

Arq. Francisco Haroldo Alfaro Salazar

Director de la División Ciencias y Artes para el Diseño.

UAM Xochimilco

Informe Final de Servicio Social

Av. Ciudad Universitaria No. 3000, Col. Ciudad Universitaria, Facultad de Química, edificio B,
cuarto piso, C.P. 04510, Alcaldía Coyoacán, CDMX.

Laboratorio de materiales cerámicos

Facultad de Química, UNAM

Periodo: 23 de agosto de 2024 al 07 de marzo de 2025

Proyecto: Manufactura aditiva del laboratorio de Materiales Cerámicos

Clave: XCAD000985

Responsable del Proyecto: Dra. Ma. de Lourdes Chávez García

Asesor Interno: Mtra. Karen Yarely Silva Salvador



Angélica Ojeda Ortega

Matrícula: 2202037887

Licenciatura: Diseño Industrial

División de Ciencias y Artes para el Diseño

Correo electrónico:
angyojedaortega10@gmail.com

Introducción

El grupo de investigación del laboratorio de Materiales Cerámicos, de la Facultad de Química de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) se ha centrado en la investigación para desarrollar pigmentos cerámicos con estructuras de perovskitas integrando otras propiedades como luminiscencia y paramagnetismo mediante el método de combustión de geles; geo polímeros para la industria de la construcción en sustitución del cemento Portland y de biomateriales cerámico-polímero, entre otros.

La manufactura aditiva es un proceso que permite la fabricación de objetos tridimensionales mediante la adición sucesiva de material en capas, siendo la impresión 3D una de sus aplicaciones más destacadas. Esta tecnología transforma modelos digitales en objetos físicos con alta precisión y ha llegado a convertirse en un eje fundamental para la investigación y el desarrollo de nuevos materiales. En este contexto, se iniciaron la síntesis de biomateriales mediante impresión 3D, específicamente en el desarrollo de andamios para aplicaciones médicas, como sustitución y reemplazo óseo. Asimismo, la fabricación aditiva de pastas cerámicas ha cobrado relevancia en el laboratorio de Materiales Cerámicos, ya que permite mejorar las prácticas y el análisis de los proyectos en curso. Todo esto contribuye a la formación de profesionistas cada vez más capacitados en el uso, exploración y manejo de tecnologías emergentes.

Objetivo

Objetivo General

El propósito central del proyecto fue el estudio y aplicación de tecnologías de impresión 3D, tanto por filamento como por inyección de pastas, enfocadas en el trabajo con materiales cerámicos dentro del Laboratorio de Materiales Cerámicos de la Facultad de Química de la Universidad Nacional Autónoma de México. Esta iniciativa buscó facilitar y fortalecer el desarrollo de proyectos de investigación mediante el aprovechamiento de la manufactura aditiva.

Objetivos Particulares

- Apoyar en la comprensión, uso y optimización de tecnologías de impresión 3D aplicadas a materiales cerámicos, tanto en modalidad de filamento como de pasta.
- Contribuir a la creación de instructivos que expliquen el funcionamiento de las impresoras 3D utilizadas en el laboratorio.

- Compartir avances y resultados obtenidos semanalmente durante seminarios internos.
- Realizar pruebas de impresión con diversos materiales poliméricos, evaluando parámetros y condiciones óptimas.
- Ejecutar ensayos de compresión en andamios impresos con diferentes filamentos, con el fin de comparar su comportamiento mecánico.
- Colaborar en el rediseño y mejora del sitio web del Laboratorio de Materiales Cerámicos para una mejor divulgación de actividades y proyectos.

Actividades realizadas

Capacitación en Impresión 3D con Filamentos Poliméricos

La experiencia comenzó con el aprendizaje del uso de los programas “CURA” y “FlashPrint”, software especializado para configurar archivos digitales destinados a impresión 3D. Posteriormente, se llevaron a cabo pruebas de impresión utilizando la impresora 3D Flashforge Creator Pro-2, un equipo que destaca por su doble extrusor y por ser una impresora de cabina cerrada, la cual permite imprimir con múltiples materiales o colores simultáneamente. Esta impresora es compatible con diversos filamentos, como PLA, ABS, PETG, entre otros.

Las pruebas realizadas estuvieron orientadas a definir los parámetros óptimos de impresión: velocidades, temperaturas de extrusión, altura de capa y flujo de material, etc. El objetivo fue obtener piezas impresas con alta precisión, buen acabado superficial, resistencia adecuada y sin defectos visibles.

Las pruebas de impresión que se realizaron para la comprensión del uso del equipo fueron objetos decorativos en los que se usaron materiales poliméricos como PLA, PETG, ABS y TPU, utilizando los siguientes parámetros:

- **PLA:** Temperatura de cama 50°C / Extrusor: 200°C
- **TPU:** Temperatura de cama 60°C / Extrusor: 210°C
- **ABS:** Temperatura de cama 80°C / Extrusor: 230°C
- **PETG:** Temperatura de cama 80°C / Extrusor: 240°C

Se obtuvieron resultados positivos como buena adhesión de la primera capa a la cama, relleno consistente, medidas correctas y ausencia de deformaciones en la impresión de los objetos.

Esta etapa resultó fundamental para comprender los múltiples factores que inciden en el éxito de la manufactura aditiva, tales como:

- **Del material:** viscosidad, adherencia, tipo de polímero.
- **Del proceso:** temperatura, velocidad, flujo, enfriamiento.
- **Del modelo:** precisión, orientación, relleno, espesor de pared.
- **De la máquina:** calibración, tipo de boquilla, mantenimiento.
- **Factores externos:** humedad, temperatura y circulación del aire.

Además, se adquirió experiencia práctica a través de la impresión constante de piezas, lo que permitió afinar habilidades técnicas y fortalecer el conocimiento sobre el comportamiento de los distintos materiales, fig. 1.



Fig 1. Primeras pruebas de impresión 3D, fotografías tomadas por Angélica Ojeda Ortega, 2024

Además, estas prácticas permitieron continuar con el diseño y la posterior impresión de piezas funcionales requeridas para el correcto funcionamiento de las impresoras Flashforge Creator Pro y MakerMex, lo cual resultó esencial para mantener la operatividad de los equipos durante el desarrollo del proyecto.

Reparación y Ajuste de Equipos

La segunda impresora 3D con la que cuenta el laboratorio es el modelo MM1 de MakerMex, diseñada para trabajar con distintos módulos de extrusión, entre ellos uno especializado en pastas cerámicas. Este módulo opera mediante un sistema que utiliza

una jeringa como depósito del material, un tubo conductor y un conjunto de boquillas intercambiables instaladas en el cabezal de impresión, Fig. 2.



Fig. 2. Módulo de pastas MM1, Imagen recuperada de Maker Mex.com, 2024

Durante el análisis inicial del funcionamiento de la MM1, se detectó una carencia general de documentación técnica, lo que motivó la realización de múltiples pruebas experimentales para comprender mejor su operación. A partir de estas pruebas, se identificaron diversas fallas mecánicas en componentes clave del módulo de pastas, particularmente en el engranaje y el soporte del motor, los cuales comenzaban a presentar fracturas debido al esfuerzo de extrusión.

Se observó también que el uso de pastas cerámicas provocaba la deformación de los empaques del émbolo de la jeringa, lo cual afectaba la capacidad del sistema para empujar el material con eficacia, haciendo necesario su reemplazo frecuente. Asimismo, se comprobó que la jeringa original del equipo era más larga (12 mm adicionales) que las comerciales estándar, a pesar de tener la misma capacidad (60 ml), lo que representó un reto para su sustitución.

Ante estos desafíos, se procedió a la reparación y rediseño de las piezas dañadas. Se tomaron las medidas precisas de los componentes y se modelaron en Autodesk Inventor, software instalado en el equipo del laboratorio. Las primeras versiones fueron impresas en PLA con la impresora Creator Pro, y tras validar su funcionamiento, se fabricaron en materiales más resistentes como PETG, ABS y PLA de fibra de carbono, (en el caso del engrane) Fig. 3. para garantizar una mayor durabilidad.



Fig 3. Engrane impreso en filamento de PLA de carbono, fotografías tomadas por Angélica Ojeda Ortega, 2025

También se desarrolló una pieza adaptadora para la jeringa, diseñada para corregir la diferencia de longitud sin comprometer su rigidez estructural. Esta se integró en la parte superior de la jeringa para mantener la alineación correcta dentro del módulo de extrusión.

Con las piezas de repuesto instaladas, se procedió a iniciar las primeras pruebas funcionales del módulo con barbotina, una mezcla de arcilla y agua tradicionalmente utilizada en cerámica para pegar, decorar o reproducir piezas. Estos ensayos marcaron el inicio de una etapa experimental centrada en el perfeccionamiento de las formulaciones cerámicas y el comportamiento del sistema bajo condiciones reales de impresión.

Pruebas con pastas cerámicas

Se llevaron a cabo diversas pruebas con formulaciones cerámicas para evaluar su comportamiento durante la impresión 3D y optimizar tanto la fluidez como la estabilidad estructural del material extruido.

Prueba 1: Barbotina con agua

En los ensayos iniciales se utilizó barbotina como material base. Sin embargo, su alta viscosidad dificultó el paso del material a través de la jeringa, afectando la extrusión. Al intentar reducir la viscosidad para mejorar el flujo, la mezcla perdió estabilidad, generando capas débiles y deformadas. Aunque finalmente se obtuvo una consistencia más adecuada, el motor de la impresora requería un esfuerzo excesivo, lo que llevó a explorar nuevas formulaciones.

Prueba 2: Caolín con agua

Se realizaron mezclas de caolín con agua en diferentes proporciones. La combinación más efectiva fue 65% de caolín y 35% de agua, logrando una buena fluidez y estabilidad de las capas durante la impresión. No obstante, tras el secado y la quema, las piezas resultaron frágiles y propensas a romperse fácilmente. Esta debilidad estructural, atribuida a la baja plasticidad del caolín, evidenció la necesidad de añadir aditivos que mejoraran sus propiedades mecánicas.

Prueba 3: Barbotina con caolín

Se intentó mejorar la extrusión y control del material mezclando barbotina con caolín en distintas proporciones. A pesar de los ajustes, la mezcla adquirió una consistencia que sobrecargó el módulo de extrusión, provocando daños mecánicos. Esto subrayó la importancia de encontrar una formulación que ofreciera buena fluidez sin comprometer el equipo.

Prueba 4: Barbotina con silicato de sodio

El silicato de sodio, utilizado como defloculante para reducir la viscosidad de la barbotina, se probó en concentraciones menores al 1%. Aunque ayudó a prevenir burbujas y mejoró el secado, no fue suficiente para garantizar una extrusión fluida, y el material seguía presentando dificultades para fluir correctamente por la manguera y la boquilla.

Prueba 5: Barbotina con etilenglicol, bentonita y alcohol

Finalmente, se alcanzó una formulación óptima añadiendo etilenglicol, bentonita, alcohol etílico y agua (añadida al final para controlar la consistencia). Esta mezcla demostró excelente fluidez, no generó obstrucciones ni sobrecargó el sistema de extrusión, y permitió obtener piezas con superficies definidas, capas bien adheridas y adecuada resistencia estructural. Fig. 4.

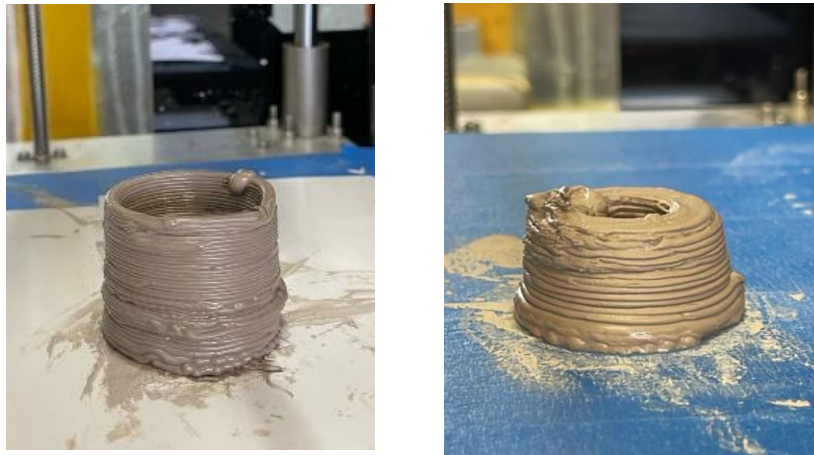


Fig. 4. Pruebas de impresión 3d, utilizando barbotina, etilenglicol, bentonita y alcohol, fotografías tomadas por Angélica Ojeda Ortega, 2025

Además, se implementó un sistema de secado con aire frío durante el proceso de impresión, lo cual contribuyó a mantener la estabilidad dimensional de las piezas sin comprometer la fluidez del material. Esta formulación representó un avance significativo en la investigación de pastas cerámicas para impresión 3D, no solo por su buen desempeño técnico, sino también por su compatibilidad con los parámetros operativos del equipo.

Este resultado permitió replicar exitosamente el proceso en presencia de académicos del departamento, con el objetivo de documentarlo y facilitar su futura aplicación en otros estudios e investigaciones dentro del área de materiales cerámicos.

Cabe destacar que la proporción de agua y aditivos empleados debe ajustarse en función de la cantidad de barbotina utilizada. Asimismo, es fundamental dejar reposar la mezcla durante al menos 15 minutos antes de cargarla en el módulo de impresión, a fin de asegurar una integración homogénea de los componentes y un comportamiento estable durante la extrusión.

Ensayos mecánicos

En la etapa final del proyecto se llevaron a cabo pruebas de compresión en piezas impresas en 3D, utilizando diversos materiales como PLA, PLA de fibra de carbono y ABS. Estas pruebas permitieron evaluar la resistencia mecánica de los modelos fabricados mediante manufactura aditiva.

Las pruebas de compresión son ensayos mecánicos fundamentales en los que se aplica una carga uniaxial sobre una muestra, con el objetivo de analizar su comportamiento ante esfuerzos de compresión y su capacidad de deformarse sin fallar. Esta información resulta clave para determinar la viabilidad de un material en aplicaciones estructurales o funcionales. Las mediciones se realizaron con la máquina Humboldt HM2800, un equipo especializado en ensayos de compresión uniaxial. Humboldt es una marca reconocida internacionalmente por la fabricación de equipos de laboratorio de alta precisión, como instrumentos de medición, prensas y máquinas de prueba.

Este tipo de análisis proporciona datos esenciales para el diseño, validación y control de calidad de materiales, asegurando que cumplan con normas técnicas y requerimientos específicos de resistencia y durabilidad. En el contexto del laboratorio, los resultados de estas pruebas aportan una base sólida para la selección y optimización de materiales utilizados en impresión 3D.



Fig. 5. Pruebas de resistencia a la compresión de materiales poliméricos por Angélica Ojeda Ortega, 2025

Diseño y difusión

Durante el servicio social, tuve la oportunidad de participar en seminarios interdisciplinarios junto a estudiantes de las licenciaturas en Ingeniería Química e

Ingeniería Química Metalúrgica, quienes también desarrollan proyectos de investigación dentro del Laboratorio de Materiales Cerámicos. Estos encuentros sirvieron como espacios valiosos de intercambio de conocimientos, donde los estudiantes compartieron sus avances en temas como pigmentos cerámicos y esmaltes aplicados en metales, abordando aspectos técnicos relacionados con su composición, propiedades fisicoquímicas y aplicaciones industriales.

Por mi parte, compartí tanto los conocimientos adquiridos durante el taller de cerámica de la Licenciatura en Diseño Industrial, como los avances técnicos obtenidos en el laboratorio, especialmente en la impresión 3D con diversos filamentos y en la optimización del sistema de extrusión de la impresora MM1, utilizada posteriormente para la impresión con barbotina cerámica.

Este intercambio resultó altamente enriquecedor, ya que me permitió ampliar mi perspectiva sobre los materiales cerámicos, integrando conceptos de diseño, química e ingeniería. La colaboración con perfiles diversos fortaleció el enfoque multidisciplinario del laboratorio y evidenció el potencial de la interacción entre campos para el desarrollo de nuevas soluciones tecnológicas.



Fig. 6. Capturas de presentaciones presentadas en los seminarios, por Angélica Ojeda Ortega, 2024

Documentación técnica

Gracias a los conocimientos adquiridos durante el desarrollo del proyecto, fue posible elaborar manuales de uso y videos explicativos para las impresoras 3D del laboratorio, tanto para el modelo Flashforge Creator Pro como para la MakerMex MM1. Estos materiales incluyeron instrucciones detalladas sobre el funcionamiento de los equipos, parámetros de impresión, mantenimiento básico, calibración, y recomendaciones de uso para distintos tipos de materiales, como filamentos poliméricos y pastas cerámicas.



Fig. 7. Captura del manual para las impresoras 3D del laboratorio, por Angélica Ojeda Ortega, 2025

El objetivo principal de esta documentación fue facilitar la capacitación de futuros usuarios, especialmente estudiantes y docentes interesados en integrar la manufactura aditiva a sus proyectos de investigación o desarrollo académico. Asimismo, los videos permiten visualizar el proceso paso a paso, haciendo más accesible el aprendizaje para aquellos que no tienen experiencia previa con este tipo de tecnología.

Esta iniciativa también busca fomentar el uso transversal de la impresión 3D en otras áreas de la universidad, promoviendo la colaboración interdisciplinaria y expandiendo las posibilidades de aplicación de estas herramientas en campos como el diseño, la ciencia de materiales, la ingeniería, la arquitectura e incluso la medicina. De este modo, se contribuye a la construcción de una comunidad académica más integrada e

innovadora, donde la tecnología pueda ser explorada y adaptada a distintas necesidades formativas y de investigación.

Metas alcanzadas

Durante mi servicio social en el Laboratorio de Materiales Cerámicos logré cumplir con una serie de objetivos que contribuyeron significativamente a mi formación profesional y académica. A través de la participación en proyectos experimentales, el trabajo interdisciplinario y el uso de tecnologías emergentes, consolidé habilidades técnicas, analíticas y de comunicación que fortalecen mi perfil como diseñadora industrial. Las metas alcanzadas fueron:

- **Dominio técnico en impresión 3D:** Adquirí conocimientos prácticos en el uso de impresoras 3D con filamento y pasta cerámica, comprendiendo configuraciones, parámetros operativos y mantenimiento del equipo.
- **Formulación de pastas cerámicas funcionales:** Desarrollé y optimicé mezclas adecuadas para impresión 3D, logrando resultados satisfactorios en términos de fluidez, resistencia y definición de capas.
- **Recuperación y mejora de maquinaria:** Modelé e imprimí piezas de repuesto que restauraron el funcionamiento del módulo de extrusión de la impresora MakerMex MM1, lo que permitió continuar con los ensayos experimentales.

- **Producción de material didáctico:** Elaboré manuales de uso y videos explicativos que facilitan la capacitación de futuros usuarios, promoviendo la adopción de tecnologías de manufactura aditiva en la universidad.
- **Intercambio interdisciplinario de conocimientos:** Participé en seminarios con estudiantes de ingeniería, aportando desde el diseño industrial y aprendiendo sobre pigmentos y esmaltes cerámicos, lo que enriqueció mi comprensión de los materiales.
- **Aplicación de ensayos mecánicos:** Realicé pruebas de compresión en piezas impresas, generando información valiosa sobre las propiedades estructurales de diferentes filamentos.
- **Fortalecimiento de habilidades profesionales:** Mejoré mi manejo de software de modelado (Autodesk Inventor), así como mis capacidades para documentar, analizar resultados y comunicar procesos técnicos de manera clara y efectiva.

Conclusiones

Mi servicio social realizado en el Laboratorio de Materiales Cerámicos de la Facultad de Química representó una experiencia integral que combinó el diseño industrial con la investigación científica, permitiéndome aplicar y ampliar mis conocimientos en manufactura aditiva y tecnología de materiales.

La oportunidad de trabajar con tecnologías de impresión 3D tanto en filamento como en pastas cerámicas me permitió comprender a profundidad los desafíos técnicos y materiales que implica este tipo de procesos. A través de pruebas, ajustes de parámetros, y formulación de mezclas, fue posible lograr resultados exitosos que podrán ser replicados en futuras investigaciones dentro del laboratorio; Además, la colaboración con otras disciplinas y la participación en seminarios me ayudaron a construir una perspectiva más amplia sobre el potencial de los materiales cerámicos, reforzando la importancia del trabajo interdisciplinario entre diseño, química e ingeniería.

El desarrollo de materiales de apoyo como manuales y videos, contribuyeron no solo al proyecto, sino también a la formación de una base de conocimiento accesible para otros miembros de la comunidad universitaria.

En lo personal y profesional, esta experiencia fortaleció mis habilidades técnicas, mi capacidad de análisis, mi gestión del tiempo y mi compromiso con el trabajo colaborativo. Me permitió visualizar nuevas áreas de aplicación del diseño industrial en contextos

científicos y tecnológicos, motivándome a continuar explorando la intersección entre creatividad, ciencia y tecnología.

Este servicio social fue una experiencia enriquecedora, formativa y de gran valor académico, que no solo aportó al desarrollo del laboratorio, sino que también marcó un paso importante en mi crecimiento como diseñadora con visión interdisciplinaria.

Recomendaciones

Para quienes deseen continuar con este proyecto o emprender líneas de investigación similares en el Laboratorio de Materiales Cerámicos, se sugieren las siguientes recomendaciones:

- Es recomendable registrar proporciones, parámetros y resultados para identificar mejoras, evitar errores repetidos y facilitar el trabajo colaborativo.
- Es fundamental limpiar correctamente las impresoras, especialmente el módulo de pastas cerámicas. Si la barbotina se seca dentro del sistema, puede obstruir engranajes, forzar el motor y comprometer el funcionamiento del equipo. Una limpieza deficiente no solo afecta el rendimiento de la impresora, sino también los resultados de futuras pruebas.
- Aunque se logró desarrollar una formulación funcional y se obtuvieron buenos resultados en las pruebas realizadas, el tiempo restante en el servicio social, no permitió experimentar con modelos de geometría más avanzada ni explorar a profundidad todas las variables de diseño. Se recomienda, por tanto, continuar con la investigación probando nuevas composiciones cerámicas y aplicando la tecnología en estructuras más complejas, con el fin de evaluar con mayor precisión sus capacidades, limitaciones y potencial en aplicaciones reales.

Bibliografía

MakerMex. (s.f.). Módulo de pastas MM1. Recuperado de <https://makermex.com/shop/product/modulo-de-pastas-mm1-11>

Humboldt. (s. f.). HM-2800_man_0808 (Product manual). https://www.humboldtmfg.com/legacy-manuals/HM2800_man_0808.pdf

CIDESI. (s.f.). ¿Qué es la manufactura aditiva? Recuperado de <https://cidesi.com/que-es-la-manufactura-aditiva/>

Fig. 1,3,4, 5, 6, 7 por Angélica Ojeda Ortega