el xyz de la estructura modelada a la plataforma

Anexo 8. CUESTIONARIO DE EVALUACIÓN FINAL

1 - Quiz

¿Qué geometría molecular presenta esta molécula?



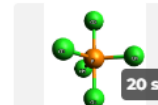
2 - Quiz

cuantos enlaces podría tener un atomo central si presenta hibridación sp_3d



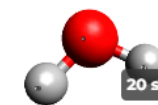
3 - Quiz

si la molécula presenta estructura general AB_5 su forma y geometría molecular es



4 - Quiz

cual es la geometría molecular del agua (H_2O)?



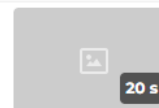
5 - Quiz

¿Cuál de las siguientes presenta geometría molecular piramidal de base cuadrada?



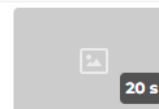
6 - Verdadero o falso

Todos los angulos de los atomos consecutivos en la geometría molecular octaedrica son de 90° !



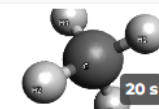
7 - Verdadero o falso

la capa de valencia es la capa de electrones más externa ocupada en un átomo



8 - Quiz

la hibridación del carbono para 4 enlaces es



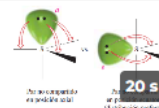
9 - Verdadero o falso

Esta molécula tiene geometría molecular cuadrada plana



10 - Verdadero o falso

La geometría molecular piramide distorcionada es mas estable que la sube y baja



Anexo 9. RUBRICA DE EVALUACIÓN DE LA SECUENCIA DIDÁCTICA

Rúbrica para evaluar la secuencia didáctica "EKIRAJAA: SECUENCIA DIDÁCTICA COMO PROPUESTA PARA LA ENSEÑANZA DE LA GEOMETRÍA MOLECULAR A PARTIR DEL SOFTWARE AVOGADRO"

Este formulario presenta como objetivo presentar de una manera organizada y sencilla los parámetros de evaluación para la secuencia didáctica Ekirajaa

Nombre del evaluador *

Texto de respuesta corta

Accesibilidad e interactividad

Presente una valoración de acuerdo a su punto de vista con respecto al parámetro en una escala de 1 a 5 donde 1 es para nada pertinente y 5 es muy pertinente

¿El acceso es sencillo y rápido, permite interactuar con el material didáctico? *

Para nada pertinente 1 2 3 4 5 Muy pertinente

Presente su recomendación

Texto de respuesta corta

Tiempo suficiente de consulta del material



Presente una valoración de acuerdo a su punto de vista con respecto al parámetro en una escala de 1 a 5 donde 1 es para nada pertinente y 5 es muy pertinente

¿Cómo considera que es el tiempo para leer y usar el contenido del material, permite hacer las * tareas?

	1	2	3	4	5	
Para nada pertinente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	muy pertinente

Presente su recomendación

Texto de respuesta corta
.....

Medios de apoyo para consultar el material



Presente una valoración de acuerdo a su punto de vista con respecto al parámetro en una escala de 1 a 5 donde 1 es para nada pertinente y 5 es muy pertinente

¿Proporciona medios de apoyo para ayudar a los estudiantes a navegar, encontrar contenido y * determinar dónde se encuentra el material didáctico para leerlo?.

	1	2	3	4	5	
Para nada pertinente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Muy pertinente

Presente su recomendación

Texto de respuesta corta
.....

Ver y oír el contenido del material



Presente una valoración de acuerdo a su punto de vista con respecto al parámetro en una escala de 1 a 5 donde 1 es para nada pertinente y 5 es muy pertinente

¿El contenido facilita al estudiante ver y oír el contenido, la información es comprensible en ambas formas, y el audio describe lo que se está viendo? *

	1	2	3	4	5	
Para nada pertinente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Muy pertinente

Presente su recomendación

Texto de respuesta corta

Nivel de interactividad con el material



Presente una valoración de acuerdo a su punto de vista con respecto al parámetro en una escala de 1 a 5 donde 1 es nulo y 5 es compleja

Presente su recomendación

Texto de respuesta corta

Coherencia del material para el logro de los objetivos de la materia



Presente una valoración de acuerdo a su punto de vista con respecto al parámetro en una escala de 1 a 5 donde 1 es para nada coherente y 5 es muy coherente

¿El material está relacionado con los objetivos seleccionados del programa? *

	1	2	3	4	5	
Para nada coherente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Muy coherente

Presente su recomendación

Texto de respuesta corta

Relevancia del material para el logro de objetivos



Presente una valoración de acuerdo a su punto de vista con respecto al parámetro en una escala de 1 a 5 donde 1 es para nada relevante y 5 es muy relevante

¿Es apropiado el material, permite el logro de aprendizajes y el desarrollo efectivo de la enseñanza? *

	1	2	3	4	5	
para nada relevante	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	muy relevante

Presente su recomendación

Texto de respuesta corta

Contenido del material para diferentes estilos de aprendizaje



Presente una valoración de acuerdo a su punto de vista con respecto al parámetro en una escala de 1 a 5 donde 1 es para nada pertinente y 5 es muy pertinente

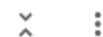
¿El material cuenta con ejemplos específicos de ideas y conceptos; incluye audios o una explicación oral, uso de pocas palabras; el contenido se presenta paso a paso partiendo de los más fácil a lo más complejo; incluye imágenes, esquemas, diagramas de flujo, u otra imagen que permita relacionar ideas? *

	1	2	3	4	5	
Para nada pertinente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Muy pertinente

Presente su recomendación

Texto de respuesta corta

Actividades del material fomentan la metacognición



Presente una valoración de acuerdo a su punto de vista con respecto al parámetro en una escala de 1 a 5 donde 1 es para nada pertinente y 5 es muy pertinente

¿En el material se plantean situaciones o problemas a resolver que favorecen estrategias de resolución, el tema se presenta contenido que facilite la reflexión sobre lo aprendido? *

	1	2	3	4	5	
Para nada pertinente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Muy pertinente

Presente su recomendación

Texto de respuesta corta

Elementos de estructura que conforman el material



Presente una valoración de acuerdo a su punto de vista con respecto al parámetro en una escala de 1 a 5 donde 1 es para nada pertinente y 5 es muy pertinente

¿El material considera la totalidad elementos de estructura, portada, objetivo, introducción, actividades, resumen, fuentes de consulta? *

Para nada pertinente 1 2 3 4 5 Muy pertinente

Presente su recomendación

Texto de respuesta larga

Forma de presentar contenidos de aprendizaje



Presente una valoración de acuerdo a su punto de vista con respecto al parámetro en una escala de 1 a 5 donde 1 es para nada pertinente y 5 es muy pertinente

¿El contenido de aprendizaje del material en su mayoría se presenta con ideas sintetizadas y ejemplificadas? *

Para nada pertinente 1 2 3 4 5 Muy pertinente

Presente su recomendación

Texto de respuesta larga

Citas y referencias bibliográficas



Presente una valoración de acuerdo a su punto de vista con respecto al parámetro en una escala de 1 a 5 donde 1 es para nada pertinente y 5 es muy pertinente

¿El material incluye ideas citadas y una lista de referencias bibliográficas retomadas para sustentar el referente teórico y metodológico? *

	1	2	3	4	5	
para nada pertinente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	muy pertinente

Presente su recomendación

Texto de respuesta corta

.....

Información correctiva o explicativa en actividades o ejercicios.



Presente una valoración de acuerdo a su punto de vista con respecto al parámetro en una escala de 1 a 5 donde 1 es para nada pertinente y 5 es muy pertinente

¿Las actividades o ejercicios tienen información de retorno correctiva o explicativa? *

	1	2	3	4	5	
Para nada pertinente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Muy Pertinente

Presente su recomendación

Texto de respuesta corta

Consideración de actividades o ejercicios



Presente una valoración de acuerdo a su punto de vista con respecto al parámetro en una escala de 1 a 5 donde 1 es para nada pertinente y 5 es muy pertinente

¿El material considera actividades o ejercicios que el estudiante deberá realizar con la finalidad de evaluación o refuerzo de contenidos? *

	1	2	3	4	5	
Para nada pertinente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Muy pertinente

Presente su recomendación

Texto de respuesta corta

Utilidad del material para la evaluación de actividades o ejercicios



Presente una valoración de acuerdo a su punto de vista con respecto al parámetro en una escala de 1 a 5 donde 1 es para nada pertinente y 5 es muy pertinente

¿El material favorece y apoya la evaluación del aprendizaje por medio de diversas actividades * o ejercicios?

1 2 3 4 5

Para nada pertinente Muy pertinente

Presente su recomendación

Texto de respuesta corta

Redacción de textos claros



Presente una valoración de acuerdo a su punto de vista con respecto al parámetro en una escala de 1 a 5 donde 1 es para nada pertinente y 5 es muy pertinente

¿Las ideas son claras y concisas en relación con el tema y al nivel cognitivo de los alumnos, * que permiten la abstracción de la información de quien sea que lo lea?

1 2 3 4 5

Para nada pertinente Muy pertinente

Presente su recomendación

Texto de respuesta corta

Ortografía



Presente una valoración de acuerdo a su punto de vista con respecto al parámetro en una escala de 1 a 5 donde 1 es para nada pertinente y 5 es muy pertinente

¿Se siguen las reglas de acentuación satisfactoriamente, se colocan puntos y comas correctamente dentro del texto? *

1 2 3 4 5

Para nada pertinente Muy pertinente

Presente su recomendación

Texto de respuesta corta
.....

Cantidad de información



Presente una valoración de acuerdo a su punto de vista con respecto al parámetro en una escala de 1 a 5 donde 1 es para nada pertinente y 5 es muy pertinente

¿La cantidad de información que se utiliza es la adecuada y no se exagera o se limita en ella, de acuerdo al tema o contenido que se maneja? *

1 2 3 4 5

Para nada pertinente Muy pertinente

Presente su recomendación

Texto de respuesta larga
.....

Imágenes



Presente una valoración de acuerdo con su punto de vista con respecto al parámetro en una escala de 1 a 5 donde 1 es para nada pertinente y 5 es muy pertinente

¿Las imágenes contienen texto alternativo o leyendas que las explican, tienen buena resolución porque se observa con más detalle, el tamaño es proporcional con lo que se desea mostrar al estudiante? *

1 2 3 4 5

Para nada pertinente Muy pertinente

Presente su recomendación

Licenciamiento de imágenes



Presente una valoración de acuerdo con su punto de vista con respecto al parámetro en una escala de 1 a 5 donde 1 es para nada pertinente y 5 es muy pertinente

¿Todas las imágenes que utiliza en el material son de acceso libre o bien tiene un licenciamiento para uso educativo? *

1 2 3 4 5

Para nada pertinente Muy pertinente

Presente su recomendación

Texto de respuesta larga

Videos



Presente una valoración de acuerdo con su punto de vista con respecto al parámetro en una escala de 1 a 5 donde 1 es para nada pertinente y 5 es muy pertinente

¿La duración del video no se extiende a más de 10 minutos, la calidad y resolución del video es adecuada, el contenido es interesante, atractivo y no resulta tedioso de ver? *

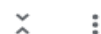
1 2 3 4 5

Para nada pertinente Muy pertinente

Presente su recomendación

Texto de respuesta corta

Audios



Presente una valoración de acuerdo con su punto de vista con respecto al parámetro en una escala de 1 a 5 donde 1 es para nada pertinente y 5 es muy pertinente

¿El sonido se escucha adecuadamente y se encuentra relacionado con el tema que trata el material? *

1 2 3 4 5

Para nada pertinente Muy pertinente

Presente su recomendación

Texto de respuesta corta