

# Diseño y construcción de mapa háptico como herramienta didáctica para el aprendizaje de personas con discapacidad visual

Eduardo David Madrid-Carrillo<sup>1</sup>, Martín Augusto Velez-Montaño<sup>2</sup>, Luz Karime Hernández-Gegen<sup>3</sup>

<sup>1</sup>GIMUP, Ingeniería Mecánica, Universidad de Pamplona, Colombia. Email: eduardo.madrid@unipamplona.edu.co

<sup>2</sup>GIMUP, Ingeniería Mecánica, Universidad de Pamplona, Colombia. Email: martin.velez@unipamplona.edu.co

<sup>3</sup>GIMUP, Ingeniería Mecánica, Universidad de Pamplona, Colombia. Email: lukahege@unipamplona.edu.co

## Resumen

La búsqueda de soluciones al tema de la inclusión, lleva a investigar y fabricar herramientas capaces de garantizar que haya un nivel de enseñanza y calidad de vida óptimos. Las personas que sufren de alguna condición especial, bien sea de sus sentidos o cualquier otra discapacidad motriz, requieren elementos que les permitan suplir sus dificultades. Mediante el uso de los mapas táctiles se logra brindar accesibilidad, movilidad e independencia para los usuarios con discapacidad visual. En el proyecto se garantiza que esta herramienta sirva como material de apoyo para el aprendizaje en la utilización de los mapas táctiles.

**Palabras clave:** Herramienta háptica, discapacidad, inclusión, instrumento didáctico

## Abstract

The search for solutions to the issue of inclusion leads to researching and manufacturing tools capable of guaranteeing an optimal level of education and quality of life. People who have some disability, be it of their senses or any other motor disability, require elements that allow them to make up for their difficulties. Through tactile maps, it is possible to provide accessibility, mobility, and independence for visually impaired users. The project guarantees that this tool will serve as support material for learning the use of tactile maps.

**Keywords:** Haptic tool, disability, inclusion, didactic instrument.

## 1. Introducción

Las personas que tienen alguna discapacidad visual utilizan una herramienta llamada “mapa táctil” la cual puede leerse con el sentido del tacto y/o de forma limitada, con la vista. El artículo citado en cuestión refiere varios métodos de evaluación hacia estos mapas táctiles en términos de valor informativo. Para ello, adoptaron métodos que se utilizan para evaluar los mapas tradicionales, y así, poder valorar los mapas táctiles. Se comparan los elementos de diversos mapas, uno desarrollado con el uso de métodos tradicionales y el segundo con el uso de la impresión 3D. [1]

Arif et al desarrollan un mapa táctil interactivo en 3D capaz de adaptarse a la necesidad de los usuarios sin visión. El desarrollo se genera partiendo de los datos de DMS, el cual a través de diversos estudios realizados

mediante drones alterados para producir una superficie más suave y que pueda reconstruirse en un diseño 3D y poder analizarse el nivel de densidad de la textura y el nivel de conformidad con la forma original y reconstruida.

Este mapa es un visual gráfico idóneo para representar objetos geográficos con ciertos símbolos que se encuentran en ubicaciones espaciales precisas.

En el proyecto de Arif se ha desarrollado un mapa 3D que se presenta en forma de imágenes, líneas, curvas y polígonos que tienen puntos que están conectados a una forma 3D. Los gráficos en un mapa tridimensional tienen una técnica de dibujo basada en el eje x (plano), el eje y (vertical) y el eje z (inclinado). Las ventajas de estos es que se pueden imprimir para que sea fácil de entender y usar para usuarios con discapacidades

visuales. Los mapas para usuarios ciegos suelen ser táctiles y pueden ayudar a las personas ciegas a encontrar información local. [2]

Por lo tanto, es necesario tener un mapa interactivo en 3D porque es táctil y fácil de entender, y de fácil acceso para ayudar a las personas con deficiencia visual a encontrar información más detallada con formas. Hasta el momento, los mapas táctiles han demostrado su eficacia para la adquisición de conocimientos espaciales por parte de personas con discapacidad visual. Con base en los problemas que experimentan las personas con discapacidad visual, es difícil entender el mapa para determinar la ubicación y el lugar a donde ir y la información sobre el entorno circundante. Debido a la falta de datos e información presentados en el mapa o plano de ubicación, incluso los usuarios con la discapacidad no conocen la forma y descripción de la información que los rodea, por ejemplo, edificios e instalaciones públicas. El mapa que comúnmente se desarrolla tiene la ventaja de tener una forma 3D donde se puede sentir, textura, forma y altura equipada con letras braille y sonido como apoyo para mejorar la comprensión espacial y la alfabetización espacial de los usuarios invidentes. [2]

Hay que comprender en inicio, que el cerebro humano puede formar mapas cognitivos de un entorno espacial, con lo que se puede ayudar a encontrar caminos. Se investiga la formación de mapas cognitivos en entornos presentados con la modalidad táctil, para ser utilizado por personas con discapacidad visual. El mapa cognitivo puede apoyar la navegación en el entorno creado por el cerebro, siendo esencial para encontrar el camino en entornos que ya sean familiares o desconocidos. La formación de mapas cognitivos se ha sugerido desde principios del siglo XX como mapas imaginarios, y se reafirmó esta creencia por Tolman. Se ha estudiado más en roedores, y posteriormente en humanos. [3]

Los avances tecnológicos han introducido la impresión tridimensional (3-D) como una opción para crear mapas táctiles para personas con discapacidades visuales (es decir, invidentes o con problemas de visión), diversificando los tipos de productos de mapas disponibles. Al mismo tiempo, presenta un desafío para los creadores de mapas para implementar diseños en múltiples métodos de producción. [4]

Sin embargo, dado que el precio de la impresión 3D continúa bajando y el aumento previsto en la industria de la impresión 3D en los próximos años (Columbus, 2015), este método de producción puede convertirse en una alternativa viable a los otros procesos que se utilizan actualmente. para mapas táctiles y gráficos. [4]

Brittell, Lobben, y Lawrence, han evaluado conjuntos de símbolos para su uso específico en el diseño de mapas táctiles, generalmente asociados a una tecnología de producción específica (Perkins, 2002). Por ejemplo, el Nottingham Map Making Kit y más tarde el Euro-Town-Kit presentaron un conjunto de 28 símbolos táctiles para mapeo urbano que podrían producirse utilizando el método de producción de termoformado. El conjunto de símbolos estándar se ofreció para su uso en una aplicación específica, mapas de ciudades para ciudades europeas, no pretendía ser exhaustivo ni aplicarse a todos los mapas. Incorporando los principios básicos del Euro-Town-Kit y los datos empíricos recientemente recopilados, investigadores de la Universidad de Oregón desarrollaron un conjunto de símbolos de mapas táctiles de navegación específicamente para mapas de referencia a gran escala hechos con papel de microcápsulas y un potenciador de imágenes táctiles [4].

Luego la Universidad de Stanford trae consigo una investigación acerca de las variables hápticas desarrolladas en los mapas táctiles para llevarse a cabo en un navegador 3D interactivo para mapas topográficos. Todo este estudio para que los exploradores puedan mapear con mayor precisión nuestro planeta y el planeta Marte [5]. Una universidad española contextualiza que dentro de la filosofía del diseño inclusivo se encuentra estrechamente vinculado el concepto de “usabilidad”. Es decir, de esa manera se extiende esta definición como norma, la cual hace que un producto pueda ser utilizado por usuarios específicos con el fin de alcanzar objetivos concretos. La utilidad en el caso de los mapas en relieve que se destinan a facilitar la movilidad, orientación y autonomía de los usuarios con discapacidad visual es incuestionable [6]. Las superficies y los objetos que se usan en estas herramientas proporcionan información táctil útil para realizar diferentes tareas; ejemplo de ello, la textura del papel que permite diferenciarlo de la mesa. En ocasiones es posible interpretar información codificada en las características de las superficies [7]. Los mapas táctiles son definidos como diagramas de líneas en relieve que se utilizan por personas que tienen discapacidad visual, se utilizan para así poder transmitir la información de una construcción del espacio como un mapa, gráfico o imagen [8].

Se expresa el hecho de que, en las dos últimas décadas, ha crecido el interés en las formas de presentación no visuales, ya sea utilizando herramientas táctiles, sonificación e incluso olfato para poder representar información. Esto hace alusión a que no solo se pueden utilizar los mapas para representar información a usuarios ciegos o deficientes visualmente, sino que también permite utilizarse en ciertas situaciones en las cuales el dominio visual se sobrecarga o no, lo que es realmente práctico [9]. Se sabe y se establece que las

personas con discapacidad visual no son capaces de recoger los estímulos visuales del entorno y no pueden utilizar mapas convencionales. El artículo reconoce ampliamente la importancia de las ayudas táctiles como herramientas para proporcionar información espacial. Estos tienen patrones gráficos en relieve que son reconocidos al tacto [10]. El poder comunicar información espacial a las personas con discapacidad visual mediante mapas y gráficos también representa cierta dificultad. Para ello, se ha reconocido y ofrecido ciertos consejos acerca de cómo simbolizar de manera táctil las áreas, puntos y líneas. Esta herramienta se ha reconocido durante mucho tiempo por profesionales que se involucran en la educación de niños en condición de discapacidad visual y en rehabilitación de adultos que recientemente quedaron ciegos, siendo útil en movilidad de entrenamiento [11].

Tal vez debido a las distintas características de los gráficos que produce cada método de producción y las respectivas ventajas y desventajas (por ejemplo, los niveles de durabilidad y comodidad), la mayoría de los cartógrafos utilizan más de un método de producción para satisfacer las necesidades individuales de los discapacitados visuales. [4]

Un estudio reconoció que las personas con esta discapacidad visual pueden llegar a desorientarse fácilmente al caminar en cualquier entorno, sobre todo, cuando la ruta tiende a incluir un cierto número de vueltas. Este tipo de mapas sirven para aumentar la conciencia general de la persona sobre el área que está siendo aprendida [12]. Cuando las personas pierden la vista, se conoce que experimentan cambios muy significativos. Uno de los factores importante de la rehabilitación de estas personas consiste en que puedan moverse de manera independiente, ya que esto influye en sus perspectivas de empleo y la inclusión que llegan a tener en la sociedad, ya sea directa o indirectamente. [13]

Para este artículo se pretende recopilar información y llevar a cabo la adaptación de un mapa táctil a un juego, Este será empleado para poder enseñar a personas con discapacidad visual a utilizar un mapa como herramienta de movilidad, con el fin de facilitar la adaptación al entorno y fomentar la inclusión de este determinado grupo de personas que tienden a necesitar orientación y así relacionarse socialmente y construir su vida desde las condiciones que se le han concedido.

## 2. Método(s), metodología

### 2.1. Fabricación

Para diseñar y elaborar un mapa táctil con el fin de ser utilizado como herramienta didáctica para enseñar a las personas con alguna discapacidad visual, se tiene en

cuenta un proceso desde el diseño hasta su seguimiento. Se trata de obtener un producto de calidad que tenga un valor social y cumpla con ciertos requisitos que se establecen en la fabricación de dichos mapas.

En la fabricación se tiene en cuenta la forma, textura y color para finalizar con un instrumento útil para el aprendizaje, además de brindar entretenimiento y recreación.

#### 2.1.1. Método de fabricación

En la elaboración del mapa se determina un proceso constituido por etapas, la cual en primera instancia se define un diseño asistido por computadora (CAD), que permite visualizar el diseño del producto antes de su fabricación, gracias a un software de herramienta CAD.

Analizando los métodos para la fabricación de un mapa táctil se describen diferencias entre ellos, en este caso se plantearon como prioridades el precio, tiempo de fabricación y facilidad de utilizarse en el entorno.

Las dos técnicas que brindan estas prioridades son: fabricación aditiva por hilo fundido (impresión 3D) y fabricación por corte láser. Por motivos de factibilidad se elige la fabricación por máquina de corte láser CNC, teniendo así una reducción considerable en el tiempo de fabricación.

La tecnología permite cortar el acrílico a utilizarse para representar las piezas hechas en relieve, la cual lo hace con una gran precisión, esto para luego unirlas a la base.



Figura 1. Impresión del mapa en papel vinilo.

Fuente: Propio autor



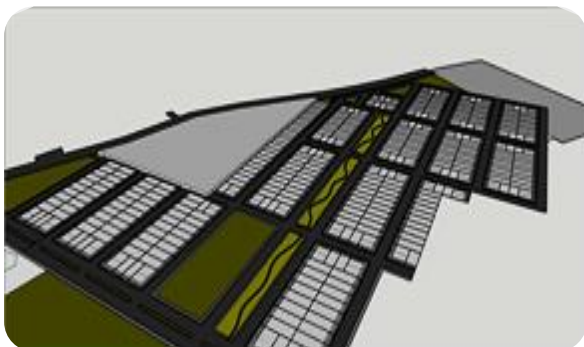
**Figura 2.** Máquina de grabado y corte láser.  
Fuente: Propio autor

## 2.2. Elección del mapa

En esta primera etapa se ha de seleccionar un modelo según el requerimiento, el cual, en este caso, se pronuncia como una ciudad estándar que cumpla con parámetros como: calles y avenidas, parque y zonas verdes, zonas azules y pasos peatonales, y lugares en los cuales aparezcan señales de tránsito.

Cabe resaltar que se toma en cuenta la representación de lugares reales que sean relevantes en ciudades comunes, como hospitales, restaurantes, estaciones de gasolina, entre otros.

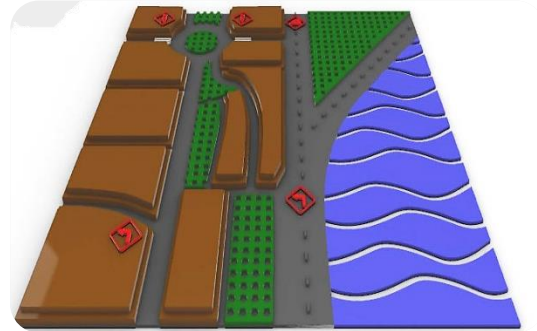
Ya con los parámetros propuestos se define un modelo en forma de bosquejo que represente la ciudad estándar, y así se procede a modelar el CAD. Para el cual se definen herramientas de diseño asistido.



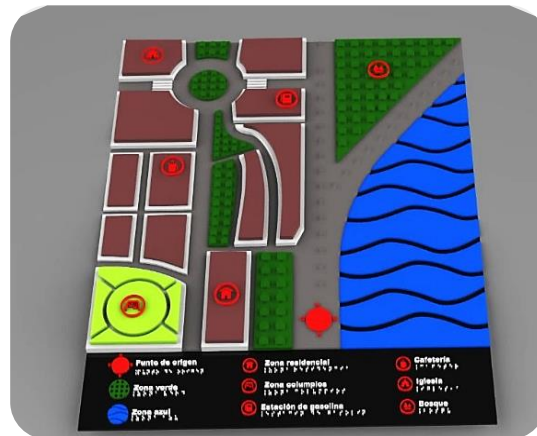
**Figura 3.** Propuesta inicial de ciudad estándar en CAD.  
Fuente: Elaboración propia

## 2.3. CAD

En el diseño de dicho mapa se toma en cuenta el bosquejo realizado anteriormente, y ya en esta etapa se busca la implementación de una herramienta CAD. En este caso se utiliza Rhinoceros 6.0



**Figura 4.** Diseño asistido por computador del mapa. Fuente: Elaboración propia



**Figura 5.** Diseño final del mapa junto al manual de uso.  
Fuente: Elaboración propia

## 2.4. Aval

Para garantizar la buena estructura del mapa y su realización se pretende obtener el AVAL de un experto, logrando así las mejoras necesarias antes de la respectiva entrega.

Mientras se realizaba cada avance del mapa se pretendía buscar opinión y/o consejo de las personas encargadas de colaborar con la realización de dicha tarea.

El experto cuenta con el conocimiento necesario para indicar cuáles son las posibles mejoras que necesita el mapa.

Luego de varias muestras meticulosas se logra tener un mapa que cumpla con las expectativas requeridas.

## 2.5. Manufactura

Luego de tener listo un CAD que represente digitalmente del mapa, se busca el método de manufactura adecuado, teniendo en cuenta ciertos parámetros que se deben de analizar en toda creación de un producto como lo son: materiales, método de manufactura, presupuesto, densidad, seguridad, entre otros factores.

## 2.6. Materiales

Para la fase experimental del mapa táctil se busca que sea de un material ligero, resistente, de bajo precio y fácil adquisición.

Los materiales son seleccionados para la fabricación siguiendo las características anteriores, dichos materiales son los siguientes:

### 2.6.1. Base

Teniendo en cuenta esas variables se decide fabricar una base de madera MDF con unas medidas de 60x50 (Medida del mapa junto con el manual) con un grosor de 5 mm, para luego ser cubierto con vinilo y en él ser impreso el mapa como guía para su construcción.



Figura 6. Muestra madera MDF. Fuente: Carpincentro

### 2.6.2. Relieve

Es importante para el usuario poder palpar las diferentes áreas presentadas en el mapa, por ello se utilizar el relieve y las texturas para lograr captar las zonas mediante el sentido de tacto.

Para llevar a cabo las piezas que representan el mapa, así como las aceras, casas, edificios, zonas (verdes, azules) se utiliza acrílico, siendo un material resistente y de fácil manejo y adquisición. Además, de una gran variedad en colores que dan mayor diversidad al juego.



Figura 7. Láminas de acrílico. Fuente: Metalacrilicos

## 2.7. Fabricación del empaque

El diseño y fabricación de un empaque se hace necesario para poder proteger el mapa durante su transporte y manipulación, además de dar un visto más atractivo y parecido a un producto comercial.

Se finaliza implementando un empaque que se familiarice con el tema de juegos de mesa, con colores llamativos que permitan obtener la atención del público y que logre su objetivo de proteger al mapa al momento de transportarlo o manipularlo.



Figura 8. Empaque del mapa en Adobe Illustrator. Fuente: Elaboración propia



Figura 9. Empaque del mapa. Fuente: Elaboración propia  
Para esta fabricación se tienen en cuenta ciertos materiales como lo son:

- Cartón industrial
- Papel vinilo adhesivo.
- Tira de imán flexible.



Figura 10. Cartón industrial. Fuente: Dream High



Figura 11. Papel vinilo. Fuente: Amazon.com



Figura 12. Tira de imán. Fuente: Mercado libre

## 2.8. Fabricación del manual

Para el buen entendimiento del mapa se estipula un manual que describa las señalizaciones y texturas, así como su significado. Mediante el uso del lenguaje braille se permite una mayor claridad en la comunicación para con los usuarios que dispongan de esta herramienta.

Durante la fabricación del mismo se debe especificar los pasos para la correcta utilización del mapa, por ende, se describe el significado de cada textura, señal, y/o figura respectiva a la enseñanza de uso sobre mapas táctiles.

Para llevar a cabo una fabricación óptima se investiga acerca de diferentes maneras de comunicarse con personas en condición de discapacidad visual, siendo el lenguaje en braille un método de inclusión y comunicación viable para esta tarea.

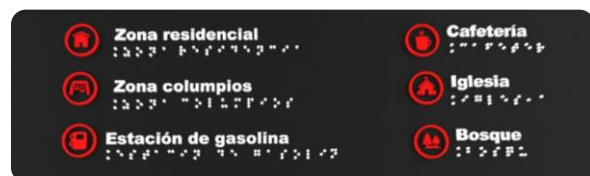


Figura 13. Manual del mapa. Fuente: Elaboración propia.

## 3. Resultados

Como resultado se obtuvo un producto llamativo que, mediante los conocimientos en manufactura, se logró fabricar, consiguiendo un mapa táctil funcional, generando un aporte significativo a un bien social.

Se alcanza el objetivo del desarrollo del mapa, cumpliendo así con los requisitos establecidos en color, textura, relieve y piezas fundamentales que representen una ciudad; permitiendo al usuario invidente o con baja visión identificar la región en la que se desenvuelve y sus alrededores.

El fin de la herramienta es brindar un método de enseñanza para la utilización de estos tipos de mapas de manera previa a la experiencia de visitar nuevos lugares y gracias a un mapa táctil poder ubicarse y desenvolverse en ellos.

Con el proyecto, además de generar conocimiento acerca de los mapas táctiles y su aporte a la sociedad, brinda nuevos métodos de inclusión necesarios para una sociedad más desarrollada en términos de empatía y valores humanos.



Figura 14. Evidencias del resultado final del mapa. Fuente: Autor



Figura 17. Evidencia del mapa terminado junto al manual. Fuente: Autor



Figura 15. Evidencia del mapa táctil. Fuente: Autor



Figura 16. Evidencia del empaque del mapa. Fuente: Autor.

#### 4. Conclusiones

Los factores determinantes para el desarrollo de un proyecto viable que aporte herramientas con fines inclusivos tienen que ver con las necesidades y capacidades del usuario. Lo anterior repercute en el diseño y sus requerimientos de manufactura para el desarrollo óptimo del producto.

Los mapas táctiles como herramientas didácticas tienen una gran influencia sobre los usuarios con la discapacidad visual mencionada a lo largo del artículo, brindando así una mejor calidad de vida y una mayor adaptación al mundo cotidiano.

Mediante la educación se busca una sociedad más adaptada a los valores del ser humano; por medio de herramientas que permitan el aprendizaje de manera individual para cubrir ciertas necesidades especiales en los usuarios cuyas capacidades naturales se ven afectadas y tienden a ser un obstáculo al momento de la cotidianidad, por ende, es necesario desarrollar proyectos que brinden soluciones abarcando estrategias para el desarrollo de su formación.

#### 5. Referencias

- [1] J. Wabiński, A. Mościcka, and M. Kuźma, "The Information Value of Tactile Maps: A Comparison of Maps Printed with the Use of Different Techniques," *Cartogr. J.*, vol. 0, no. 0, pp. 1–12, 2020, doi: 10.1080/00087041.2020.1721765.
- [2] M. Arif, F. Ramdani, and A. S. Budi, "Interactive Design of 3D -Tactile Map for Visual Impairment people," *J. Inf. Technol. Comput. Sci.*, vol. 6, no. 2, pp. 209–224, 2021, doi: 10.25126/jitecs.202162292.
- [3] L. Ottink, B. Van Raalte, C. F. Doeller, T. M.

- Van Der Geest, and R. J. A. Van Wezel, “Cognitive map formation through tactile map navigation in visually impaired and sighted persons,” *Sci. Rep.*, pp. 1–15, 2022, doi: 10.1038/s41598-022-15858-4.
- [4] M. E. Brittell, A. K. Lobben, and M. M. Lawrence, “Usability evaluation of tactile map symbols across three production technologies,” *J. Vis. Impair. Blind.*, vol. 112, no. 6, pp. 745–758, 2018, doi: 10.1177/0145482X1811200609.
- [5] S. P. Walker and J. K. Salisbury, “Large haptic topographic maps: MarsView and the proxy graph algorithm,” *Proc. Symp. Interact. 3D Graph.*, pp. 83–92, 2003.
- [6] J. Gual, M. Puyuelo, J. Lloverás, and L. Merino, “Discapacidad visual y orientación urbana. Estudio piloto sobre planos táctiles producidos en Impresión 3D,” *Psycology*, vol. 3, no. 2, pp. 239–250, 2012, doi: 10.1174/217119712800337747.
- [7] N. Marquardt, M. A. Nacenta, J. E. Young, S. Carpendale, S. Greenberg, and E. Sharlin, “The Haptic Tabletop Puck: Tactile feedback for interactive tabletops,” *ITS 2009 - ACM Int. Conf. Interact. Tabletops Surfaces, Proc.*, pp. 85–92, 2009, doi: 10.1145/1731903.1731922.
- [8] D. McCallum, K. Ahmed, S. Jehoel, S. Dinar, and D. Sheldon, “The design and manufacture of tactile maps using an inkjet process,” *J. Eng. Des.*, vol. 16, no. 6, pp. 525–544, 2005, doi: 10.1080/09544820500273946.
- [9] S. Panëels and J. C. Roberts, “Review of designs for haptic data visualization,” *IEEE Trans. Haptics*, vol. 3, no. 2, pp. 119–137, 2010, doi: 10.1109/TOH.2009.44.
- [10] K. Papadopoulos and N. Karanikolas, “Tactile maps provide location-based services for individuals with visual impairments,” *J. Locat. Based Serv.*, vol. 3, no. 3, pp. 150–164, 2009, doi: 10.1080/17489720903208228.
- [11] M. Rice, R. D. Jacobson, R. G. Golledge, and D. Jones, “Design considerations for Haptic and auditory map interfaces,” *Cartogr. Geogr. Inf. Sci.*, vol. 32, no. 4, pp. 381–391, 2005, doi: 10.1559/152304005775194656.
- [12] S. Ungar, M. Blades, and C. Spencer, “The role of tactile maps in mobility training,” *Br. J. Vis. Impair.*, vol. 11, no. 2, pp. 59–61, 1993, doi: 10.1177/026461969301100205.
- [13] R. Renner, “The 3D printing of tactile maps for persons with visual impairment,” *Lect. Notes Comput. Sci. (including Subser. Lect. Notes Artif. Intell. Lect. Notes Bioinformatics)*, vol. 10278 LNCS, pp. 335–350, 2017, doi: 10.1007/978-3-319-58703-5\_25.