

**PROPUESTA DE UN DISPOSITIVO CERÁMICO PARA LA  
MEDICIÓN DE INGREDIENTES SÓLIDOS DE GRANOS FINOS EN  
PERSONAS CON BAJA VISIÓN**

LAURA PÉREZ RENDÓN

Trabajo de grado para optar al título de Diseñador Industrial

Asesor(es)

ALEJANDRO ALBERTO ZULETA GIL

ANA MARIA LOTERO ARIAS

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA  
ESCUELA DE ARQUITECTURA Y DISEÑO  
FACULTAD DE DISEÑO INDUSTRIAL  
PROGRAMA DE DISEÑO INDUSTRIAL  
MEDELLÍN  
2025

# PROPUESTA DE UN DISPOSITIVO CERÁMICO PARA LA MEDICIÓN DE INGREDIENTES SÓLIDOS DE GRANOS FINOS EN PERSONAS CON BAJA VISIÓN

Laura Pérez Rendón

Facultad de Diseño Industrial, Universidad Pontificia Bolivariana, Sede Medellín, Circular 1 N° 70-01, Medellín, Colombia

## Resumen

El proyecto investigativo “*Propuesta de un dispositivo cerámico accesible para la medición de ingredientes sólidos de granos finos en personas con baja visión*”, aborda la problemática que enfrentan las personas con discapacidad visual al realizar actividades en la cocina como la dosificación de alimentos sólidos de grano fino, específicamente para aquellos usuarios que padecen enfermedades visuales tales como: Cataratas, Glaucoma, Rinopatía Diabética y Degeneración Macular asociada a la edad (DMAE). Estas condiciones afectan a un número considerable de personas, y según el censo del Instituto Nacional Para Ciegos (INCI), el 60% de la población presenta problemas de baja visión, y a menudo estas personas se encuentran en entornos que no están diseñados para satisfacer sus necesidades específicas. Tanto los espacios públicos como privados carecen de las adaptaciones necesarias, lo que limita aún más la autonomía y la seguridad de quienes padecen dificultades visuales.

Esta investigación surge a partir de la necesidad de desarrollar soluciones inclusivas y accesibles que faciliten la dosificación de ingredientes sólidos de grano fino en la cocina, como la sal, el azúcar y la pimienta, promoviendo así la autonomía e inclusión de las personas con discapacidad visual.

Así, el estudio emplea herramientas de percepción táctil y tecnologías como la impresión 3D en arcilla cerámica y PETG para diseñar un utensilio cilíndrico con relieves estratégicos que permitan la identificación funcional del objeto. Estos relieves facilitan el reconocimiento de la pieza y mejoran su morfología en comparación a los objetos de cocina convencionales, permitiéndole a los usuarios dosificar los alimentos sólidos de grano fino con mayor precisión y mejorar su agarre ergonómico durante el uso.

Para el desarrollo de este trabajo, se diseñaron modelos de empatía y modelos de simulación a escala real los cuales fueron validados tanto con usuarios que padecen de baja visión, como por personas sin dificultades visuales. Estos participantes resaltaron la importancia de la relación dimensional del objeto y la forma, así como la implementación de diferentes texturas y la combinación de materiales para su diferenciación. En las pruebas, las formas cilíndricas primarias obtuvieron buenos resultados, ya que facilitaron la identificación espacial del objeto y su forma de uso de manera eficiente. Además, la textura inspirada en el sistema braille les permitió a los usuarios mejorar su experiencia sensorial por medio del tacto y las distintas áreas que componen la pieza, junto con su materialidad, comprobando la eficiencia en su agarre, higiene y seguridad.

La investigación concluye que el diseño inclusivo, respaldado por la impresión 3D y la combinación de materiales como el PETG y la cerámica, permite mejorar la funcionalidad de los utensilios de medición existentes a través de un rediseño basado en sus formas principales. Este enfoque optimiza la morfología del objeto, facilitando la dosificación precisa de ingredientes sólidos de grano fino para personas con discapacidad visual, promoviendo así su autonomía y seguridad en la cocina.

Asimismo, se resalta el valor del diseño inclusivo y su potencial para mejorar la calidad de vida de estas personas, al ofrecer soluciones accesibles que optimicen su experiencia en el entorno culinario.

**Palabras clave:** Diseño inclusivo; Impresión 3D; Baja visión; Utensilios adaptados; Ergonomía.

## Abstract

The research project "Proposal for an Accessible Ceramic Device for Measuring Fine-Grained Solid Ingredients for People with Low Vision" addresses the problems faced by people with visual impairments when performing kitchen activities such as measuring fine-grained solid foods, specifically for those users who suffer from visual conditions such as cataracts, glaucoma, diabetic rhinopathy, and age-related macular degeneration (AMD). These conditions affect a considerable number of people, and according to the National Institute for the Blind (INCI) census, 60% of the population has low vision problems, and these individuals often find themselves in environments not designed to meet their specific needs. Both public and private spaces lack the necessary adaptations, further limiting the autonomy and safety of those with visual impairments.

This research arose from the need to develop inclusive and accessible solutions that facilitate the dosing of fine-grained solid ingredients in the kitchen, such as salt and sugar, thus promoting the autonomy and inclusion of people with visual impairments. Thus, the study uses tactile perception tools and technologies such as 3D printing in ceramic clay to design a cylindrical utensil with strategic reliefs that allow for functional identification of the object. These reliefs facilitate recognition of the piece and improve its morphology compared to conventional kitchen objects, allowing users to dose fine-grained solid foods more precisely and improving their ergonomic grip during use.

For this work, empathy models and full-scale simulation models were designed and validated with both low-vision and non-visual users. These participants highlighted the importance of the object's dimensional relationship with its shape, as well as the use of different textures and material combinations for differentiation. In the tests, the primary cylindrical shapes performed well, facilitating efficient spatial identification of the object and its use. Furthermore, the Braille-inspired texture allowed users to enhance their sensory experience through touch and the different areas comprising the piece, along with its materiality, confirming its grip efficiency and safety.

The research concludes that inclusive design, supported by 3D printing and the combination of materials such as PETG and ceramics, allows for improved functionality of existing measuring utensils through a redesign based on their primary shapes. This approach optimizes the object's morphology, facilitating the precise dosing of fine-grained solid ingredients for people with visual impairments, thus promoting their autonomy and safety in the kitchen.

It also highlights the value of inclusive design and its potential to improve the quality of life of these individuals by offering accessible solutions that optimize their experience in the culinary environment.

**Keywords:** Inclusive design; 3D printing; Low vision; Adapted utensils; Ergonomics.

## 1. Introducción

La *"Propuesta de un dispositivo cerámico accesible para la medición de ingredientes finos en personas con baja visión"* surge de la necesidad de satisfacer las necesidades y minimizar los retos que enfrentan las personas con discapacidad visual en su vida cotidiana a la hora de medir ingredientes sólidos de grano fino como la sal, el azúcar y la pimienta. En Colombia, alrededor de 1.9

millones de ciudadanos, lo que representa el 4% de la población, lidian con esta condición de discapacidad visual y a menudo se encuentran en entornos que no están diseñados para satisfacer sus necesidades específicas. Tanto los espacios públicos como privados carecen de las adaptaciones necesarias para ellos, lo que limita aún más la autonomía y la seguridad de quienes padecen dificultades visuales.

Las personas con baja visión constituyen una población significativa a nivel mundial. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), más de 285 millones de personas tienen alguna forma de discapacidad visual, y de ellas, 246 millones padecen baja visión, una condición que no puede corregirse completamente con lentes (World Health Organization, 2011). En Colombia, esta problemática afecta a un número considerable de personas, y según el censo del Instituto Nacional Para Ciegos (INCI), el 60% de la población presenta problemas de visión, y dentro de este grupo, el 70% tiene baja visión, mientras que el 30% padece ceguera. Las patologías más prevalentes son las cataratas, con un rango de 54.7% al 67.61%, el desprendimiento de retina con un 14.08% al 14.2% y el glaucoma, que impacta al 2.82% de la población a nivel nacional, pero llega al 23% - 24% a nivel continental. Además, un estudio realizado a 612 personas reveló que el 24% tenía degeneración macular asociada a la edad (DMAE) (World Health Organization, 2011).

Uno de los aspectos más importantes al cocinar con pérdida de visión es la organización dentro de la cocina, ya que un espacio bien estructurado facilita la localización eficiente de los ingredientes y utensilios. Para ello, el etiquetado juega un papel clave, utilizando métodos como puntos adhesivos, etiquetas con letras grandes y pintura en relieve para identificar los recipientes de manera accesible.

Sin embargo, a pesar de estos avances en organización, aún persiste la falta de utensilios de cocina diseñados específicamente para personas con discapacidad visual, que les permitan medir con precisión ingredientes sólidos de grano fino. Ante esta problemática, la investigación se enfoca en el desarrollo de soluciones inclusivas que respondan a las necesidades específicas de los usuarios, considerando las limitaciones que presentan debido a diversas patologías visuales.

Para ello, se han identificado cuatro afecciones principales que afectan la experiencia en la cocina: cataratas, retinopatía diabética, degeneración macular asociado a la edad (DMAE) y glaucoma.

Uno de los aspectos más importantes al cocinar con pérdida de visión es la organización del espacio, ya que una cocina bien estructurada facilita la localización eficiente de los ingredientes y utensilios. Para ello, el etiquetado juega un papel clave, utilizando métodos como puntos adhesivos, etiquetas con letras grandes y pintura en relieve para identificar los recipientes de manera accesible.

Sin embargo, aunque estas estrategias mejoran la accesibilidad dentro de la cocina, no resuelven por completo los desafíos que enfrentan las personas con discapacidad visual al manipular diferentes ingredientes y utensilios.

Una de las principales dificultades es la medición precisa de ingredientes sólidos de grano fino, tarea que puede verse afectada por las limitaciones visuales y la falta de utensilios diseñados específicamente para estas necesidades.

En este contexto, la investigación se centra en el desarrollo de soluciones inclusivas que respondan a las particularidades de los usuarios con discapacidad visual, considerando los efectos de diversas afecciones en su percepción del entorno. Entre estas patologías, se encuentran las cataratas, que generan visión nublada o borrosa, alteran la percepción del color y provocan sensibilidad a la luz, dificultando la identificación de ciertos elementos. La degeneración macular asociada a la edad (DMAE) afecta la visión central, causando distorsión, opacidad y desvanecimiento de los colores, además de la aparición de una mancha oscura que se expande gradualmente (Pulgarín Escobar, 2017). Por su parte, la retinopatía diabética, derivada de la diabetes, presenta síntomas similares a la DMAE, afectando progresivamente la visión. Finalmente, el glaucoma reduce el campo visual de manera progresiva, impactando principalmente la visión periférica.

Ante este panorama, este estudio propone el desarrollo de un utensilio accesible mediante impresión 3D en cerámica y PETG, diseñado para mejorar la precisión en la medición de ingredientes sólidos de grano fino en personas con discapacidad visual. La accesibilidad del objeto se aborda a través de su ergonomía, morfología y facilidad de uso, asegurando una experiencia segura y eficiente en la cocina.

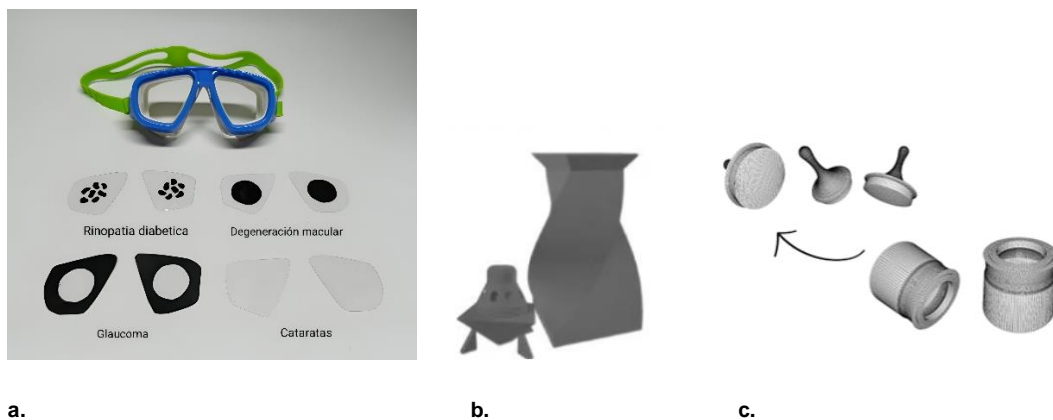
El diseño se basa en una estructura que permite un agarre firme y estable, reduciendo el riesgo de derrames y posibilitando su manipulación con una sola mano. Además, su morfología facilita la identificación del objeto y su uso, permitiendo a los usuarios reconocer intuitivamente sus funciones mediante el tacto y la visión residual. Las formas del utensilio, junto con las texturas táctiles y contrastes visuales, refuerzan esta identificación, haciendo que su manipulación sea más intuitiva.

Para su fabricación, se utiliza impresión 3D en cerámica para el cuerpo principal del utensilio, proporcionando resistencia, seguridad alimentaria y facilidad de limpieza. El mecanismo de dosificación y otros componentes se imprimen en PETG, un material liviano que mejora la funcionalidad, la resistencia y el ensamblaje del objeto. Gracias a su diseño modular, las piezas pueden unirse con precisión, asegurando un uso eficiente y garantizando una limpieza fácil.

## 2. Metodología

Para alcanzar los objetivos de la investigación, se recopiló y analizó información relacionada con la accesibilidad en la medición de ingredientes sólidos de grano fino para personas con discapacidad visual. El estudio se centró en cuatro patologías específicas: cataratas, retinopatía diabética, degeneración macular y glaucoma. La información fue obtenida de artículos científicos disponibles en Google Académico y repositorios universitarios como los de la Universidad de Antioquia (UdeA) y la Universidad Nacional de Colombia (UNAL). Esta información se organizó a través de fichas de análisis y diagramas de Venn, que permitieron identificar similitudes y diferencias entre las afecciones visuales.

Con base en los hallazgos obtenidos en la etapa de investigación, se desarrolló un modelo de empatía utilizando gafas de simulación, siguiendo los lineamientos del estudio de Juniat et al. (2021). Este modelo permitió que estudiantes de la UPB y usuarios referenciados experimentaran de manera controlada las limitaciones visuales asociadas a diferentes patologías como cataratas, glaucoma, retinopatía diabética y degeneración macular. Durante las pruebas de validación, los participantes interactuaron con los prototipos impresos en cerámica 3D y PETG, los cuales simulaban utensilios destinados a medir los diferentes ingredientes sólidos de grano fino como la sal, el azúcar o la pimienta. Estos modelos se puede evidenciar en la figura 1.





**Figura 1.** (a) Visores y elementos que simulan cataratas, Glaucoma, Rinopatía diabética y DMAE. Y (b, c, e) fueron los prototipos diseñados y utilizados en los modelos de empatía

Para validar los prototipos, se aplicaron pruebas centradas en las necesidades específicas de personas con discapacidad visual. Estas pruebas consideraron factores clave como la precisión en la dosificación de ingredientes sólidos de grano fino, la seguridad y comodidad en el agarre, la ergonomía del utensilio en relación con el tamaño y peso de la mano, y la posibilidad de diferenciación táctil a través de texturas y patrones en relieve. Asimismo, se tuvo en cuenta el contraste visual entre materiales y colores, con el fin de favorecer la autonomía del usuario y reducir errores durante el uso.

Finalmente, los modelos fueron validados por usuarios con discapacidad visual, quienes participaron activamente en las distintas fases del proceso. Las pruebas de validación permitieron identificar fortalezas y oportunidades de mejora, guiando los ajustes necesarios para optimizar la usabilidad, accesibilidad y eficacia del producto final. Los resultados obtenidos se registraron mediante fotografías, videos y encuestas digitales, lo que ayudó a rectificar la efectividad del diseño.

Consecuentemente, se realizó una búsqueda bibliográfica orientada a profundizar la relación entre el diseño de utensilios de cocina y la accesibilidad para personas con discapacidad visual, con especial atención en la dosificación de ingredientes sólidos de grano fino. Esta revisión abordó variables como la percepción táctil, el contraste visual, la ergonomía y la morfología, las cuales repercuten directamente en la autonomía, seguridad y precisión durante el uso. Uno de los principales referentes teóricos fue el artículo *Design and evaluation of a kitchen for persons with visual impairments*. *Journal of Assistive Technologies*, Kutintara, P., & Chamnongthai, K. (2013). El cual establece los lineamientos para el diseño inclusivo de utensilios de cocina. El estudio destaca la importancia de incorporar texturas diferenciables, formas reconocibles y mecanismos de medición intuitivos, aspectos que fundamentaron las decisiones proyectuales adoptadas en esta investigación.

A partir de estos lineamientos y del análisis de necesidades detectadas en la fase de validación inicial, se diseñaron varios modelos utilizando el software Rhinoceros 3D. Estos modelos fueron prototipados en dos materiales distintos: cerámica, mediante impresión especializada y cocción posterior; y PETG, utilizando impresoras 3D convencionales asistidas por los programas UltiMaker Cura y Simplify3D. Los prototipos en cerámica fueron desarrollados en forma completa, incorporando tres variaciones de diámetro en los relieves exteriores correspondiendo a 2, 3 y 5 mm, con el fin de evaluar su legibilidad táctil, seguridad de agarre y limpieza.

### 3. Resultados y discusión

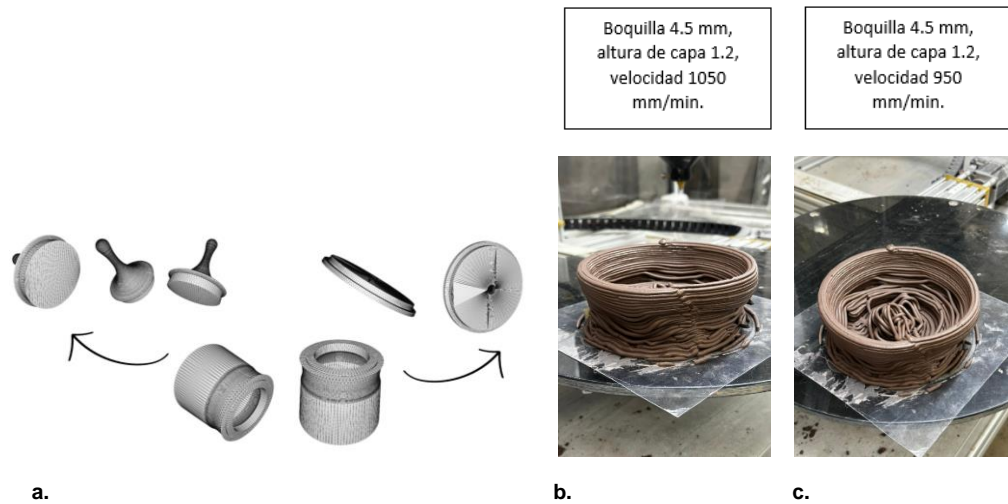
Los resultados obtenidos a partir de los modelos de empatía evidencian la efectividad de los diferentes diseños propuestos, considerando variaciones en formas, patrones, líneas y abstracciones morfológicas. Estos elementos influyeron directamente en la toma de decisiones y en la comprensión espacial de los utensilios de cocina por parte de usuarios con discapacidad visual. La figura 2 muestra una de las sesiones de validación, en la que se llevó a cabo un ejercicio de reconocimiento táctil durante una actividad práctica de preparación de alimentos con diferentes prototipos, permitiendo evaluar la funcionalidad, legibilidad y adecuación espacial de los modelos desarrollados.

Cabe destacar que el prototipo presentado en la figura 3 corresponde a una propuesta inicial de dosificador, diseñada para medir ingredientes de grano fino en función de la altura que estos alcanzan dentro del recipiente, la cual se determina mediante una varilla medidora. No obstante, el modelo presentó diversas dificultades en su funcionamiento. Además, las pruebas de impresión en cerámica con la boquilla de 4.5 a pesar de que el extrusor era de gran tamaño, este realizaba un recorrido doble en las paredes exteriores de la pieza, lo que ocasionaba que, por el peso, las paredes no resistieran y se derrumbaran; sin embargo, si se realizó una encuesta con cinco usuarios teniendo como referencia el modelo 3D con la intención de evaluar los parámetros utilizados y realizar correcciones en la forma.

Estos hallazgos motivaron el diseño de un nuevo prototipo y basándonos en las recomendaciones anteriores, surge la propuesta que se observa en la figura 2 (d, e).



**Figura 2.** Imágenes correspondientes a la fase de validación con algunos modelos de empatía, llevada a cabo con usuarios diagnosticados y mediante simulaciones de enfermedades visuales como la retinopatía diabética, el glaucoma, cataratas y DMAE.



**Figura 3.** Modelo digital del objeto para la medición de ingredientes sólidos y su respectiva impresión.

Para garantizar la accesibilidad nuevo diseño del dosificador, se tomó como referencia la norma **NTC 6047**, que establece requisitos para productos dirigidos a personas con discapacidad visual. Su aplicación en el diseño se reflejó en tres áreas clave:

- **Uso de texturas y contrastes:** Se incorporaron superficies con diferentes relieves y colores contrastantes para mejorar el reconocimiento táctil.
- **Optimización del tamaño y forma:** Se definieron dimensiones adecuadas que facilitan la sujeción y el manejo sin esfuerzo adicional.
- **Control en la dosificación:** Se implementó un mecanismo de medición precisa que reduce la posibilidad de errores en la manipulación de ingredientes sólidos de grano fino.

Estos principios, alineados con la NTC 6047, contribuyeron a mejorar la precisión y autonomía de los usuarios, optimizando la experiencia de uso al dosificar los alimentos sólidos de grano fino.

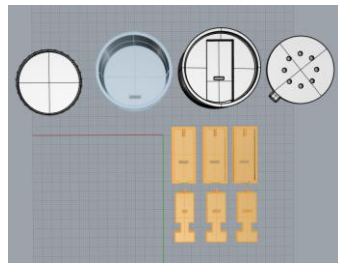
Durante esta fase del proceso se desarrollaron varios modelos exploratorios utilizando el software Rhinoceros 3D, con el objetivo de encontrar una solución formal y funcional que respondiera adecuadamente a las necesidades identificadas en la etapa de validación inicial. El primer acercamiento al modelo final se compone de cinco piezas ensamblables: una tapa fabricada en PETG, material apto para el contacto con alimentos por su resistencia a la corrosión; un contenedor superior en cerámica con texturas ergonómicas que mejoran el agarre; y un sistema interno, también impreso en PETG, compuesto por un engranaje que se une al contenedor inferior y regula la cantidad de sal que el usuario requiere. En la parte inferior se encuentra un sistema de obturación que se abre o se cierra únicamente cuando el usuario lo desee. Todos estos componentes se pueden evidenciar en la figura 4.



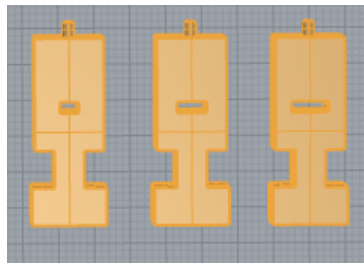
**Figura 4.** Propuesta de objeto dosificador de ingredientes sólidos y sus partes.

Sin embargo, durante las pruebas de este prototipo se identificaron fallas significativas: el engranaje no dosificaba con la precisión esperada, lo que afectaba la exactitud en la medición; además, el obturador presentaba problemas tanto en términos de higiene como de funcionamiento, ya que permitía filtraciones de sal a través de las espas encargadas de su apertura y cierre, lo cual comprometía la limpieza y la efectividad del sistema.

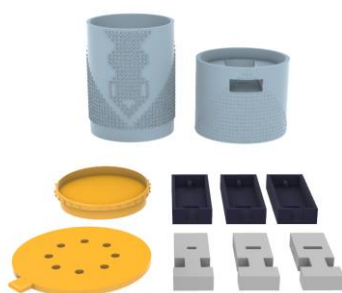
Por ello, se optimizó tanto la forma como el sistema de dosificación exacta del utensilio, incorporando un mecanismo más cómodo, práctico y eficiente, capaz de dispensar cantidades precisas de 0,25 g, 0,75 g y 1 g. Además, se implementaron relieves en la superficie, que no solo permiten un agarre más seguro y cómodo, sino que también funcionan como una guía táctil para que el usuario pueda ensamblar correctamente los contenedores. Estos ajustes dieron lugar al desarrollo del prototipo final, que se muestra en la figura 5.



a.



b.



c.



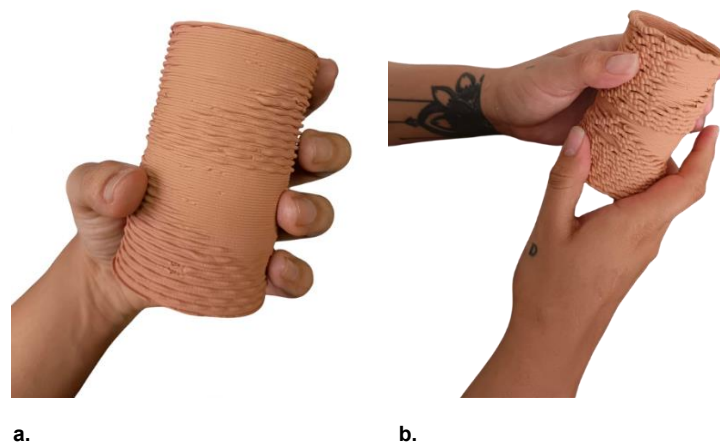
d.

**Figura 5.** Diseño del modelo de impresión y las partes que componen el utensilio de cocina adaptado, junto con los elementos dosificadores de 0,25g, 0,75g y 1 g.

Con el objetivo de evaluar la ergonomía, funcionalidad y accesibilidad del diseño, se imprimieron tres versiones del contenedor: dos en cerámica, con relieves exteriores de 2 mm y 5 mm; y una en PETG, mediante impresión 3D convencional por medio de los programas Simplify 3D y UltiMaker Cura. Las versiones cerámicas (Figura 6), producidas mediante impresión especializada con parámetros ajustados (boquilla de 4 mm, altura de capa de 1.6 mm y velocidad de extrusión de 1050 mm/min), permitieron analizar variables como la legibilidad táctil, la seguridad en el agarre y la facilidad de limpieza. En las validaciones (Figura 7) se evidenció que, aunque los relieves más pronunciados como el de 5 mm ofrecían una mejor percepción táctil, también generaban riesgos de acumulación de residuos en las cavidades, comprometiendo la higiene del utensilio y la salud del usuario. No obstante, dichos relieves también favorecieron la seguridad en el agarre, proporcionando una sensación de firmeza y control al manipular el utensilio cerámico, lo cual resulta especialmente relevante para usuarios con discapacidad visual, al reducir el riesgo de deslizamientos o accidentes durante su uso.



**Figura 6.** Modelos impresos en cerámica y su proceso de impresión. Autoría propia.



**Figura 7.** Validación con usuarios y los prototipos cerámicos con sus relieves.

En base a esto, se optó por utilizar un relieve de 2 mm para desarrollar una tercera versión del contenedor, la cual fue impresa en PETG. Este prototipo se destacó por su ligereza, precisión en la dosificación y facilidad de uso (Figura 8). Se realizaron pruebas de validación con usuarios (Figura 9),

en las que se evidenció una buena aceptación del objeto. Los participantes manifestaron una sensación de confort al manipular el contenedor, destacando su utilidad, ergonomía y facilidad para activar el mecanismo de dosificación. Asimismo, valoraron positivamente la experiencia general del diseño, resaltando su funcionalidad y la confianza que les generaba durante el uso, especialmente en contextos cotidianos relacionados con la preparación de alimentos.



**Figura 8.** Prototipo y sus partes impresas en PETG.



**Figura 9.** Validación del prototipo en contexto con usuario con degeneración macular juvenil (DMJ)

## **Análisis de las validaciones y resultados de las variables**

Los modelos de empatía permitieron evaluar la efectividad, funcionalidad y facilidad de uso de los dosificadores de alimentos de grano fino para personas con discapacidad visual en la cocina. A través de pruebas con cinco participantes, se analizaron seis aspectos clave: precisión en la medición, facilidad de uso, ergonomía, reconocimiento táctil, seguridad en la manipulación e higiene en la limpieza del objeto. Como se puede apreciar en la Tabla 1 y 2, estos criterios fueron comparados entre los distintos prototipos, permitiendo identificar sus fortalezas y áreas de mejora.

Criterio Evaluado	Prototipo 1 (Espiral)	Prototipo 2 (Cilindro)	Prototipo 3 (Contenedor)
Precisión en la medición (error promedio en gramos)	12.6%	8.7%	3.7%
Facilidad de uso (tiempo promedio en segundos)	14.5 s	11.3 s	7.9 s
Ergonomía (escala 1-5)	2.0	3.6	4.8
Reconocimiento táctil (tiempo en segundos)	8.7 s	5.9 s	4.1 s
Seguridad en la manipulación (escala 1 - 5)	2.2	3.8	4.9
Facilidad en la higiene (escala 1 - 5)	3.8	2.0	4.5
Preferencia de usuarios	1/5	2/5	4/5

**Tabla 1.** Resultados de los objetos de prueba diseñados y utilizados por personas que padecen discapacidad visual

- **Precisión:** El prototipo 3 demostró ser el más preciso, con un margen de error del **3.7%**, superando significativamente a los Prototipos 1 y 2. Esta precisión resulta fundamental al tratarse de ingredientes como sal, la pimienta o el azúcar, donde el exceso puede afectar la preparación de alimentos y la salud de las personas.
- **Facilidad de uso:** El prototipo 3 también fue el más ágil en términos de manipulación, con un promedio de 7.9 segundos, lo cual evidencia una curva de aprendizaje más corta y una mayor eficiencia operativa. En contraste con el Prototipo 1, el cual presentó tiempos considerablemente mayores.
- **Ergonomía:** El diseño optimizado del Prototipo 3 recibió la puntuación más alta (4.8/5), indicando que su forma se adapta adecuadamente a la mano, mejorando el agarre y favoreciendo la comodidad del objeto durante su uso.
- **Reconocimiento táctil:** Con un tiempo promedio de identificación de 4.1 segundos, el Prototipo 3 resultó ser el más intuitivo para las personas con discapacidad visual. Las formas y relieves táctiles facilitaron su reconocimiento frente a los otros modelos.
- **Seguridad al manipular:** El Prototipo 3 alcanzó una puntuación de 4.9, lo que indica que los usuarios percibieron una mayor estabilidad y menor riesgo de derrames o accidentes durante su uso. En contraste, el Prototipo 1 obtuvo una puntuación baja (2.2), señalando posibles dificultades de agarre o diseño poco seguro.
- **Facilidad en la higiene:** Este criterio fue también mejor valorado en el Prototipo 3 (4.5), gracias a una estructura más accesible y materiales compatibles con la limpieza manual o mecánica. El Prototipo 2 obtuvo una baja puntuación (2.0), posiblemente debido a piezas internas difíciles de alcanzar o un diseño con rincones complicados.
- **Preferencia de usuarios:** De los cinco participantes, cuatro eligieron el Prototipo 3 como su favorito. Este resultado valida las mejoras incorporadas a nivel funcional, ergonómico y sensorial, destacando su efectividad en contextos reales de uso.

Estos resultados reflejan la influencia de las formas y texturas de los dosificadores en la toma de decisiones y comprensión de las necesidades específicas de los usuarios con discapacidad visual, evidenciando el diseño optimizado el cual mejora la autonomía en la cocina.

## **Análisis comparativo entre prototipos y el resultado de sus variables**

Para evaluar la efectividad de los prototipos diseñados, se realizó un análisis comparativo basado en los seis criterios clave previamente establecidos como la precisión en la medición,

facilidad de uso, ergonomía, reconocimiento táctil y la seguridad en la manipulación e higiene en la limpieza del objeto. Estos aspectos fueron seleccionados por su impacto directo en la autonomía, experiencia del usuario y adaptabilidad del producto. La **Tabla 2** sintetiza los resultados y muestra los principales hallazgos en cada uno de estos aspectos. También encontramos en la figura 10 el resultado de los análisis del modelo de empatía y los prototipos.

Criterio Evaluado	Prototipo 1 (Espiral)	Prototipo 2 (Cilindro)	Prototipo 3 (Contenedor)
<b>Precisión en la medición</b>	Bajo, propenso a derrames	Medio, mejoro la distribución del contenido	Alta, con mecanismo de dosificación
<b>Facilidad de uso</b>	Baja, confuso en su manipulación	Media, ajustes más intuitivos	Alta, piezas bien diferenciadas
<b>Ergonomía</b>	Baja, diseño poco ergonómico	Media, mejor agarre en el mango	Alta, forma optimizada para fácil sujeción
<b>Reconocimiento táctil</b>	Medio, texturas poco diferenciadas	Alto, con marcadores en relieve	Muy alto, diferenciación de texturas y materiales
<b>Seguridad al manipular</b>	Baja, poco estable en el uso	Media, mejor equilibrio del cuerpo del objeto	Muy alta, diseño estable y seguro
<b>Facilidad en la higiene</b>	Alta, pocas cavidades	Media, algunas zonas difíciles de limpiar	Media, posible acumulación en relieves profundos
<b>Preferencia de usuarios</b>	Baja, poco clara su funcionalidad	Media, no es totalmente útil	Alta, sensación de confort, seguridad y funcionalidad

**Tabla 2.** Resultados de las comparaciones entre los objetos de prueba diseñados.

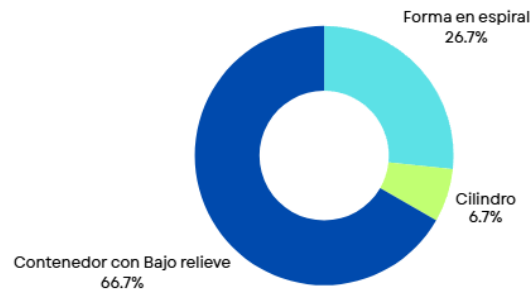
En conjunto, los resultados refuerzan la importancia de desarrollar soluciones desde un enfoque de diseño inclusivo, que considere las capacidades perceptivas y motrices de los usuarios, especialmente cuando se trata de mejorar su autonomía en actividades cotidianas como la cocina.

Por otro lado, el Prototipo 1 (Espiral) presentó el menor rendimiento en la evaluación. Si bien su propuesta formal aportó una innovación visual, no logró responder adecuadamente a las necesidades funcionales del público objetivo. La falta de precisión, la dificultad para sujetarlo y la complejidad en su limpieza limitaron su utilidad.

En comparación, el Prototipo 2 (Modular) representó una mejora significativa respecto al primer modelo, especialmente en términos de reconocimiento táctil y ergonomía. La inclusión de marcadores en relieve y un mango de mejor sujeción tenía como propósito facilitar el uso, aunque no se pudo fabricar el objeto, su diseño se validó por medio de renders y entrevistas, en donde los usuarios comunicaron que la parte interna de la pieza dificultaría mucho el limpiarla, lo que evidencio la falta de utilidad y afectó la propuesta en general.

El Prototipo 3 (Contenedor) demostró ser la opción más eficiente entre los modelos evaluados, destacándose en todos los criterios analizados. Su diseño incorporó un mecanismo de dosificación preciso, superficies con relieves contrastantes y una forma ergonómica que facilitó la seguridad en la manipulación y el uso intuitivo del objeto, volviendo este diseño apropiado y accesible para personas que padecen una discapacidad visual.

Resultados Modelo de Empatía  
¿Cuál de los prototipos represento mejor la información?



**Figura 10.** Resultado de la información transmitida y eficacia de los prototipos. Autoría propia.

Según el criterio de cinco usuarios participantes en la prueba del Modelo de Empatía, se evidenció una clara preferencia por el contenedor con bajo relieve, representado en color azul oscuro en la gráfica, siendo este el prototipo que mejor logró transmitir la información según la mayoría. En segundo lugar, los usuarios eligieron la forma en espiral, representada por el color cian, mostrando una aceptación intermedia. Finalmente, el cilindro, identificado con el color verde, fue el menos valorado entre los prototipos.

Estos resultados reflejan que el diseño con bajo relieve se destacó por su claridad táctil, facilitando el agarre y el ensamblaje correcto de los contenedores, así como por su facilidad de uso, precisión en la dosificación y ergonomía funcional. Los usuarios valoraron especialmente estos relieves como una guía práctica que mejora la experiencia y autonomía en el manejo del utensilio. Además, resaltaron la importancia de propuestas orientadas al diseño inclusivo, señalando que iniciativas como esta merecen mayor apoyo debido a su potencial para generar soluciones con un impacto social positivo.

#### 4. Conclusiones

Las personas con discapacidades visuales como la retinopatía diabética, cataratas, glaucoma y la degeneración macular enfrentan importantes desafíos al realizar tareas de precisión en la cocina, especialmente al dosificar ingredientes sólidos de grano fino como la sal, el azúcar o la pimienta. Esta investigación examina los síntomas, causas y dificultades que presentan estas condiciones visuales, como la pérdida de agudeza, la distorsión de formas, la reducción del campo visual y la visión fluctuante. A través del uso de simuladores, fue posible experimentar de manera tangible los retos asociados a estas discapacidades, permitiendo identificar con mayor claridad las necesidades específicas de los usuarios en contextos cotidianos como la dosificación de sal en la preparación de alimentos.

El sistema objetual propuesto busca mejorar la autonomía y seguridad alimentaria de las personas con baja visión, permitiéndoles medir de forma precisa ingredientes sin depender de asistencia externa. Para ello, el diseño incorpora una forma serpenteante que guía al usuario mediante referencias táctiles claras, facilitando la correcta alineación entre el dosificador y su base. Los relieves implementados no solo proporcionan un agarre cómodo, sino que también funcionan como

puntos táctiles de ensamblaje, indicando cuándo el objeto está correctamente ensamblado. Esta geometría y textura permiten ubicar intuitivamente el mecanismo de activación, haciendo posible la dosificación sin necesidad de visión directa. En conjunto, estas características reducen errores en la dosificación y optimizan la experiencia de uso, mejorando la precisión, eficiencia y confianza del usuario. Además, la selección de morfologías y colores desempeñó un papel clave en la mejora del dispositivo. Mediante la impresión 3D en cerámica se lograron superficies resistentes, higiénicas y perceptibles al tacto, con relieves que permiten identificar las partes del utensilio con facilidad. Para aquellos usuarios que aún conservan una visión residual, el uso de colores de alto contraste contribuye significativamente a la diferenciación de las zonas funcionales, apoyando el reconocimiento del objeto y aumentando su funcionalidad multisensorial.

Finalmente, las validaciones realizadas con usuarios reales y simulados confirmaron la efectividad del prototipo, tanto en la dosificación precisa como en la facilidad de uso y seguridad durante su manipulación. La integración de elementos táctiles, visuales y ergonómicos dentro del diseño evidenció el valor del diseño inclusivo en el desarrollo de herramientas que respondan a las necesidades reales de esta población. Este trabajo demuestra que es posible transformar un acto cotidiano como cocinar en una experiencia accesible, autónoma y segura para personas con discapacidad visual.

## Agradecimientos

Quisiera expresar mi más profundo agradecimiento, ya que esta investigación no habría sido posible sin el apoyo invaluable de diversas entidades y personas que contribuyeron de manera significativa en cada etapa del proyecto.

Agradezco sinceramente a las instituciones que facilitaron los recursos necesarios para el desarrollo de esta investigación, brindando los espacios adecuados que permitieron un acercamiento riguroso y sensible a las problemáticas que enfrentan las personas con discapacidad visual en su vida cotidiana. Su respaldo fue fundamental para consolidar una propuesta centrada en la inclusión y la autonomía.

De manera especial, quiero reconocer y agradecer la participación de los usuarios reales y simulados que formaron parte del proceso de validación. Su disposición, tiempo y experiencia enriquecieron profundamente la comprensión del problema, aportando datos clave que orientaron el diseño de soluciones funcionales y accesibles.

Asimismo, valoro profundamente la guía y acompañamiento de los docentes que orientaron el proceso investigativo. Sus aportes metodológicos y técnicos fueron decisivos para consolidar una propuesta coherente, ética y comprometida con las verdaderas necesidades de los usuarios.

Finalmente, deseo agradecer de todo corazón a mi familia, por su apoyo constante, confianza inquebrantable y paciencia durante todo este proceso. Su respaldo fue un pilar fundamental que me permitió avanzar con determinación y esperanza.

## Referencias

- Bosse, I. K., & Pelka, B. (2020). Peer production by persons with disabilities – opening 3D-printing aids to everybody in an inclusive MakerSpace. *Journal of Enabling Technologies*, 14(1), 41-53. <https://colab.ws/articles/10.1108%2FJET-07-2019-0037>
- Casarotto, L., Costa, P., Cunico, E., Manfroni, M., & Priola, C. M. (2022). Identifying inclusive design goals for the blind and visually impaired in Venice. *DRS Biennial Conference Proceedings*. <https://dl.designresearchsociety.org/drs-conference-papers/drs2022/researchpapers/188/>
- Fijalkowski, M., Zhao, Z., Wang, T., & Pan, Y.-T. (2024). Ceramics 3D Printing: A Comprehensive Overview and Applications. *MDPI Ceramics*, 7(1), 68-85. <https://www.mdpi.com/2571-6131/7/1/6>
- INCI. (2018). Censo de población con discapacidad visual en Colombia. Instituto Nacional Para Ciegos. <https://www.inci.gov.co/blog/los-ciegos-en-el-censo-2018#:~:text=De%20otro%20lado%20la%20poblaci%C3%B3n,948.332%20personas%20con%20discapacidad%20visual.>
- Klatsky, R. L., & Lederman, S. J. (2011). Haptic object perception: Spatial representations for touch. *Perception*, 40(2), 237-254. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21969691/>
- Stone, B., Kay, D., Reynolds, A., & Brown, D. (2020). 3D Printing and Service Learning: Accessible Open Educational Resources for Students with Visual Impairment. *International Journal of Teaching and Learning in Higher Education*, 32(2), 336-346. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1286477.pdf>
- World Health Organization. (2011). World report on disability. <https://www.who.int/teams/noncommunicable-diseases/sensory-functions-disability-and-rehabilitation/world-report-on-disability>
- Zhao, Z., Wang, T., & Pan, Y.-T. (2023). Three-Dimensional Printing of Large Ceramic Products and Process Simulation. *MDPI Materials*, 16(10), 3815. <https://www.mdpi.com/1996-1944/16/10/3815>
- Design and evaluation of a kitchen for persons with visual impairments. *Journal of Assistive Technologies*, Kutintara, P., & Chamnongthai, K. (2013). <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23194330/>