

Desarrollo de Modelos Tridimensionales para la Optimización del Proceso de Enseñanza-Aprendizaje de la Estructura Atómica

Development of Three-Dimensional Models for Optimizing the Teaching-Learning Process of Atomic Structure

Juan Antonio Sánchez Márquez¹, Mariana Ruelas Rodríguez², Renata de la Fuente Longoria³

¹ Escuela del Nivel Medio Superior de Salamanca, CNMS.

² División de Ciencias Sociales y Humanidades, Campus Celaya-Salvatierra.

³ Escuela del Nivel Medio Superior de Guanajuato, CNMS

ja.sanchez@ugto.mx¹, m.ruelasrodriguez@ugto.mx², r.delafuente.longoria@ugto.mx³

Resumen

El presente proyecto busca mejorar el aprendizaje de conceptos abstractos de la química mediante el uso de modelos impresos en 3D. El uso de modelos atómicos tridimensionales en el proceso de enseñanza-aprendizaje surge como respuesta a dos problemáticas clave en la enseñanza de la química: la percepción estudiantil de esta disciplina como abstracta y teórica, lo que reduce su interés, y la diversidad de estilos de aprendizaje, donde algunos alumnos requieren estímulos visuales, táctiles o interactivos para internalizar conceptos. En este proyecto se utilizó el software FUSION 360, especializado en diseño 3D para el diseño de los modelos atómicos. Durante las sesiones de trabajo, se abordaron los fundamentos teóricos del modelado 3D y de los modelos atómicos estudiados en los cursos de química de nivel medio superior. Además, se brindó asesoría personalizada para que los estudiantes diseñaran sus propios modelos al tiempo que aprendían los fundamentos del modelado tridimensional. Como resultado, se obtuvieron seis diferentes modelos atómicos. Estos modelos se integraron en actividades de aula acompañadas de guías didácticas, y su impacto fue evaluado mediante actividades y cuestionarios aplicados. Los resultados apuntan a una mejora significativa en la comprensión de fenómenos complejos por parte de los estudiantes; así como una retención más eficiente y significativa de la información. Además, muestran que esta estrategia incrementa la participación de los alumnos, motivados por la curiosidad de ensamblar los modelos físicos. Este enfoque no solo humaniza el aprendizaje de las ciencias, sino que también ofrece una alternativa tangible para superar las barreras de abstracción en el aula. Como parte de la difusión, se generaron materiales educativos abiertos con el propósito de replicar y ampliar esta experiencia en otros contextos educativos.

Palabras clave: Modelos atómicos, diseño 3D, química, Computacional, FUSION 360.

Abstract

This project seeks to improve the learning of abstract chemistry concepts using 3D-printed models. The use of three-dimensional atomic models in the teaching-learning process arises in response to two key problems in chemistry education: students' perception of this discipline as abstract and theoretical, which reduces their interest, and the diversity of learning styles, where some students require visual, tactile, or interactive stimuli to internalize concepts. This project used FUSION 360 software, specialized in 3D design, to design atomic models. During the work sessions, the theoretical foundations of 3D modeling and atomic models studied in high school chemistry courses were addressed. In addition, personalized advice was provided so students could design their own models while learning the fundamentals of three-dimensional modeling. The result was six different atomic models. These models were integrated into classroom activities accompanied by teaching guides, and their impact was evaluated through applied activities and questionnaires. The results indicate a significant improvement in students' understanding of complex phenomena, as well as more efficient and meaningful information retention. Furthermore, they show that this strategy increases student engagement, motivated by the curiosity to assemble the physical models. This approach not only humanizes science learning but also offers a tangible alternative to overcome abstraction barriers in the classroom. As part of the dissemination, open educational materials were generated with the aim of replicating and expanding this experience in other educational contexts.

Introducción

La enseñanza de la química en el nivel medio superior representa uno de los mayores desafíos pedagógicos. Lo anterior radica en el hecho de que la enseñanza de esta disciplina se enfrenta a retos significativos asociados con la comprensión de conceptos abstractos tales como los relacionados con la estructura atómica, los enlaces químicos o las interacciones intra e intermoleculares. Si bien es cierto que estos contenidos son fundamentales también es evidente que suelen resultar lejanos o ininteligibles para muchos alumnos, lo que sin duda repercute negativamente en su rendimiento académico, motivación e incluso en su percepción hacia la química (Chittleborough & Treagust, 2007). Es evidente que parte del desafío radica en el hecho de que gran parte de los fenómenos químicos no son directamente observables; lo cual obliga a los docentes a recurrir a representaciones simbólicas, gráficas o verbales; las cuales en muchos casos no siempre se ajustan a los estilos de aprendizaje de los estudiantes (Taber, 2002). En comparación con otras disciplinas, la química requiere del manejo simultáneo de tres niveles de representación: el macroscópico (que hace referencia a lo observable), el submicroscópico (asociado a los átomos, moléculas y partículas) y el simbólico (que se refiere a las fórmulas, ecuaciones, estructuras, etc.), cuya articulación no siempre resulta evidente o intuitiva para los estudiantes (Johnstone, 1991). Aunado a lo anterior, esta complejidad se ve agravada por una percepción generalizada de la química como una ciencia difícil y abstracta, lo que se refleja en bajos niveles de desempeño, escasa participación en clase y una limitada comprensión de los conceptos fundamentales (Bucat & Mocerino, 2009). A este escenario se suma la diversidad de estilos de aprendizaje que presentan los estudiantes en el aula. Mientras algunos alumnos logran construir conocimiento a través del análisis de textos o la resolución simbólica de problemas, otros requieren apoyos visuales o interactivos que les permitan establecer conexiones significativas entre la teoría y la experiencia. Desde este enfoque, el aprendizaje no puede concebirse como un simple proceso homogéneo, sino más bien como una experiencia situada y multifacética que requiere de estrategias didácticas inclusivas, dinámicas y centradas en las necesidades de los estudiantes (Felder & Brent, 2005).

Ante este escenario, el uso de recursos tecnológicos tales como la impresión 3D se ha perfilado como una alternativa pedagógica prometedora. El desarrollo de modelos tangibles, impresos mediante tecnologías accesibles, permite representar estructuras que de otro modo serían inalcanzables para la percepción humana. El valor de estos recursos radica en que no se trata solo de una representación visual, sino de una experiencia interactiva que estimula la exploración, la experimentación, la curiosidad y el pensamiento espacial (Hodson, 2014). Se ha documentado en la literatura que los modelos 3D pueden mejorar la comprensión de conceptos abstractos, fomentar la retención del conocimiento a largo plazo y promover una mayor motivación e involucramiento del alumno (Ford & Minshall, 2019; Martín-Hansen, 2018). Además, los modelos 3D permiten al estudiante manipular y visualizar objetos que antes solo podían imaginarse, reduciendo la distancia entre el conocimiento abstracto y la experiencia concreta (Zacharia & Olympiou, 2011). Es en este marco en el que se inscribe el presente proyecto; cuyo propósito central radica en integrar modelos atómicos impresos en 3D como recursos didácticos para la enseñanza y el estudio de la estructura de la materia en los cursos de química que se imparten en el nivel medio superior. Es preciso señalar que el diseño de estos modelos fue realizado por los propios estudiantes mediante el uso del software FUSION 360, especializado en modelado tridimensional. Esta decisión permitió involucrar a los jóvenes en la creación de modelos lo que fomentó no solo apropiación del contenido referente a la química, sino también el desarrollo de habilidades digitales, creativas y colaborativas esenciales para el siglo XXI (Trilling & Fadel, 2009).

Durante la realización del presente proyecto los estudiantes recibieron acompañamiento teórico y técnico, lo que les permitió vincular el aprendizaje del modelado con los conceptos fundamentales de los modelos atómicos propuestos por Dalton, Thomson, Rutherford y Bohr. Posteriormente los modelos resultantes se incorporaron a actividades de aula diseñadas específicamente para potenciar la comprensión de la estructura atómica. Estas actividades, acompañadas de sus correspondientes guías didácticas, fueron evaluadas a través de instrumentos; los cuales evidenciaron mejoras significativas en la comprensión y retención de los contenidos. Este enfoque nos solo facilitó el aprendizaje, sino también transformó el ambiente del aula. El entusiasmo por manipular, ensamblar e interpretar los modelos generó un mayor nivel de participación y una mejor disposición hacia el estudio de la química. De manera complementaria se desarrollaron materiales educativos abiertos que abonan a la democratización del conocimiento y que permiten compartir esta experiencia y posibilitar su implementación en otros entornos escolares. En resumen, esta iniciativa se propone como una estrategia pedagógica innovadora que demuestra que es posible resignificar el aprendizaje de la química, haciéndolo más cercano, significativo y atractivo para las nuevas generaciones estudiantiles.

Antecedentes

Desde hace décadas, múltiples investigaciones vinculadas a la enseñanza de la química han destacado la existencia de una serie de obstáculos que los alumnos deben superar para entender conceptos tales como la estructura atómica, la teoría de enlace, la interacción entre partículas o los modelos moleculares. Es evidente que la mayoría de estos obstáculos suelen originarse a partir de la naturaleza abstracta de esta disciplina, de la complejidad de sus representaciones y de la utilización de un lenguaje simbólico que no siempre se construye de manera clara y contextualizada con la realidad perceptible (Gabel, 1999; Taber, 2002). Específicamente en el marco de la enseñanza de la química, la transición del nivel macroscópico al submicroscópico requiere que el alumno pueda efectuar inferencias complejas, lo cual en sí constituye un desafío considerable durante los primeros cursos de química en el nivel medio superior.

En 1991, Johnstone estableció que el mayor impedimento para el aprendizaje de las ciencias reside en la exigencia de operar simultáneamente en tres niveles: el macroscópico asociado a aquello que se puede observar, el submicroscópico (las partículas indivisibles que explican los sucesos) y el simbólico (vinculado a las fórmulas y ecuaciones que representan esos fenómenos). Es importante destacar que la enseñanza tradicional de la química suele enfocarse en el nivel simbólico, sin proporcionar los respaldos necesarios para crear los vínculos requeridos con los otros dos niveles, lo que genera confusiones y aprendizajes superficiales; así como una baja motivación en la comunidad estudiantil. Esta situación ha provocado que varios investigadores reconsideren la forma en que se incorporan contenidos en el salón de clase, dando prioridad al uso de recursos pedagógicos y herramientas didácticas que permitan hacer tangible lo intangible.

Basándonos en lo anterior el empleo de modelos tridimensionales en los procesos de enseñanza-aprendizaje ha sido reconocido como una estrategia didáctica eficaz para mejorar la comprensión de conceptos científicos abstractos. En el año 2000, Gilbert y Boulter establecieron que los modelos empleados en las ciencias no son simples replicas físicas, sino representaciones diseñadas para explicar, predecir o visualizar fenómenos que no son perceptibles en forma directa. En el ámbito específico de la química, los modelos atómicos han jugado un papel crucial en la construcción del conocimiento científico, y sin duda, su uso permite al alumno interactuar de manera más concreta y significativa con las ideas. En este sentido, algunos trabajos de investigación han permitido establecer que los estudiantes que hacen uso de modelos físicos desarrollan mejores competencias para poder relacionar las estructuras moleculares con sus propiedades (Chittleboroug & Treagust, 2007).

La comercialización de tecnologías innovadoras como la impresión 3D ha generado nuevas oportunidades en la enseñanza de las ciencias. La flexibilidad de la impresión 3D y su apertura a un uso generalizado han permitido no solo el acceso a modelos ya existentes, sino también ha permitido que la comunidad educativa pueda crear y producir nuevos recursos didácticos en forma colaborativa y contextualizada a la realidad de cada comunidad estudiantil. En relación con lo anterior, algunos trabajos de investigación han permitido establecer que el uso del modelado y la impresión 3D en ambientes educativos no solo mejora la comprensión de temas complejos sino que también promueve el desarrollo de competencias transversales que guardan relación con el razonamiento espacial, la solución de problemas, la visualización científica de las situaciones y la alfabetización digital (Ford & Minshall, 2019), las cuales son de suma importancia tanto para el sector académico como para el ámbito laboral. Este último punto, adquiere mayor relevancia en ambientes educativos donde los recursos son escasos y en donde la producción de materiales personalizados puede marcar una diferencia significativa en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

En el contexto actual es reconocido que la exposición de los estudiantes a desafíos que requieren el diseño, modelado y construcción de soluciones tangibles a problemas reales potencia el desarrollo de habilidades tales como el pensamiento crítico, la solución de problemas, la creatividad, la comunicación efectiva y el trabajo colaborativo (Trilling & Fadel, 2009). Lo anterior, nos permite reconocer que el dominio de estas herramientas digitales brinda a los estudiantes una ventaja académica significativa sobretudo en aquellas carreras relacionadas con la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas (STEM). En conclusión, el desarrollo de experiencias educativas en donde se incorporan herramientas tecnológicas en forma planeada y dirigida no solo potencia el aprendizaje de las ciencias sino también nos permite situar a los jóvenes como protagonistas de su propio proceso de formación; asumiéndose a la par como ciudadanos comprometidos con su entorno y capaces de adaptarse a los entornos complejos actuales de un mundo cada vez más tecnológico e interconectado (National Research Council, 2012). Por último, es preciso resaltar que el modelado digital, el diseño colaborativo y la producción física de recursos educativos, puestos en conjunto, se alinean de manera natural con los fundamentos del aprendizaje constructivista en donde los estudiantes construyen su propio conocimiento a través de experiencias relevantes y significativas (Martin-Hansen, 2018; Hodson, 2014).

En materia de sustentabilidad es necesario resaltar que la realización de este tipo de proyectos en los que se incorporan herramientas tecnológicas en procesos de enseñanza-aprendizaje promueven la sincronización de los procesos educativos con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) propuestos en la Agenda 2030 de la Organización de las Naciones Unidas (ONU). Además, este tipo de proyectos contribuyen al fortalecimiento de la educación científica y tecnológica de calidad potenciando la innovación educativa, la sostenibilidad y el acceso equitativo e inclusivo a herramientas educativas de vanguardia. En la figura 1, se muestran los principales ODS que guardan relación con este tipo de proyectos.

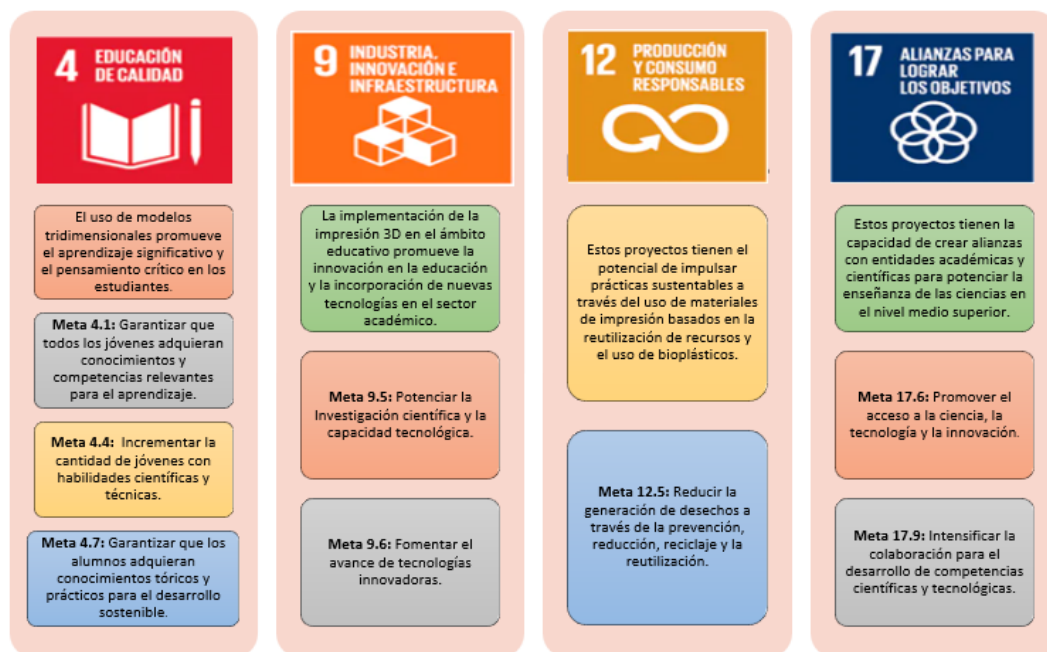


Figura 1. Principales Objetivos de Desarrollo Sostenible que guardan relación con el desarrollo de este tipo de proyectos.
Fuente: Elaboración propia.

Objetivos

El presente proyecto tiene como objetivo general el diseño de modelos tridimensionales asociados que puedan ser implementados en procesos de enseñanza-aprendizaje a fin de optimizar el estudio, análisis y comprensión de los modelos atómicos en estudiantes que cursan el nivel medio superior. A fin de dar cumplimiento a este objetivo se ha propuesto partir de la revisión bibliográfica de la literatura en materia del uso de modelos en procesos de enseñanza. La revisión de la literatura nos permitirá identificar las necesidades y los desafíos que se presentan en la enseñanza de la química. Con esta información estaremos en condiciones de diseñar, modelar e imprimir representaciones tridimensionales que den cuenta de la estructura de la materia tomando en cuenta las aportaciones de personajes célebres de esta área disciplinar tales como Dalton, Thomson, Rutherford y Bohr. Para la implementación de los modelos en actividades de aprendizaje se diseñarán secuencias didácticas que servirán como guía para su uso en el aula. Por último, la evaluación del impacto en el aprendizaje de estos recursos se realizará a través de un cuestionario aplicado en campo a un grupo de estudiantes.

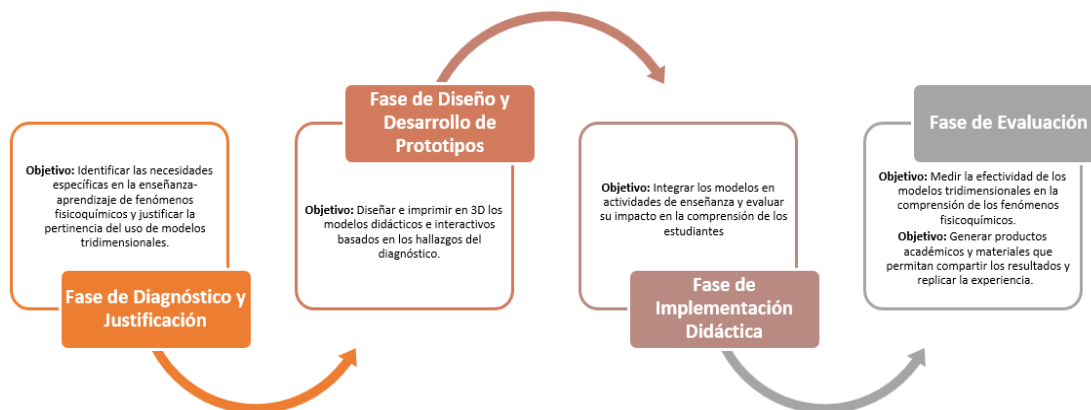


Figura 2. Objetivos particulares por etapa.
Fuente: Elaboración Propia.

Metodología

El presente proyecto se llevó a cabo tomando de base un enfoque metodológico de carácter cualitativo basado en un esquema de investigación acción-educativa. En términos generales el proyecto se enfocó a la optimización de los procesos de enseñanza-aprendizaje, particularmente, los referentes a la enseñanza de la estructura de la materia en el contexto de la química. Para ello se propuso la incorporación de modelos físicos diseñados e impresos en 3D que puedan ser puestos a prueba en los cursos referidos a la asignatura de Química. La etapa de implementación se llevó a cabo en un grupo de estudiantes que cursaron la asignatura de Química durante el periodo de cursos remediales de verano en la Escuela de Nivel Medio Superior de Guanajuato. La selección de esta asignatura obedece a la relevancia natural que tiene la introducción de estos conceptos fundamentales, cuyas características abstractas requieren apoyos didácticos específicos para su apropiación significativa. El desarrollo del proyecto se estructuró en cuatro fases: diagnóstico, diseño y modelado, implementación y evaluación. Durante el diagnóstico se realizó una revisión bibliográfica a fin de recuperar experiencias previas que dieran cuenta de los hallazgos y desafíos presentes al incorporar el uso de herramientas tecnológicas basadas en el uso de modelos en procesos educativos. En la etapa de diseño y modelado se revisaron las funciones esenciales del software de modelado asistido por computadora FUSION 360; a la par que se abordaron los fundamentos teóricos asociados a los modelos atómicos de Dalton, Thomson, Rutherford y Bohr. La construcción de los modelos se realizó en forma colaborativa. La fase de implementación consistió en integrar los modelos físicos dentro de una secuencia didáctica centrada en el análisis y comparación de los distintos modelos atómicos. Tanto la secuencia didáctica como la ficha de trabajo que se desarrollaron servirán de guía para que los docentes pueden adaptar la implementación de estos materiales en sus propios contextos educativos. Durante la implementación se propone que se trabaje con los estudiantes en formato de equipos a fin de que se presenten los modelos a los grupos y ellos puedan reconocer directamente las características de cada modelo y explicar sus diferencias a través de la interacción con estos recursos. Para facilitar esta etapa, se incluyeron preguntas detonadoras, retos de ensamblaje, actividades comparativas y ejercicios de aplicación. Esta estrategia busca promover la participación del alumnado, el trabajo colaborativo y la apropiación crítica del contenido disciplinar desde una perspectiva lúdica y exploratoria.

Finalmente, en la fase de evaluación, se aplicaron diversos instrumentos para valorar el impacto de la estrategia. Se emplearon cuestionarios para medir el impacto del uso de estos recursos sobre el nivel de comprensión de los modelos atómicos. Asimismo, se utilizaron rúbricas para evaluar la calidad del diseño de los modelos. Además, se realizó una entrevista grupal semiestructurada para conocer las percepciones de los estudiantes sobre el uso de impresión 3D en su proceso de aprendizaje. Los datos obtenidos fueron analizados de forma descriptiva, considerando tanto aspectos cognitivos como actitudinales. Este diseño metodológico permite, sin duda, no solo introducir una innovación tecnológica en el aula, sino también generar evidencia concreta sobre su efectividad y pertinencia en el contexto de la educación media superior. La combinación de modelado digital, fabricación de objetos físicos y estrategias didácticas centradas en el estudiante constituyó una experiencia educativa integradora, alineada con las competencias clave del siglo XXI.

Resultados

Fase Diagnóstico

Como se ha comentado en los párrafos anteriores diversas investigaciones en el ámbito educativo han evidenciado que el uso de modelos, tanto físicos como virtuales, en los procesos de enseñanza-aprendizaje representa una estrategia didáctica altamente efectiva para facilitar la comprensión de contenidos complejos, especialmente en áreas como las ciencias naturales, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas (STEM). Estos estudios destacan que los modelos permiten a los estudiantes interactuar con representaciones tangibles o visuales de conceptos abstractos, favoreciendo así un aprendizaje significativo al vincular nuevas ideas con conocimientos previos. Además, se ha subrayado que los modelos no solo permiten visualizar lo que no se puede observar directamente, como estructuras atómicas, sino que también desarrollan habilidades de razonamiento espacial, pensamiento sistémico y capacidades de inferencia científica. Asimismo, se ha encontrado que el uso de modelos fomenta una participación más activa del alumnado en el proceso educativo, incrementando la motivación intrínseca y favoreciendo entornos de aprendizaje colaborativo, en los que los estudiantes pueden construir y debatir ideas, experimentar soluciones y generar explicaciones fundamentadas. En este sentido, los modelos también funcionan como herramientas mediadoras que permiten al docente identificar conceptos erróneos o incompletos y redirigir la instrucción de forma más eficaz. Por todo ello, los aportes de estos trabajos de investigación sugieren que la incorporación sistemática de modelos en la práctica docente no solo fortalece la comprensión conceptual, sino que también promueve el desarrollo de competencias clave para el siglo XXI, tales como la creatividad, la comunicación científica y la resolución de problemas en contextos reales.

Fase de Diseño y Modelado

En esta etapa se procedió a realizar el diseño y modelado siguiendo un enfoque paramétrico e iterativo basado en el desarrollo de bocetos bidimensionales llamados sketches. A partir de la creación de estos bocetos en 2D sobre los planos base (XY, XZ o YZ), utilizando herramientas de dibujo como líneas, círculos, arcos y restricciones geométricas para definir con precisión la forma, se crearon los modelos en 3D utilizando operaciones de modelado tales como extrude, revolve, sweep o loft, para generar la versión final de la geometría tridimensional. Construidos los modelos en 3D se pueden aplicar operaciones adicionales como cortes, agujeros, redondeos (fillets) y chaflanes (Chamfers) para refinar el diseño. El programa FUSION 360 en su versión gratuita y educativa permite modificar los parámetros en cualquier momento gracias al guardado automático de su historial de diseño (timeline), lo que facilita la iteración y depuración del diseño con un enfoque adaptativo. Finalmente, la integración de herramientas de ensamblaje, simulación y renderizado favorecen un flujo de trabajo completo. A continuación, se detalla el proceso de diseño a través de las siguientes imágenes. Los modelos fueron impresos en una impresora Creality K1 (600mm/s Impresión Rápida y aceleración de 20000 mm/s²) empleando PET para las bases y ABS para los cuerpos.

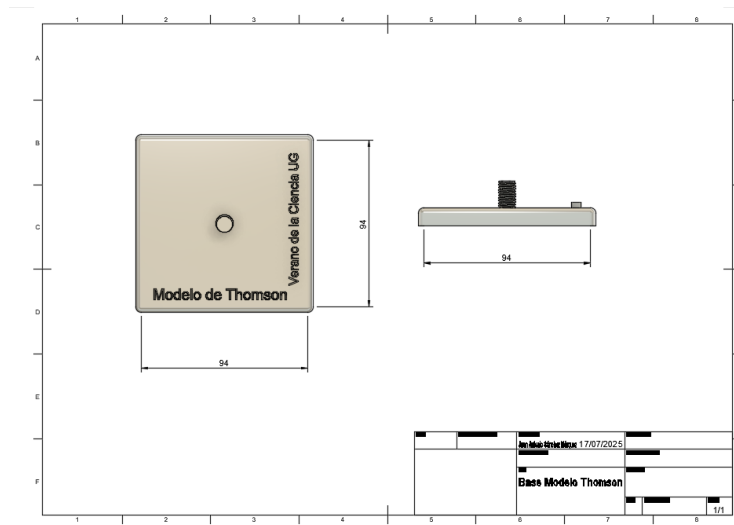


Figura 3. Desarrollo del diseño de la base en 2D para el Modelo de Dalton (Átomo de Hidrógeno).
Fuente: Elaboración propia.

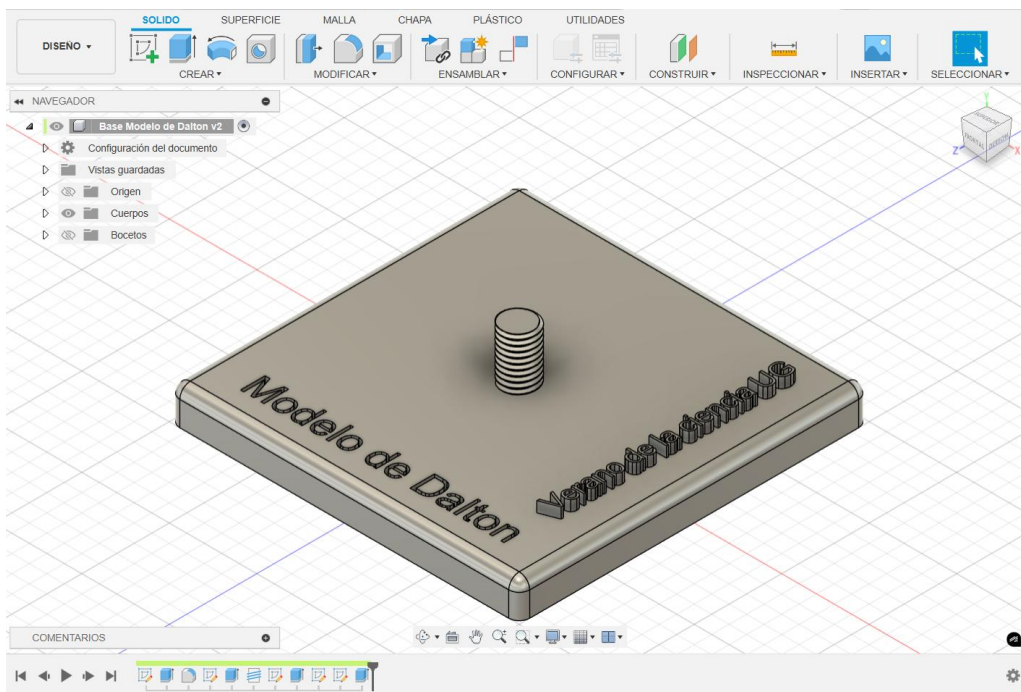


Figura 4. Desarrollo del diseño de la base en 2D para el Modelo de Dalton (Átomo de Hidrógeno).
Fuente: Elaboración Propia.

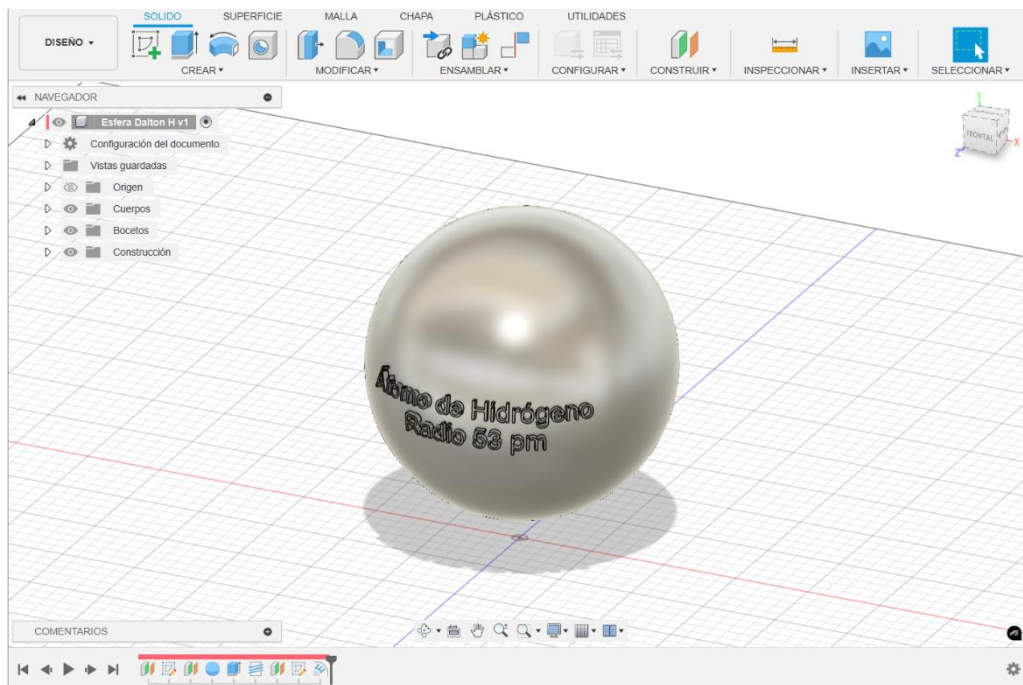


Figura 5. Desarrollo del Modelo de Dalton para el átomo de Hidrógeno.
Fuente: Elaboración Propia.

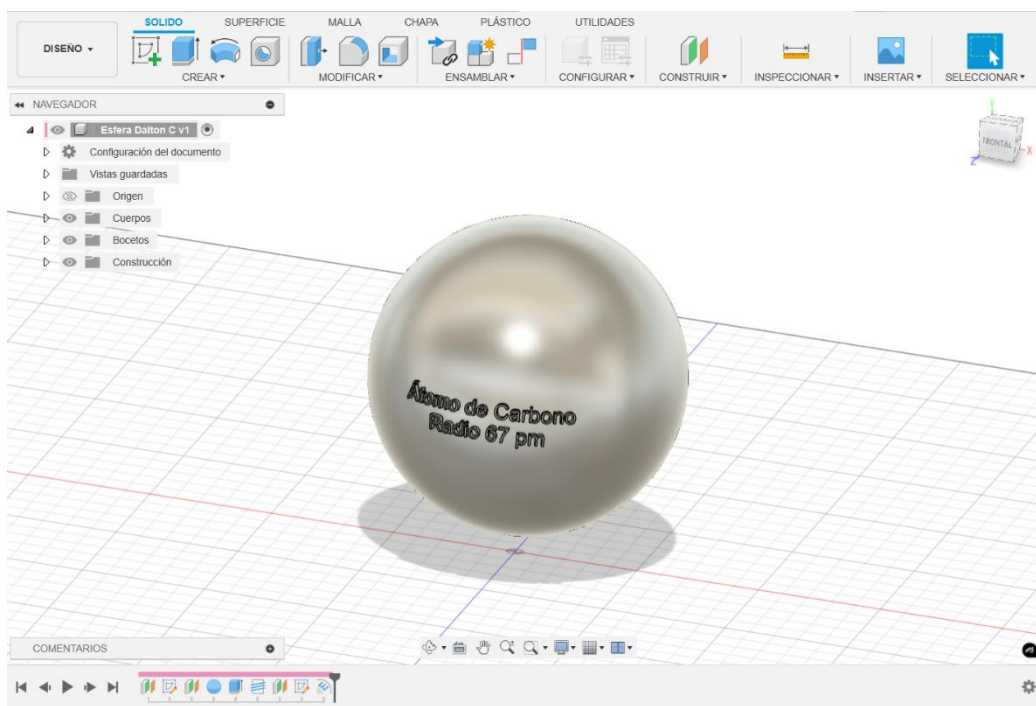


Figura 6. Desarrollo del Modelo de Dalton para el átomo de Carbono.
Fuente: Elaboración Propia.

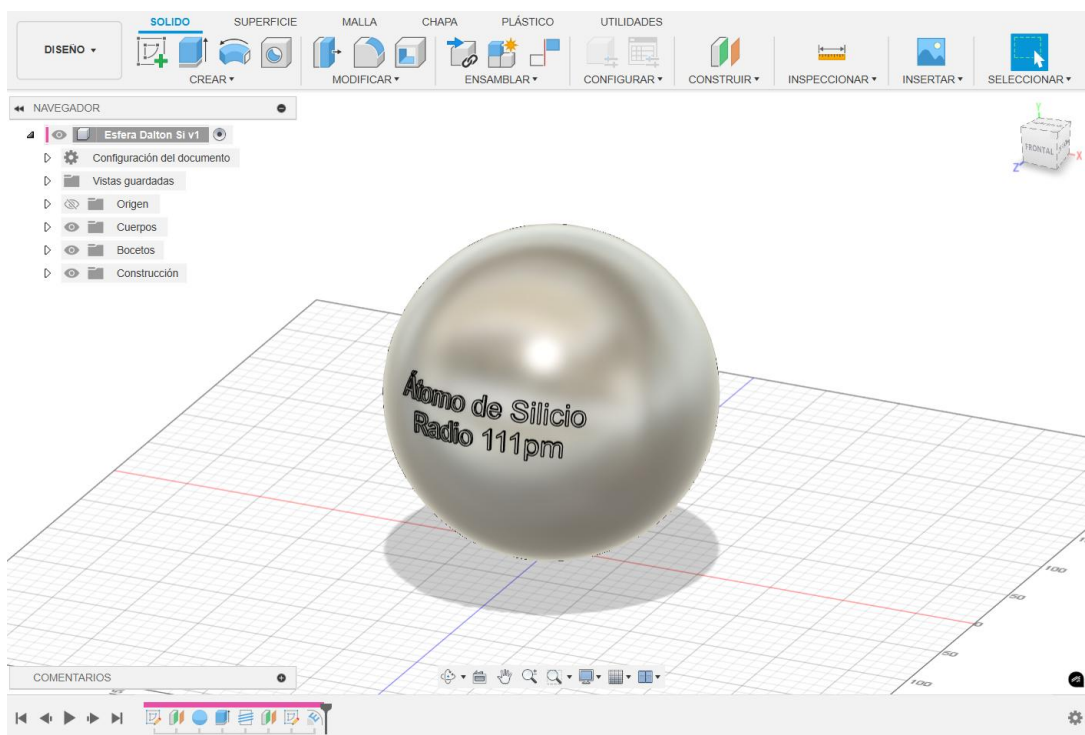


Figura 7. Desarrollo del Modelo de Dalton para el átomo de Silicio.
Fuente: Elaboración Propia.

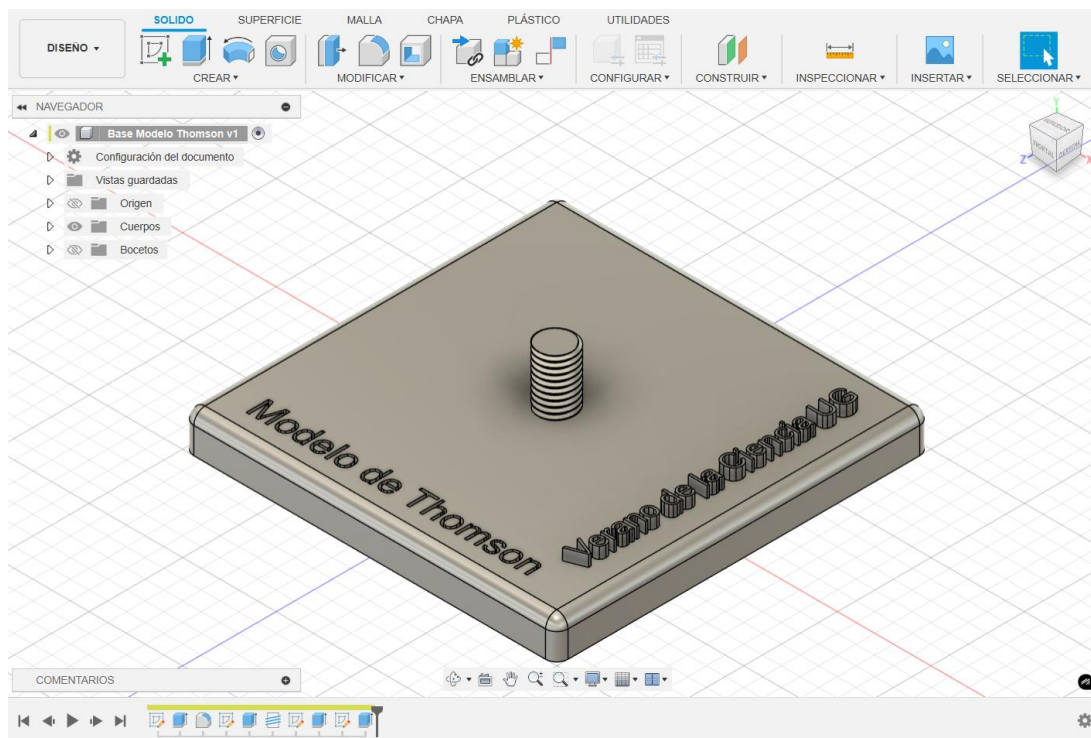


Figura 8. Desarrollo de la base para el Modelo de Thomson.
Fuente: Elaboración Propia.

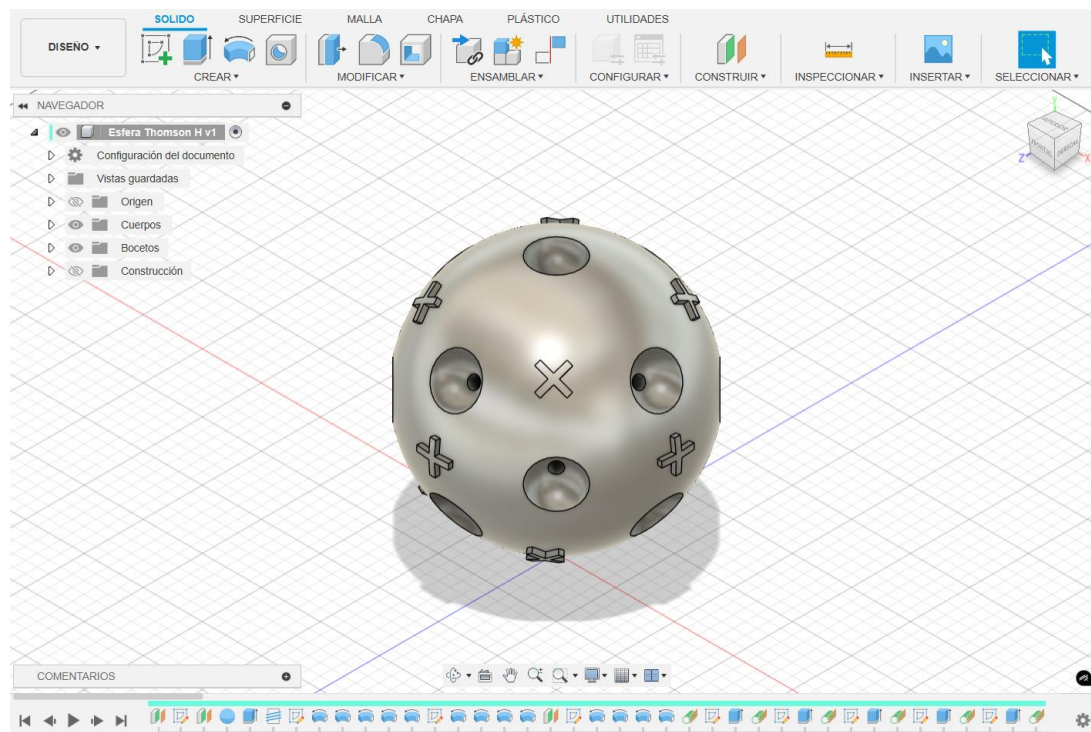


Figura 9. Desarrollo del Modelo de Thomson.

Fuente: Elaboración Propia.

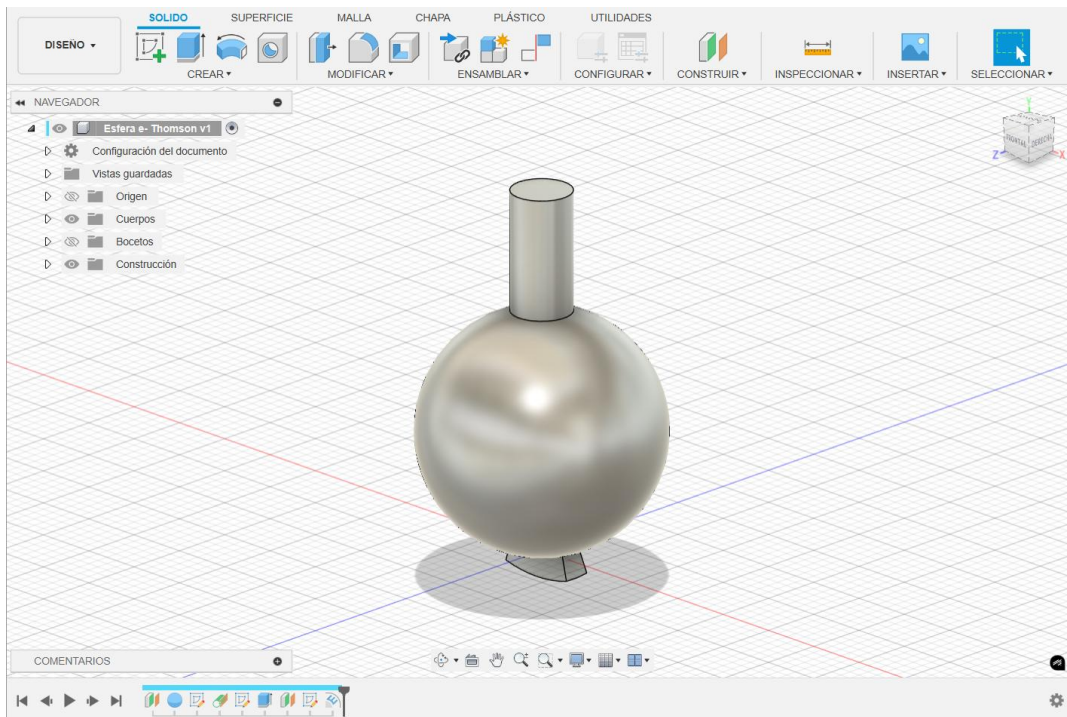


Figura 10. Desarrollo del diseño de los electrones asociados al Modelo de Thomson.
Fuente: Elaboración Propia.

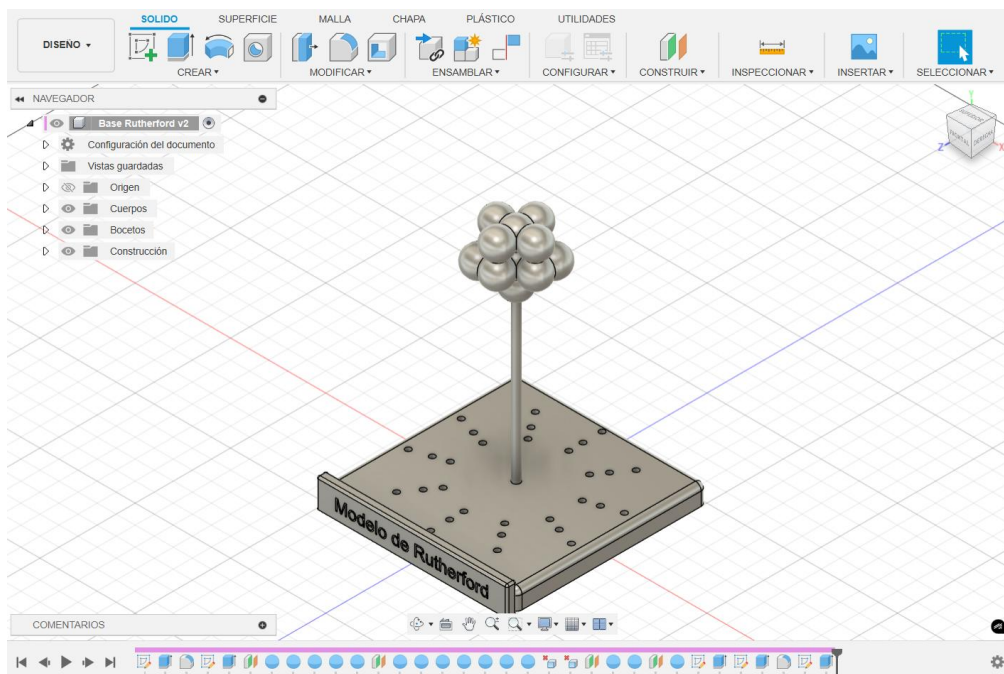


Figura 11. Desarrollo de la base correspondiente al Modelo de Rutherford.
Fuente: Elaboración Propia.

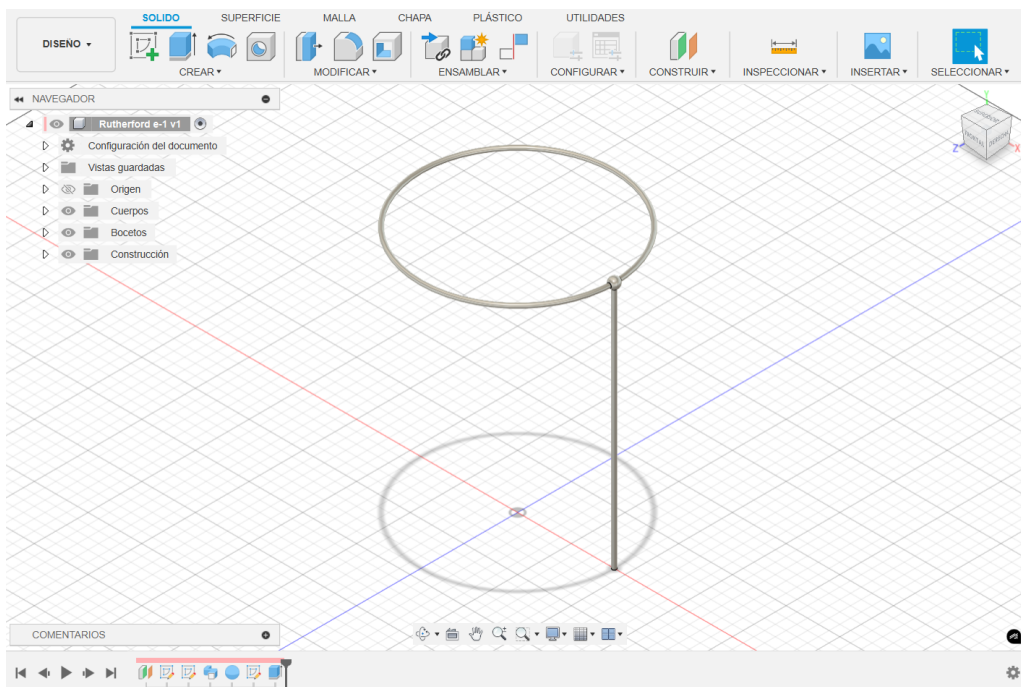


Figura 12. Representación de los electrones para el Modelo de Rutherford.
Fuente: Elaboración Propia.

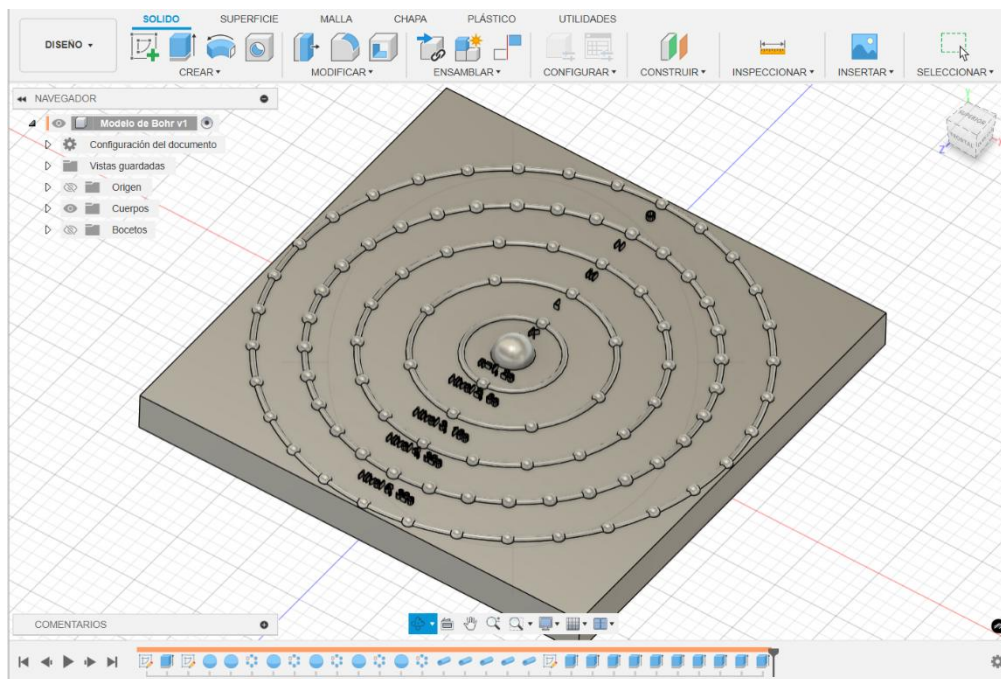
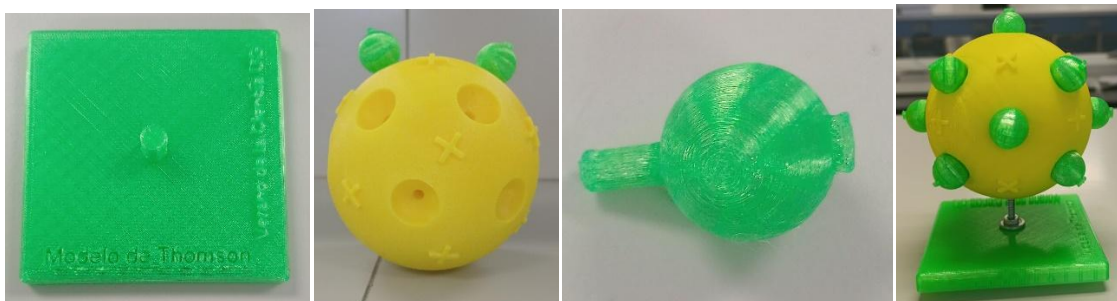


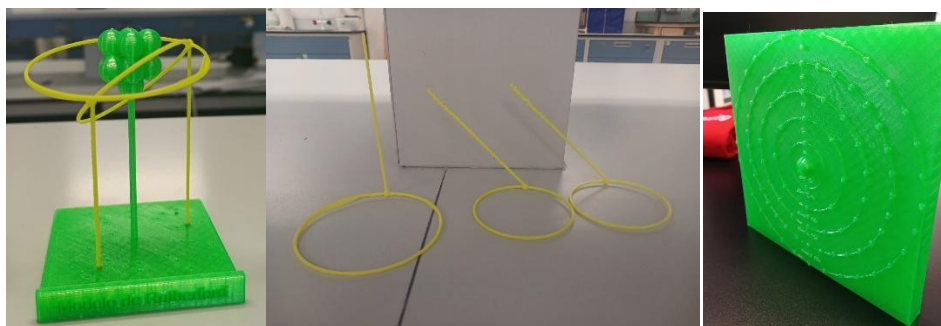
Figura 13. Representación del Modelo de Bohr.
Fuente: Elaboración Propia.



a) Modelo de Dalton



b) Modelo de Thomson



c) Modelo de Rutherford

d) Modelo de Bohr

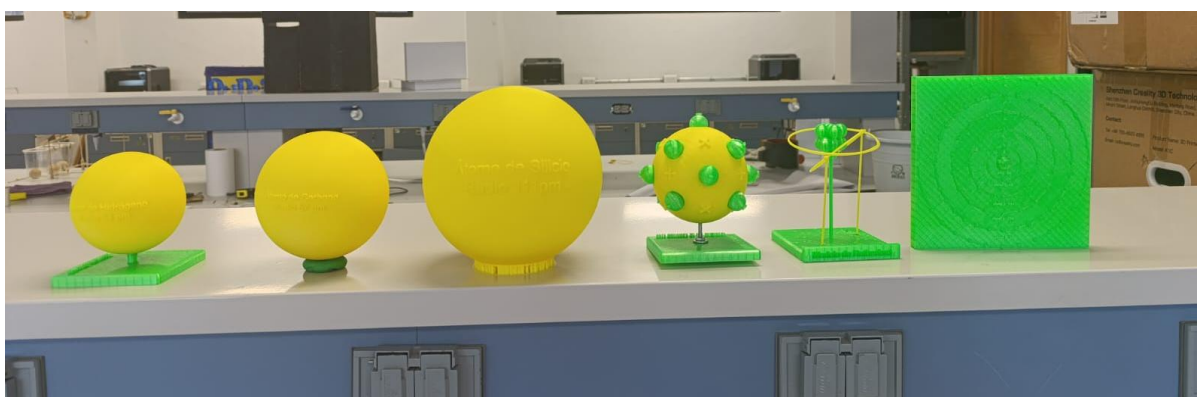


Figura 14. Modelo de Dalton, Thomson, Rutherford y Bohr Impresos en 3D.
Fuente: Elaboración Propia.

Fase de Implementación

En esta etapa se presentaron los modelos frente a grupo a fin de evaluar su practicidad, representatividad e impacto sobre la comprensión de la estructura de la materia.



Figura 15. Puesta a prueba de los diferentes modelos atómicos impresos en 3D.

Fase de Evaluación

En esta etapa se presentaron los modelos frente a grupo a fin de evaluar su practicidad, representatividad e impacto sobre la comprensión de la estructura de la materia. Los resultados arrojaron los siguientes hallazgos. El 67% de los estudiantes manifestó que con los métodos tradicionales de enseñanza no podían identificar las diferencias existentes entre los modelos atómicos. además, reconocieron que el uso de los modelos mejoró la comprensión de sus características distintivas, tal como se muestra en la figura siguiente.

● Sí, mucho mejor.	11
● Sí, un poco mejor.	7
● No hubo mucha diferencia.	0
● No, lo comprendo menos.	0

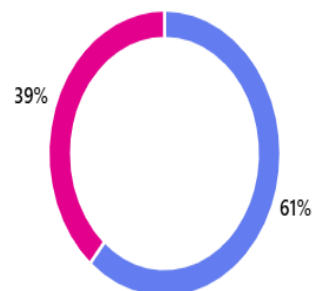


Figura 16. Distribución de las respuestas a la pregunta: Después de usar los modelos 3D, ¿consideras que comprendes mejor las características de cada modelo atómico?

En lo referente a las ventajas observadas al usar los modelos en el estudio de la estructura de la materia se obtuvieron los resultados mostrados en la figura 15. Además, es preciso señalar que el 95% de los estudiantes manifestó que recomendaría el uso de los modelos 3D para favorecer el proceso de aprendizaje.

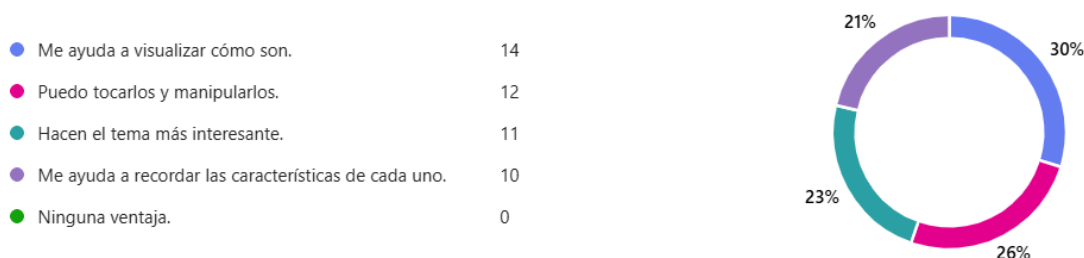


Figura 17. Distribución de las respuestas a la pregunta: ¿Qué ventajas crees que tienen los modelos 3D para entender los modelos atómicos en comparación con solo ver imágenes en un libro o una pantalla?

Conclusiones

El presente proyecto demostró que el uso de modelos atómicos impresos en 3D constituye una estrategia pedagógica efectiva para abordar la abstracción característica de los contenidos de química en el nivel medio superior. Al transformar conceptos teóricos en representaciones físicas manipulables, se favoreció una comprensión más profunda y significativa de los modelos atómicos, lo cual fue evidenciado por los estudiantes al expresar, en un 67%, que con los métodos tradicionales no lograban identificar claramente sus diferencias. Además, se observó un incremento notable en la motivación, la participación y el interés por el estudio de la estructura de la materia, gracias a la dimensión lúdica e interactiva de las actividades. La capacitación en el uso del software FUSION 360 permitió a los alumnos participantes en el verano desarrollar habilidades tecnológicas, de diseño y pensamiento espacial, integrando así conocimientos disciplinares con competencias clave del siglo XXI. La metodología aplicada, basada en la investigación acción educativa y organizada en fases (diagnóstico, diseño, implementación y evaluación), permitió una intervención sistemática, contextualizada y centrada en el estudiante. Asimismo, los materiales educativos generados, como las guías didácticas y los modelos digitales, ofrecen una base replicable para que otros docentes adapten esta estrategia a distintos contextos educativos. Finalmente, los resultados obtenidos no solo validan la pertinencia y efectividad del uso de impresión 3D en la enseñanza de ciencias, sino que también muestran su potencial para humanizar el aprendizaje, al convertir la abstracción científica en una experiencia tangible, colaborativa y significativa para los estudiantes. Como proyecto futuro se buscará poner a prueba estos modelos en procesos de enseñanza asociados a alumnos que presentan una discapacidad visual con la firme intención de optimizar el proceso de aprendizaje en la comunidad y favorecer la atención integral de las necesidades de cada uno de los miembros de nuestra población estudiantil.

Bibliografía/Referencias

- Bucat, R., & Mocerino, M. (2009). Learning at the sub-micro level: Structural representations. In J. K. Gilbert & D. Treagust (Eds.), *Multiple Representations in Chemical Education*, 11–29. Springer. <https://download.e-bookshelf.de/download/0000/0049/21/L-G-0000004921-0002369391.pdf>
- Chittleborough, G., & Treagust, D. F. (2007). The modelling ability of non-major chemistry students and their understanding of the sub-microscopic level. *Chemistry Education Research and Practice*, 8(3), 274–292. <https://doi.org/10.1039/B7RP90006F>
- Felder, R. M., & Brent, R. (2005). Understanding student differences. *Journal of Engineering Education*, 94(1), 57–72. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/j.2168-9830.2005.tb00829.x>
- Ford, S., & Minshall, T. (2019). Where and how 3D printing is used in teaching and education. *Additive Manufacturing*, 25, 131–150. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214860417304815>
- Gabel, D. (1999). Improving teaching and learning through chemistry education research: A look to the future. *Journal of Chemical Education*, 76(4), 548. <https://doi.org/10.1021/ed076p548>
- Gilbert, J. K., & Boulter, C. J. (2000). *Developing models in science education*. Kluwer Academic Publishers.

- Hodson, D. (2014). Teaching and learning about science: Language, theories, methods, history, traditions and values. Sense Publishers.
https://www.researchgate.net/publication/248754112_Derek_Hodson_Teaching_and_Learning_About_Science_Language_Theories_Methods_History_Traditions_and_Value
- Johnstone, A. H. (1991). Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. *Journal of Computer Assisted Learning*, 7(2), 75–83.
- Martin-Hansen, L. (2018). Examining ways to meaningfully support students in STEM. *The Clearing House: A Journal of Educational Strategies, Issues and Ideas*, 91(5-6), 197–204.
<https://stemeducationjournal.springeropen.com/articles/10.1186/s40594-018-0150-3>
- National Research Council. (2012). Education for life and work: Developing transferable knowledge and skills in the 21st century. The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/13398>
- Taber, K. S. (2002). Chemical misconceptions: prevention, diagnosis and cure. Volume I: Theoretical background. Royal Society of Chemistry.
<https://science-education-research.com/publications/books/chemical-misconceptions-prevention-diagnosis-and-cure-theoretical-background/>
- Trilling, B., & Fadel, C. (2009). 21st century skills: Learning for life in our times. Jossey-Bass.
- Zacharia, Z. C., & Olympiou, G. (2011). Physical versus virtual manipulative experimentation in physics learning. *Learning and Instruction*, 21(3), 317–331. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2010.03.001>