

Artículo

Prototipado de un estuche para Arduino y su Aplicación en el Diseño de Maquetas Arquitectónicas mediante Impresión 3D.

Margarita Benitez Alonso ^{1*}, Jaqueline Marmolejo Quintanar ² y Herminio Flores Cortes ³.

^{1,2} Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico Superior de Huichapan, Licenciatura en Arquitectura, México.

³ Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico Superior de Huichapan, Ingeniería en Sistemas Computacionales, México.

* Correspondencia: mbenitez@iteshu.edu.mx

Resumen: El estudio tiene como objetivo desarrollar un prototipo de estuche para Arduino utilizando impresión 3D y explorando su aplicación en la arquitectura. La investigación se enfoca en aprovechar la impresión aditiva para crear modelos personalizados y funcionales. El método incluye desde la etapa de diseño, hasta la impresión y prueba de funcionalidad, ajustando detalles para asegurar precisión y compatibilidad. La impresión 3D es efectiva para el desarrollo de componentes personalizados en arquitectura, permitiendo iteraciones rápidas y optimizando el uso de materiales.

Keywords: *Impresión 3D; PLA; Fusion 360*

1. Introducción

La impresión aditiva, comúnmente conocida como impresión 3D, ha irrumpido como una tecnología transformadora en múltiples sectores, incluyendo la arquitectura, como parte de “la cuarta revolución industrial, que fusiona y transforma tecnologías, cuanto a velocidad, alcance e impacto de los sistemas” [1]. Este proceso permite la creación de objetos tridimensionales añadiendo material capa por capa, lo que contrasta con los métodos tradicionales que requieren retirar material para dar forma a una pieza. En el campo de la arquitectura, esta tecnología abre una gama de oportunidades para cambiar la manera en que se diseñan y construyen los edificios, favoreciendo la creación de formas más complejas, eficientes y sostenibles que serían complicadas o imposibles de lograr con métodos convencionales.

Este estudio tiene como objetivo principal explorar cómo la impresión aditiva puede ser empleada no solo para crear prototipos funcionales, sino también para mejorar la precisión y la eficiencia en el diseño arquitectónico. Al integrar tecnologías de impresión 3D con herramientas de modelado avanzado, se busca optimizar la creación de maquetas, lo que beneficia tanto a arquitectos como a sus clientes.

Una de las aplicaciones más destacadas de la impresión aditiva en la arquitectura es su uso en la fase de conceptualización, especialmente en la creación de maquetas y prototipos. Durante las primeras etapas de un proyecto, la capacidad de transformar rápidamente una idea en un modelo físico a través de la impresión 3D permite visualizar y evaluar el diseño con mayor precisión. Las maquetas impresas en 3D no solo ayudan a los arquitectos, sino también a los clientes, a comprender mejor las proporciones, los volúmenes y los detalles del proyecto. Este modelo tangible facilita la identificación de posibles

Citar este trabajo: Benitez Alonso, M.; Marmolejo Quintanar, J.; Flores Cortes, H. Prototipado de un estuche para Arduino y su Aplicación en el Diseño de Maquetas Arquitectónicas mediante Impresión 3D. *RELITEC'S* 2024, 7ma, edición

Recibido: 15 de octubre de 2024.

Aceptado: 15-11-2024

Publicado: 30-11-2024

mejoras antes de la fase de construcción, lo que no solo agiliza el proceso de diseño, sino que también fortalece la comunicación entre todas las partes involucradas. Así, se optimiza la toma de decisiones y se reducen errores que podrían surgir en etapas posteriores.

El uso de la impresión 3D para la creación de prototipos ofrece, además, la posibilidad de experimentar con materiales y formas innovadoras. La capacidad de trabajar con geometrías complejas y producir detalles finos sin grandes restricciones abre nuevas fronteras en el diseño arquitectónico. A través de un enfoque iterativo, los arquitectos pueden explorar diferentes opciones estructurales y estéticas, mejorando así el resultado final del diseño. Además, la impresión aditiva contribuye a la sostenibilidad al reducir el desperdicio de materiales, ya que se utiliza solo la cantidad exacta de material necesaria para cada iteración del prototipo.

Otro beneficio fundamental de la impresión aditiva es su eficiencia en el uso de materiales, no solo al usar la cantidad exacta del material reduciendo mermas, esta tecnología también permite construir estructuras más ligeras y ajustadas a las necesidades específicas de cada proyecto, sin comprometer la resistencia ni la durabilidad del producto final. Los materiales empleados, como polímeros, metales y concreto especializados, están siendo continuamente adaptados para aplicaciones arquitectónicas. Asimismo, la flexibilidad que ofrece la impresión 3D al combinar diversos materiales permite mejorar tanto las propiedades mecánicas como estéticas de las construcciones.

Aunado a lo anterior la impresión aditiva también promueve la modularidad y personalización en los proyectos arquitectónicos. La capacidad de imprimir componentes individualizados que pueden ensamblarse posteriormente facilita la creación de viviendas o edificios adaptados al entorno local. Esto reduce la necesidad de realizar grandes obras en el sitio y mejora la eficiencia logística. Este aspecto es particularmente relevante en situaciones que requieren una construcción rápida, como en proyectos de emergencia o en áreas de difícil acceso.

Para aprovechar estas ventajas, algunas de las herramientas CAD más utilizadas, como AutoCAD y Revit, permiten a los arquitectos desarrollar modelos tridimensionales que pueden exportarse en formatos compatibles con la impresión 3D, como los archivos STL. Por otro lado, Fusion 360 integra diseño, ingeniería y fabricación, convirtiéndose en una plataforma versátil para crear modelos listos para la fabricación aditiva. Estas herramientas no solo son útiles para la modelación de componentes arquitectónicos, sino que también permiten optimizar el uso de materiales, logrando estructuras más resistentes con menos recursos.

2. Materiales y Métodos

Actualmente existen varios métodos de manufactura aditiva, cada una con ventajas según las necesidades del proyecto, a diferencia de los métodos tradicionales de manufactura sustractiva, la manufactura aditiva construye objetos capa por capa, lo que permite una mayor libertad de diseño, optimización de materiales y personalización a medida. Para un mejor entendimiento de estos métodos se desarrolló un diagrama comparativo de los principales métodos de manufactura aditiva. (Figura 1). Este diagrama detalla las características clave de cada tecnología de impresión 3D, incluyendo FDM, SLA, SLS/SLM, Binder Jetting y PolyJet, junto con sus materiales, ventajas, aplicaciones y limitaciones. El gráfico ofrece una visión clara de cómo cada método se adapta a diferentes necesidades industriales, desde prototipado rápido hasta la producción de piezas finales de alta precisión. [2]

Además de los métodos de manufactura, es crucial identificar los pasos necesarios para el desarrollo de la pieza a fabricar. Este proceso comienza con el diseño del prototipo

en 2D, seguido por su proyección en 3D. A continuación, se lleva a cabo la definición de atributos y medidas, lo que prepara el terreno para el proceso de impresión. Finalmente, se realiza una evaluación preliminar del prototipo impreso. Es importante destacar que este proceso es iterativo, lo que significa que la evaluación debe hacerse de manera continua, y si es necesario, se pueden repetir algunos pasos para obtener el mejor resultado posible.

Método	Características	Ventajas	Usos	Materiales
FDM (Fused Deposition Modeling) Modelado por deposición en fundido.	Extrusión de un filamento a través de una boquilla caliente, con el fin de depositarlo capa a capa en una plataforma o cama.	<ul style="list-style-type: none"> Económico y accesible. Facilidad de uso y mantenimiento. 	<ul style="list-style-type: none"> Prototipado conceptual. Producción de Piezas de bajo volumen. Modelos y maquetas. 	<ul style="list-style-type: none"> PLA (Ácido Poliláctico). ABS (Acrilonitrilo Butadieno Estireno). PEFEB. Materiales Compuestos: Filamentos con resinas de fibra de carbono, vidrio o metal.
SLA (Stereolithography) Estereolitografía.	Utiliza un láser UV para curar resinas líquidas fotopolímeras, construyendo objetos capa por capa con alta precisión.	<ul style="list-style-type: none"> Alta Precisión y Detalle. Superficies lisas. Flexibles. Resistente al calor. 	<ul style="list-style-type: none"> Prototipado Detallado, como joyería. Modelos de detalles y médicos. Moldado por inyección. 	<ul style="list-style-type: none"> Diferentes tipos de resinas estándar, flexibles, dentales y biocompatibles, resistentes a altas temperaturas.
SLS / SLM (Selective Laser Sintering) / (Selective Laser Melting).	Ambos son tecnologías que utilizan un láser para sintetizar (SLS) o fundir (SLM) polvo de material, construyendo la pieza capa por capa.	<ul style="list-style-type: none"> Alta resistencia mecánica. Geometría compleja sin soportes. Compatible con varios materiales. 	<ul style="list-style-type: none"> Prototipado funcional. Producción de pequeñas series. Creación de implantes médicos y prótesis. 	<ul style="list-style-type: none"> Nylon. Aluminio, Acero y Titanio. Componentes de vidrio o cerámica.
BINDER JETTING	Un cabezal deposita un aglutinante líquido sobre capas de polvo de material (como metal, cerámica o arena), uniendo las partículas para formar la pieza.	<ul style="list-style-type: none"> Alta velocidad. No requiere estructuras de soporte. Aplicación en grandes volúmenes. 	<ul style="list-style-type: none"> Prototipos y moldes. Producción de Piezas decorativas. Producción de piezas metálicas. 	<ul style="list-style-type: none"> Resinas. Polvos metálicos. Cerámicas. Yeso.
POLYJET INKJET	Pequeñas gotas de material fotopolímero líquido son depositadas sobre la plataforma de construcción y curadas inmediatamente con luz UV.	<ul style="list-style-type: none"> Alta resolución y precisión. Impresión multicolor y multimaterial. Flexibilidad en el diseño. 	<ul style="list-style-type: none"> Modelos realistas. Prótesis y dispositivos médicos. Joyería y diseño. 	<ul style="list-style-type: none"> Fotopolímeros. Resinas transparentes. Materiales de soporte soluble.

Figura 1. Diagrama comparativo de los principales métodos de manufactura aditiva.

2.1 Desarrollo de un prototipo 2D.

Lo primero que se realizó fue el diseño de un prototipo en 2D del case de Arduino. Para ello, se hizo uso del software AutoCAD de la empresa Autodesk, con la licencia educativa. Autodesk AutoCAD proporciona a arquitectos, ingenieros y profesionales de la construcción herramientas precisas para el dibujar y anotar geometría 2D y modelos 3D con sólidos, superficies y objetos de malla [3]. Es importante mencionar que el diseño en 2D permitió definir las dimensiones generales y los componentes clave del case, asegurando que se ajustara perfectamente al hardware de Arduino, incluyendo los puertos de entrada/salida, el conector de alimentación y los puntos de montaje. Ver figura 2.

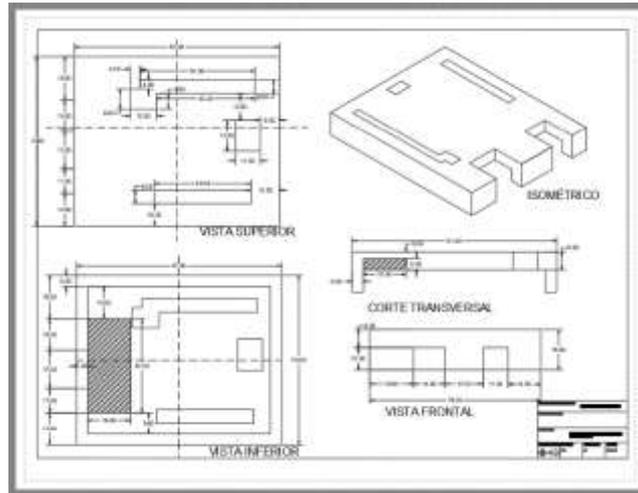


Figura 2. Plano de la carcasa superior del Arduino. Fuente: Autoría propia, 2024. Dibujo elaborado con el software AutoCAD 2024.

La importancia de esta fase radica en que es la que delimita los contornos del prototipo, se definieron los espacios clave y se identificaron las principales interacciones estructurales y funcionales del modelo.

Cuando esta etapa se desarrolla con un plano arquitectónico es importante enfocarse en la definición de los componentes estructurales clave, como son columnas, muros y elementos portante en general.

2.2 Proyección en 3D del prototipo.

Con el diseño 2D finalizado, se procedió a la **proyección en 3D del prototipo** utilizando **Fusion 360**, una plataforma de diseño que integra herramientas de modelado, simulación y manufactura digital. Este software permitió crear un modelo tridimensional detallado del case de Arduino, ajustando el diseño para asegurar que todos los componentes tuvieran la orientación y el tamaño correctos. Cabe decir que Autodesk Fusion “es una plataforma de software CAD, CAM, CAE y de circuitos impresos de modelado 3D basada en la nube para el diseño y la manufactura de productos”, la cual permite diseñar y proyectar productos para garantizar su ajuste, estética, forma y función [4].

No obstante, cuando se habla de modelos arquitectónicos, existen softwares más especializados como es Autodesk Revit, programa que facilita el visualizar el prototipo en 3D, asegurando que todos los elementos diseñados en 2D se ajustaran a las proporciones esperadas; además generar vistas y secciones del modelo, que facilita la revisión detallada de cada componente estructural.

Es importante que ambos softwares cuentan con procesos de trabajo, interfaz de usuario y herramientas similares, pero el campo de especialización, sus capacidades de diseño y vinculación con herramientas de impresión 3D es variado, Revit es ideal para grandes proyectos arquitectónicos y de construcción, con un enfoque en la gestión del ciclo de vida de edificios y la colaboración entre diversas disciplinas a través del BIM; por otro lado Fusion 360 está más orientado al diseño de productos y piezas mecánicas, con una fuerte integración de herramientas de CAD/CAM para fabricación digital y simulación, siendo más accesible y amigable para el diseño de productos a menor escala, como se puede ver en la Tabla 1 y la Figura 3.

Tabla 1. Cuadro comparativo de los softwares de proyección 3D de Autodesk

Característica	Revit	Fusion 360
Enfoque	Diseño arquitectónico y BIM (Building Information Modeling)	Diseño mecánico, ingeniería y fabricación digital
Industria de aplicación	Arquitectura, construcción e ingeniería civil	Ingeniería mecánica, fabricación de productos, diseño industrial
Modelado 3D	Modelado paramétrico especializado en construcción y gestión de edificaciones	Modelado paramétrico y de superficies, ideal para piezas y componentes mecánicos
Colaboración	Facilita el trabajo colaborativo en proyectos BIM con múltiples disciplinas	Colaboración en la nube para el diseño en equipos y control de versiones
Herramientas de simulación	Simulación de construcciones, análisis estructural y energético	Simulaciones de estrés, flujo de fluidos, movimiento y optimización topológica
Renderizado	Capacidad de generar renderizados arquitectónicos y visualizaciones de edificios	Renderizado integrado para piezas mecánicas y productos industriales
Soporte BIM	Integra el modelado de información de construcción (BIM) para gestionar el ciclo de vida del edificio	No soporta directamente BIM, más centrado en el diseño y fabricación de productos
Gestión de proyectos	Gestiona proyectos completos de construcción, desde el diseño hasta la operación del edificio	Gestión de diseño de productos, desde la creación hasta la fabricación
Compatibilidad de formatos	Compatible con formatos como DWG, IFC, NWC, entre otros	Compatible con formatos STL, STEP, IGES, DWG, y más para impresión y fabricación
Herramientas de fabricación	Limitadas, no enfocadas en manufactura	Integración completa de CAD/CAM para fabricación CNC e impresión 3D
Plataforma	Principalmente Windows	Multiplataforma (Windows, Mac)
Facilidad de uso	Curva de aprendizaje pronunciada, enfocado en proyectos de gran escala	Más intuitivo y fácil de aprender para usuarios que desean diseñar productos
Capacidades de diseño	Ideal para grandes proyectos arquitectónicos y coordinación de múltiples disciplinas	Ideal para el diseño detallado de productos mecánicos y piezas complejas
Impresión 3D	Puede exportar modelos para impresión 3D, pero no tiene herramientas nativas de fabricación	Amplia integración para la impresión 3D con herramientas de corte y optimización

Nota. Tabla donde se muestran las principales diferencias entre los softwares Revit y Fusion, ambos de Autodesk y su correlación con la impresión aditiva.

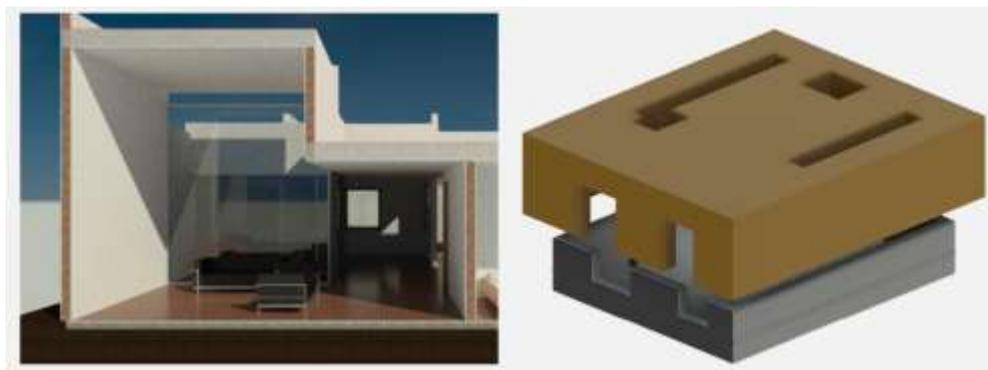


Figura 3. Modelos 3D en Fusion y Revit. Fuente: Autoría propia, 2024. Dibujo elaborado con el software Revit 2025 y Fusion.

Nota: En la imagen de la izquierda se observa el corte de un modelo en Revit de una casa habitación, mientras en la derecha se aprecia el modelo de un case de Arduino.

Durante esta fase, los elementos estructurales y de soporte se definen para asegurar que todos los elementos en 2D se ajusten a las proporciones esperadas.

2.3 Definición de atributos y medidas.

Una vez diseñado el modelo 3D se definieron los atributos y medidas del prototipo para ser impreso, dando especial atención en garantizar que el case de Arduino cumpla estándares de precisión necesarios para ajustarse correctamente al hardware, al integrar características estructurales para mejorar la funcionalidad y durabilidad del diseño.

Uno de los atributos a revisar fue el grosor de las paredes del case, cambiándolo de 5mm a 4mm para integrar un clip de fijación que impida la apertura del case, para garantizar que el prototipo fuera lo suficientemente robusto para resistir el manejo diario. Ver figura 4.

Se validaron los orificios para tornillos y las aberturas para los puertos de entrada y salida (USB, alimentación, pines I/O). Finalmente se definió el material para la impresión del prototipo, optando por el uso de PLA (ácido poliláctico), por su facilidad de impresión y resistencia estructural.

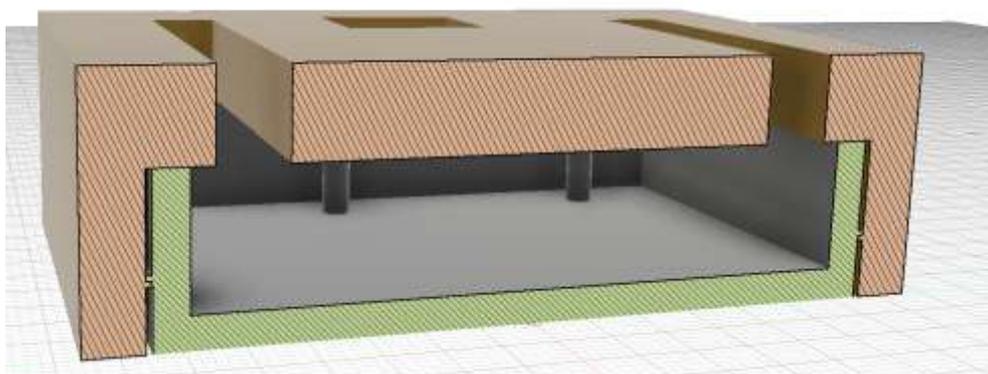


Figura 4 Modelo 3D en Fusion. Fuente: Autoría propia, 2024. Dibujo elaborado con el software Autodesk Fusion.

2.4 Desarrollo del Proceso de impresión.

Posterior a la definición de los atributos se debe proceder a la impresión del prototipo mediante la impresora Artillery Sidewinder, la cual cuenta con una calidad de impresión de hasta 50 micras, con un diámetro de filamento de 1.75Mm.

Para la impresión es imprescindible exportar el modelo virtual a formato STL, para procesarlo en el software Cura donde se realiza el *slicing* y se prepara la impresora. Dicha preparación debe considerar la configuración de la capa base y el relleno que funcionará como soporte. La exportación se puede hacer desde ambos programas Revit y Fusion.

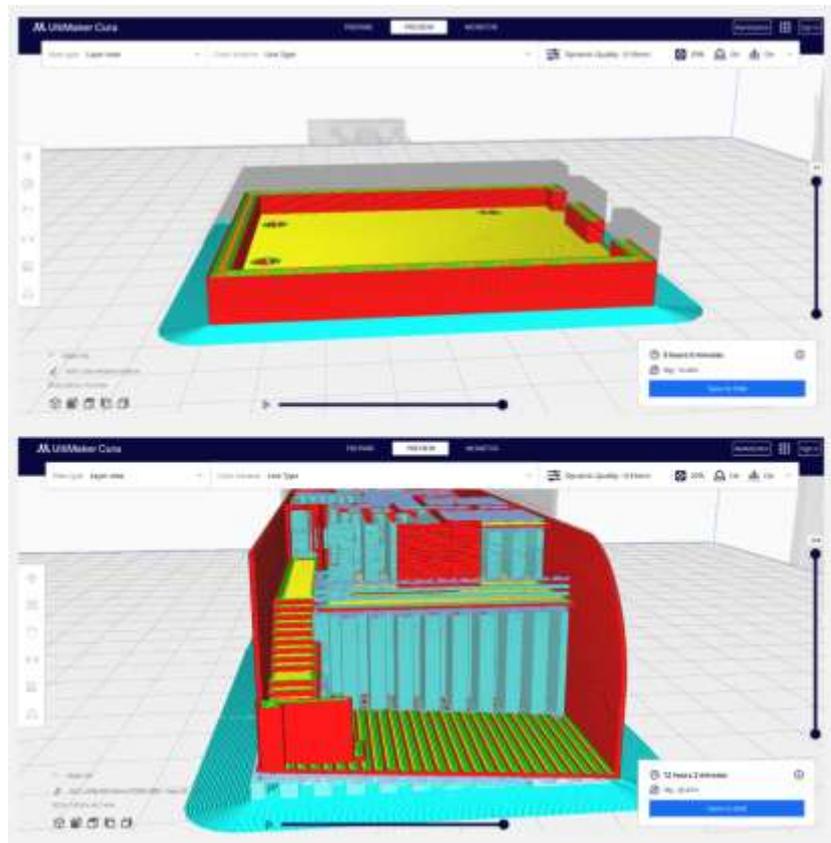


Figura 5. Simulación de la impresión en Cura de los modelos 3D generados en Revit y Fusion.

La simulación de la impresión arroja un estimado del tiempo y material requeridos para la impresión, por lo que es importante buscar la simulación que dé el mejor resultado con la menor merma posible, para la impresión. Ver figura 6.

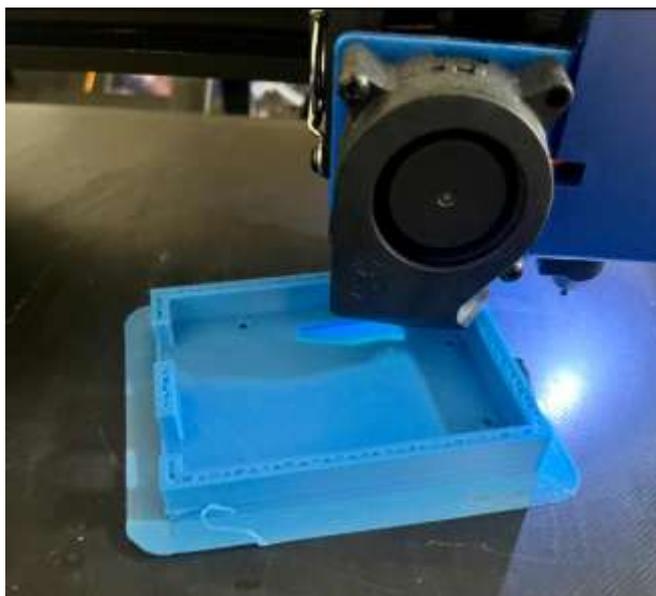


Figura 6. Proceso de impresión del case de Arduino.

2.5 Evaluación preliminar del prototipo impreso.

Una vez impreso el prototipo, se procede a verificar su funcionalidad, un paso crucial para garantizar que el case impreso cumpla con los requisitos técnicos y estéticos. Se miden las dimensiones de los orificios para los tornillos, puertos y soportes, y se realiza una prueba física utilizando una placa de Arduino. En esta prueba, se verifica que todos los componentes encajen adecuadamente sin interferencias, que los puertos sean accesibles y que el case ofrezca estabilidad y resistencia a la manipulación.

Basado en la evaluación preliminar, se identificaron áreas menores que requerían ajustes, como la corrección milimétrica en dos orificios para tornillos y la ampliación de los puertos para facilitar la inserción del cable de alimentación y los pines I/O.



Figura 7. Revisión de los prototipos del case y pruebas de funcionalidad.

3. Resultados

Además de demostrar la funcionalidad del prototipo de estuche para Arduino, este proyecto resalta su utilidad en la arquitectura mediante la creación de maquetas a escala.

Dichas maquetas permiten visualizar conceptos estructurales y estéticos, mejorando la comunicación entre diseñadores y clientes. Por ejemplo, los prototipos impresos permiten identificar mejoras en estructuras complejas antes de la construcción.

Los resultados obtenidos durante el desarrollo y evaluación del prototipo del case de Arduino para su aplicación en el modelado arquitectónico permitió identificar fortalezas y áreas de mejora en el diseño y la manufactura.

3.1 Desarrollo del prototipo 2D y proyección en 3D

Durante la primera fase del proyecto, se elaboró el diseño en 2D del case de Arduino utilizando el software AutoCAD. Este paso resultó esencial para definir las dimensiones generales y los componentes clave, como los puertos de entrada/salida, los puntos de montaje y las características de los orificios para tornillos. Posteriormente, el diseño fue proyectado en 3D mediante Fusion 360, lo que permitió ajustar el modelo y verificar la compatibilidad de las dimensiones.

La transición del diseño de 2D a 3D fue exitosa. Se logró un modelo tridimensional completo y detallado que respetó las dimensiones y proporciones definidas inicialmente. Las herramientas de simulación de Fusion 360 mostraron que el diseño cumplía con los estándares de fabricación y se ajustaba correctamente a los requerimientos del hardware de Arduino.

3.2 Definición de atributos y medidas

Una vez proyectado el modelo en 3D, se definieron los atributos clave del prototipo, como el grosor de las paredes, los orificios para tornillos y las aberturas para los puertos de entrada/salida. Uno de los ajustes más importantes fue reducir el grosor de las paredes del case de 5 mm a 4 mm para integrar un clip de fijación que impidiera la apertura accidental.

El cambio en el grosor de las paredes mejoró tanto la funcionalidad como la estética del diseño, sin comprometer la durabilidad del producto final. Además, se optó por utilizar PLA como material de impresión debido a su resistencia estructural y facilidad de impresión.

3.3 Proceso de impresión

El prototipo fue impreso utilizando una impresora Artillery Sidewinder con una calidad de impresión de hasta 50 micras y un diámetro de filamento de 1.75 mm. Antes de la impresión, el modelo 3D fue procesado en el software Cura, donde se realizó el slicing, ajustando los parámetros de impresión, como la densidad de relleno y las capas base.

La simulación en Cura estimó un tiempo de impresión de aproximadamente 6 horas considerando las dos partes del case, con un uso eficiente de material y mínima generación de mermas. La impresión se realizó de forma fluida, y el prototipo final presentó una excelente definición de detalles en los puertos y orificios para tornillos.

3.4 Evaluación preliminar del prototipo impreso

Una vez impreso el prototipo, se procedió a su evaluación funcional. Se realizaron pruebas físicas con una placa de Arduino, verificando que todos los componentes encajaran adecuadamente sin interferencias. Además, se revisaron las dimensiones de los orificios para tornillos y las aberturas de los puertos de entrada/salida.

La evaluación mostró que el prototipo cumplía con los requisitos funcionales, aunque se identificaron áreas menores que requerían ajustes. Se detectó la necesidad de realizar correcciones milimétricas en dos orificios para tornillos y ampliar ligeramente los puertos para facilitar la inserción de cables. Aparte de estos ajustes, el case ofreció estabilidad y resistencia a la manipulación, demostrando que era adecuado para su uso práctico.

3.5 Conclusiones preliminares

El desarrollo y la impresión del prototipo del case de Arduino demostraron la viabilidad de utilizar impresión aditiva en aplicaciones arquitectónicas y de diseño de productos. A través de un proceso iterativo, fue posible ajustar el diseño en cada fase, logrando un prototipo funcional que cumplía con los estándares de precisión y durabilidad.

Los resultados muestran que la impresión 3D es una herramienta eficiente para la creación de componentes personalizados, como el case de Arduino, permitiendo una rápida iteración de diseños y reduciendo el desperdicio de material. Los ajustes finales realizados sobre el prototipo garantizaron su funcionalidad, y el proceso de fabricación demostró ser efectivo para proyectos que requieren personalización y precisión.

3.6 Otros modelos impresos

Además del case de Arduino, se exploraron otras aplicaciones de la impresión aditiva en el campo de la arquitectura y el diseño de interiores mediante la creación de diversos modelos a escala. Se imprimió un modelo a escala de una casa con detalles arquitectónicos precisos, lo que permitió visualizar y evaluar el diseño estructural antes de la construcción real. Asimismo, se desarrolló un mueble a escala, ideal para validar conceptos de diseño de interiores y la disposición espacial dentro de maquetas arquitectónicas. Por último, se imprimieron figuras decorativas, demostrando la capacidad de la impresión 3D para producir elementos estéticos con detalles finos y complejos. Estos ejemplos no solo resaltan la versatilidad de la impresión 3D en el diseño arquitectónico y mobiliario, sino también su capacidad para transformar conceptos en prototipos tangibles con alta fidelidad. La figura 8 muestra estos modelos impresos, ilustrando cómo la tecnología puede aplicarse en distintas áreas del diseño.

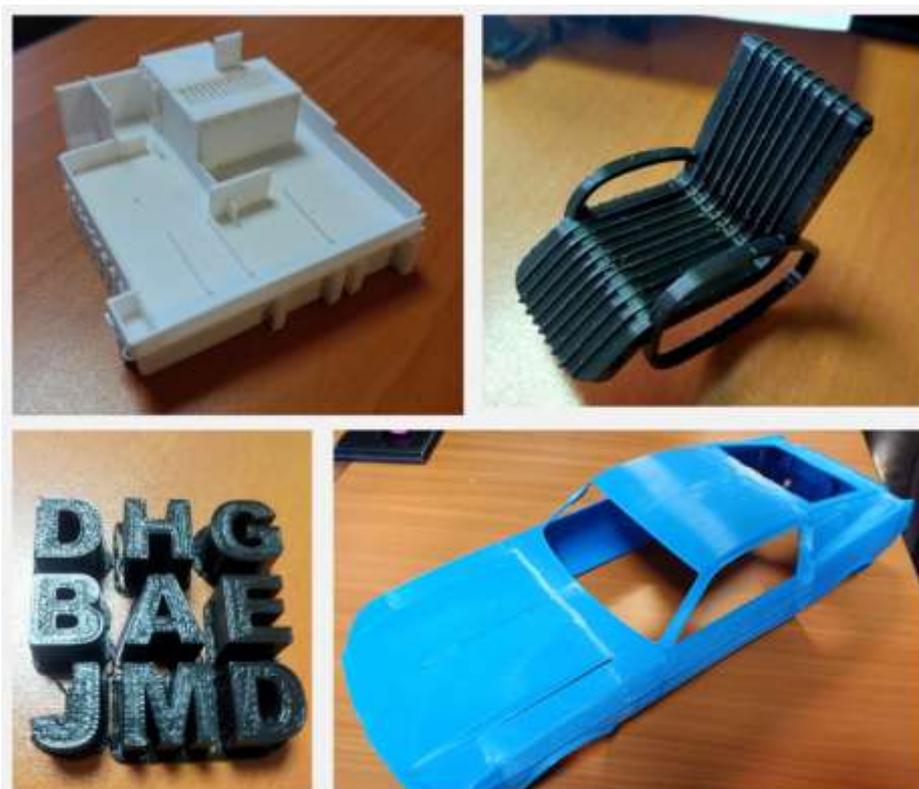


Figura 8. Modelos a escala de una vivienda, un mueble, tipografía, y un vehículo.

4. Discusión

Los resultados obtenidos en el desarrollo e impresión del case de Arduino, así como de otros modelos a escala, muestran claramente la eficiencia y versatilidad de la impresión 3D en el diseño arquitectónico y de productos. Este estudio nos permitió ver cómo la impresión aditiva tiene el poder de transformar por completo la creación de prototipos, ofreciendo la posibilidad de realizar ajustes rápidos y mejorar en cada fase del desarrollo. Esto no solo facilita el proceso, sino que también respalda lo que otros estudios ya han señalado: que la impresión 3D es una gran aliada cuando se trata de personalización y reducción de desperdicios de material [5].

La flexibilidad de ajustar las dimensiones y características del prototipo durante todo el proceso, como lo hicimos con los orificios para tornillos y puertos del case de Arduino, destaca una de las principales ventajas de esta tecnología frente a los métodos tradicionales. Estos resultados se alinean con investigaciones anteriores, que resaltan cómo la impresión 3D no solo facilita cambios durante el diseño, sino que también evita incurrir en grandes costos adicionales cuando se necesita modificar un producto [6].

Un punto clave que vale la pena destacar es la capacidad de la impresión 3D para integrar diseño funcional y estético en una sola pieza. Al crear modelos arquitectónicos y de mobiliario a escala, fue posible visualizar y evaluar físicamente estos elementos antes de llevarlos a una etapa de producción real. Esto no solo mejora la precisión del diseño, sino que también mejora la comunicación entre arquitectos, diseñadores y clientes, como ya lo sugieren [7].

En cuanto a la sostenibilidad, nuestros resultados muestran que el uso de materiales como el PLA nos permitió ser más eficientes, ya que redujimos el desperdicio de material y aprovechamos mejor los recursos. Este enfoque de manufactura más responsable con el medio ambiente refuerza lo que otros estudios han afirmado sobre la impresión aditiva: que es una alternativa más ecológica en comparación con los métodos tradicionales, que suelen desperdiciar material [8]. Además, pudimos experimentar con grosores y ajustes estructurales en el diseño, lo que demuestra que la impresión 3D permite una personalización detallada sin sacrificar la resistencia y funcionalidad.

5. Conclusiones

Este estudio abre la puerta a futuros trabajos en la optimización de procesos de impresión aditiva, especialmente en aplicaciones arquitectónicas. Incorporar otros materiales como resinas o compuestos metálicos podría ampliar las posibilidades de la impresión 3D para crear elementos estructurales más resistentes. Asimismo, el desarrollo de técnicas de impresión multicolor o multimaterial mejoraría las propiedades estéticas y funcionales de los modelos. También queda un gran potencial en la mejora de los tiempos de impresión y la simulación de la durabilidad a largo plazo de los prototipos impresos. Los hallazgos no solo confirman la utilidad de la impresión 3D en el diseño, sino que también abren nuevos horizontes para su aplicación futura.

Contribución: La conceptualización del estudio fue realizada por Margarita Benitez-Alonso y Jacqueline Marmolejo-Quintanar; la metodología fue desarrollada por Margarita Benitez-Alonso; el software fue gestionado y operado por Margarita Benitez-Alonso; la validación del modelo y los resultados fueron llevados a cabo por Herminio Flores Cortes. Todos los autores leyeron y aprobaron la versión final del manuscrito. La autoría está limitada a aquellos que contribuyeron significativamente al desarrollo y ejecución de este trabajo.

Financiamiento: Esta investigación no recibió financiamiento externo, fue financiada por Tecnológico Nacional de México a través del Instituto Tecnológico Superior de Huichapan.

Agradecimientos: Al Instituto Tecnológico Superior de Huichapan y al Tecnológico Nacional de México. Al estudiante Cesar García Luna, por su colaboración en el proceso de investigación práctica.

Conflicto de interés: Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Referencias

1. Díaz López, J.N. Retos de la cadena de suministro con la inclusión de la tecnología de impresión 3D - fabricación aditiva. *Cuadernos Latinoamericanos de Administración* 2018, 15(27). Disponible online: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=409658132012> (accedido el 14 octubre 2024).
2. Baena Pérez, L.M., Tamayo Sepúlveda, J.A., & Benitez Lozano, A.J. *Manufactura y gestión del ciclo de vida del producto (PLM)*. Instituto Tecnológico Metropolitano: Medellín, Colombia, 2022; pp. 268-280.
3. Autodesk Inc. *Autodesk: AutoCAD*, Disponible en: <https://www.autodesk.com/mx/products/autocad/overview?term=1-YEAR&tab=subscription> (acceso el 15 de octubre de 2024).
4. Autodesk Inc. *Autodesk: Fusion*, Disponible en: <https://www.autodesk.com/mx/products/fusion-360/overview?term=1-YEAR&tab=subscription> (acceso el 15 de octubre de 2024).
5. Ngo, T.D.; Kashani, A.; Imbalzano, G.; Nguyen, K.T.Q.; Hui, D. Additive manufacturing (3D printing): A review of materials, methods, applications and challenges. *Composites Part B: Engineering* 2018, 143, 172–196. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2018.02.012>
6. Gibson, I.; Rosen, D.W.; Stucker, B. *Additive Manufacturing Technologies: 3D Printing, Rapid Prototyping, and Direct Digital Manufacturing*, 2nd ed.; Springer: New York, NY, 2015. <https://doi.org/10.1007/978-1-4939-2113-3>
7. Bock, T.; Linner, T. *Robot Oriented Design: Design and Management Tools for the Deployment of Automation and Robotics in Construction*. Cambridge University Press, 2015. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107589208>
8. Gebhardt, A. *Understanding Additive Manufacturing: Rapid Prototyping, Rapid Tooling, Rapid Manufacturing*; Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG, 2012.