



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
La Universidad Católica de Loja

ÁREA TECNICA

TÍTULO DE INGENIERO EN SISTEMAS
INFORMÁTICOS Y COMPUTACIÓN.

Impresión de mapas 3D con marcas braille como apoyo a la accesibilidad.

TRABAJO DE TITULACION

AUTOR: Samaniego Ramón, César Michael

DIRECTOR: Ing. Morocho Yunga, Juan Carlos

LOJA – ECUADOR

2017



Esta versión digital, ha sido acreditada bajo la licencia Creative Commons 4.0, CC BY-NY-SA: Reconocimiento-No comercial-Compartir igual; la cual permite copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra, mientras se reconozca la autoría original, no se utilice con fines comerciales y se permiten obras derivadas, siempre que mantenga la misma licencia al ser divulgada. <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>

Septiembre, 2017

APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE DE TITULACIÓN

Ingeniero.

Juan Carlos Morocho Yunga.

DOCENTE DE TITULACIÓN

De mi consideración:

El presente trabajo de titulación: **Impresión de mapas 3D con marcas braille como apoyo a la accesibilidad**, realizado por **Samaniego Ramón César Michael**, ha sido orientado y revisado durante su ejecución, por cuanto se aprueba la presentación del mismo.

Loja, marzo del 2017.

f).....

Ing. Juan Carlos Morocho Yunga.

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

“Yo, **Samaniego Ramón César Michael**, declaro ser autor del presente trabajo de titulación: “Impresión de mapas 3D con marcas braille como apoyo a la accesibilidad”, de la Titulación de Sistemas Informáticos y Computación, siendo el Ing. Juan Carlos Morocho Yunga director del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales. Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Adicionalmente declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 88 del Estatuto Orgánico de la Universidad Técnica Particular de Loja que en su parte pertinente textualmente dice: “Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado o trabajos de titulación que se realicen con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad”.

f).....

Autor: César Michael Samaniego Ramón

Cédula: 1104905912

DEDICATORIA

Quiero dedicar, con todo afecto el presente trabajo de titulación aquí presentado:

Primeramente, a Dios por darme vida y sabiduría.

A mis padres por la fortaleza que me transmiten, el cariño y el apoyo incondicional, para que yo culmine con éxito mi formación universitaria.

A los colaboradores, Patricio Vera y Edgar Poma, quienes aportaron con sus conocimientos para el desarrollo y culminación del presente trabajo.

Y con infinito amor, a la juventud: esperanza y futuro del mañana.

Con cariño afectuoso, a la docencia de la UTPL, ya que ellos son los artífices en la construcción de un destino esperanzador, para forjar el nuevo hombre.

Afectuosamente,

César.

AGRADECIMIENTO

A través de la presente, dejo constancia de mi eterna gratitud a la Universidad Técnica Particular de Loja y a la carrera de Ingeniería en Sistemas y su distinguido cuerpo académico; al igual que exteriorizo mi profundo agradecimiento al Ing. Juan Carlos Morocho director de tesis, por la asesoría científica que supo brindarme en el momento oportuno.

¡Con reconocimiento eterno!

El autor.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA	i
APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE DE TITULACIÓN.....	ii
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
RESUMEN	1
ABSTRACT	2
INTRODUCCIÓN.....	3
CAPITULO I.....	4
1. Aspectos investigativos.....	5
1.1. Planteamiento del Problema.....	5
1.2. Objetivos	6
1.2.1. General	6
1.2.2. Específicos	6
1.3. Planteamiento de la Solución	6
1.3.1. Importancia e Impacto del Estudio.....	7
1.4. Visionamiento	7
1.4.1. Métodos de construcción.....	8
1.5. Discusión final.	10
CAPITULO II.....	11
2. ESTADO DEL ARTE.....	12
2.1. Accesibilidad.....	12
2.2. Modelado en 3D.....	14
2.2.1. Concepto	14
2.2.2. Característica.....	14
2.2.3. Ventajas.....	15
2.2.4. Etapa del modelado	16
2.3. Lenguaje Braille	16
2.3.1. Signo Generador.....	17
2.3.2. Herramientas tecnológicas	18
2.3.3. Funcionamiento del código Braille	18
2.4. Modelado 3D orientado a la accesibilidad por medio del braille	19
2.4.1. El Cubo de Rubik:	20
2.4.2. Impresión de tipografía	20
2.4.3. Modelos a escala de ciudades.....	21

2.4.4.	Impresión de un Ultra sonido en 3D:	23
2.4.5.	Impresión de obras de arte con marcas braille:	23
2.4.6.	Teléfonos celulares para discapacitados visuales	24
2.4.7.	Mapas 3D con marcas de Braille:.....	25
2.5.	Fuentes de Tipografía Digital.....	27
2.6.	Tipos de Filamentos Termoplásticos.....	28
2.6.1.	ABS	28
2.6.2.	PLA	28
2.6.1.	HIPS	29
2.6.2.	PET.....	29
2.6.3.	Ninjabflex.....	29
2.7.	Diseño inclusivo.....	31
2.8.	El sentido del tacto y la discapacidad visual	32
2.9.	Discusión final	33
CAPITULO III		34
3.	Metodología	35
3.1.	Diseño de la solución:	35
3.2.	Ruta adecuada:	36
3.2.1.	Creación de un Plugin	36
3.2.2.	Aplicación de Escritorio.....	37
3.2.3.	Ruta Óptima	37
3.3.	Desarrollo de la Solución	37
3.3.1.	El Diseño en 3D.	38
3.3.1.1.	Modelos Prediseñados.....	38
3.3.1.2.	Modelos Propios.....	41
3.3.1.3.	Escritura Braille (Fuente UTPL).	47
3.3.2.	Configuraciones necesarias.	50
3.3.2.1.	Calibración eje Z.....	50
3.3.2.2.	Calibración manual	50
3.3.3.	Diseño de Mapas.	55
3.3.3.1.	Seleccionar el lugar a tratar.	55
3.3.3.2.	Buscar fuentes.	55
3.3.3.3.	Procesar la información.....	55
3.3.3.4.	Importar la información al diseñador 3D	57
3.3.3.5.	Tratar y readecuar el modelo 3D.....	58
3.4.	Discusión final.	59
CAPITULO IV		60
4.	Refinamiento de la solución y pruebas piloto	61
4.1.	Pruebas en Conjunto	61
4.2.	Resultados	64

4.3. Discusión final	66
CONCLUSIONES	67
RECOMENDACIONES	68
TRABAJO FUTURO	69
DIVULGACIÓN DEL TFT	71
BIBLIOGRAFÍA	72

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de procesos	8
Figura 2. Codificación Braille	17
Figura 3. Alfabeto Braille online	19
Figura 4. Cubo de Rubik Braille.....	20
Figura 5. Tipografía 3d.....	21
Figura 6. Escala de ciudad 3d.....	21
Figura 7. Prototipo de ciudad 3d.....	22
Figura 8. Impresión en 3d figura ultrasonido intrauterino	23
Figura 9. Impresión de la pintura de la Mona lisa en bajo relieve	24
Figura 10. Productos Ownfone	24
Figura 11. Impresión en 3d mapa	25
Figura 12. Impresión de mapa de España en 3D	26
Figura 13. Resultado de impresión en 3D de la tabla N°1	31
Figura 14. Thingiverse.....	38
Figura 15. Impresión CubeX Braille.....	39
Figura 16. Impresión CubeX Braille.....	39
Figura 17. Impresión CubeX Braille UTPL 1.....	40
Figura 18. Impresión CubeX Braille UTPL 2.....	40
Figura 19. Impresión CubeX Puntos Braille 1.....	41
Figura 20. Impresión CubeX Puntos Braille 2.....	42
Figura 21. Impresión CubeX Puntos Braille 3.....	42
Figura 22. Impresión CubeX Puntos Braille 4.....	42
Figura 23. Impresión CubeX Puntos Braille Piramidal 1	44
Figura 24. Impresión CubeX Puntos Braille Piramidal 2	45
Figura 25. Impresión CubeX Puntos Braille Piramidal 3	45
Figura 26. Impresión CubeX Puntos Braille Piramidal 4	46
Figura 27. Impresión CubeX Puntos Braille Piramidal 5	46
Figura 28. Impresión Cruz del campus UTPL 1	47
Figura 29. Impresión Cruz del campus UTPL 2	47
Figura 30. Impresión Octógono 1	47
Figura 31. Impresión Octógono 2.....	46
Figura 32. Impresión Octógono 3.....	46
Figura 33. Diseño de Puntos Braille 1	47
Figura 34. Instalación Fuente Braille UTPL.....	47
Figura 35. Uso Fuente Braille UTPL 1.....	48
Figura 36. Uso Fuente Braille UTPL 1.....	48
Figura 37. Uso Fuente Braille UTPL 2.....	49
Figura 38. Uso Fuente Braille UTPL 3.....	49
Figura 39. Impresión CubeX Braille UTPL 1.....	51

Figura 40. Impresión CubeX Puntos Braille Piramidal 6	52
Figura 41. Impresión CubeX, Sapo de Prueba de calidad 1	52
Figura 42. Impresión CubeX, Sapo de Prueba de calidad 2	52
Figura 43. Impresión CubeX, Einstein de Prueba de calidad 1	53
Figura 44. Impresión CubeX, Einstein de Prueba de calidad 2	53
Figura 45. Impresión CubeX, Einstein de Prueba de calidad 3	53
Figura 46. Impresión CubeX, Einstein de Prueba de calidad 4	53
Figura 47. Impresión CubeX, Nelson Madela de Prueba de calidad 1	54
Figura 48. Impresión CubeX, Nelson Madela de Prueba de calidad 2	54
Figura 49. Impresión CubeX, Nelson Madela de Prueba de calidad 3	54
Figura 50. Procesado de Imágenes Planas 1	56
Figura 51. Procesado de Imágenes Planas 2	56
Figura 52. Procesado de Imágenes Planas 3	57
Figura 53. Procesado de Imágenes Planas 4	57
Figura 54. Uso de Sketchup 1	58
Figura 55. Uso de Sketchup 2	58
Figura 56. Impresión CubeX Mapa UTPL en Bajo relieve 1.	62
Figura 57. Impresión CubeX Mapa UTPL en Bajo relieve 2.	63
Figura 58. Impresión CubeX Mapa UTPL en Bajo relieve Con Marcas Braille.	64
Figura 59. Impresión CubeX Mapa UTPL en Bajo relieve Con Marcas Braille.	65
Figura 60. Impresión CubeX Placa UTPL en Bajo relieve y marcas Braille.	65
Figura 61. Impresión CubeX Placa UTPL en Bajo relieve y marcas Braille.	66

RESUMEN

El presente trabajo de titulación está basado en: Impresión de mapas 3D con marcas braille como apoyo a la accesibilidad, el cual tiene como objetivo principal brindar un apoyo a las personas invidentes al momento de posicionarse e identificar localizaciones dentro de un entorno por medio de mapas impresos o leyendas. El proceso investigativo se desarrolla a partir de la información recolectada dentro del mundo informático por lo cual se ha accedido a varios recursos académicos como: blogs, papers, empresas especializadas, páginas de consulta y base de datos científicas. Con el objetivo de recolectar la información necesaria para poder definir una línea base para el desarrollo del mismo.

El presente trabajo de titulación tiene como objetivo, que las personas invidentes puedan acceder a la información plasmada dentro de un modelo impreso en 3D el cual estará descrito por medio del sistema braille.

PALABRAS CLAVES: Impresión 3D, Braille, modelado en 3D, Accesibilidad

ABSTRACT

The present work of titling is based on: Printing of 3D maps with Braille marks as support to the accessibility, whose main objective is to provide support to the blind when positioning and to identify locations within an environment by means of maps Printed or legends. The investigative process is developed from the information gathered in the computer world, whereby various academic resources such as blogs, papers, specialized companies, reference pages and scientific databases have been accessed. In order to collect the necessary information to be able to define a baseline for the development of the same.

The aim of this work is to enable blind people to access the information contained in a 3D printed model which will be described by the braille system.

KEYWORDS: 3D printing, Braille, 3D modeling, Accessibility

INTRODUCCIÓN

La investigación es el proceso por el cual se busca el estado de las cosas, así Hernández Sampier (2008), destaca que la investigación cumple dos objetivos fundamentales que son los de producir conocimientos y teoría (investigación básica) y, resolver problemas prácticos (investigación aplicada).

El presente trabajo de titulación considera relevante llevar a cabo una investigación acerca de **“como aportar a la accesibilidad a través de la impresión 3D”**, incluyendo características accesibles, como la inclusión de marcas braille dentro de los modelos 3D o la adaptación del mismo a un objeto en bajo relieve.

Como esta investigación está orientada para dar una mejor percepción de las cosas e información, que rodean a las personas invidentes, se necesita de una muestra representativa de personas invidentes las cuales puedan apoyar a la implementación del trabajo de titulación en mención, estos individuos son indispensables ya que el resultado de este trabajo de titulación es dirigido específicamente hacia ellos y así poder ofrecer un mejor acceso a la información por medio del braille y el relieve en objetos.

CAPITULO I

En el presente capítulo se detallarán los siguientes aspectos: planteamiento del problema, objetivos, la solución, la importancia e impacto del estudio, el visionamiento y los métodos de construcción, elementos que abarcan el presente trabajo de titulación. Con el objetivo de obtener una línea base de conocimientos para desarrollar el presente trabajo.

1. Aspectos investigativos

1.1. Planteamiento del Problema

El objetivo de este trabajo de titulación constituye un aporte para el desarrollo de métodos que sirvan para proporcionar un acceso equitativo e igualdad de oportunidades para las personas invidentes, dado que se propone solucionar un problema en común en la sociedad, que es la falta de información o la adaptación de la misma para que todos puedan acceder a ella incluyendo a las personas invidentes; por ejemplo, una persona invidente no se puede guiar dentro de una localización con una ayuda estándar (panfletos, mapas impresos en tinta¹ y modelos a escala como maquetas), ya sea dentro de un campus universitario, un parque público o una institución.

Un modelo 3D o maqueta puede dar cierta información de cómo es la estructura del sitio, el tipo de edificación y la arquitectura. De igual manera la información de la leyenda de cada edificio y su localización, esta información se encuentra impresa normalmente en tinta, lo que ocasiona complicaciones para las personas invidentes.

Así de acuerdo a Feliz Murias & Ricoy Lorenzo (2004) señalan:

La movilidad es indiscutiblemente un componente esencial de la libertad y la dignidad del ser humano y una de las claves de la independencia de las personas.

Virtualmente, las personas actuamos con naturalidad al ejecutar actividades que necesitan movilidad y orientación, sin ser conscientes de cómo lo hacemos. Sin embargo, para las personas con discapacidad visual estas acciones requieren un enfoque adaptado.

Tomando en cuenta lo anteriormente señalado el presente trabajo de titulación pretende solventar esta problemática para las personas invidentes por medio del sistema braille y adaptación de objetos en bajo relieve.

¹ La expresión “impreso en tinta”, hace referencia a que la información representada solo es visible y no tiene relieve o adaptaciones para una persona invidente.

1.2.Objetivos

El presente trabajo de titulación tiene como objetivo, mejorar la accesibilidad de las personas invidentes, por medio de la impresión de modelos en 3D en bajo relieve con sus respectivas marcas braille, apoyando esta investigación con proyectos, trabajos e investigaciones similares.

1.2.1. General

Definir el proceso del modelado tridimensional incluyendo marcas del sistema de lectura Braille, para producir mapas accesibles.

1.2.2. Específicos

- Seleccionar el método más conveniente para digitalización tridimensional de mapas.
- Definir el alcance de la simbología Braille, para poder incluirla en el modelado tridimensional.
- Definir la parametrización óptima que nos lleve a optimizar la impresión tridimensional, en cuanto a calidad, tiempo y material.

Especificados los objetivos el presente trabajo se enfocará en generar información para personas invidentes dando como resultado final, la adaptación de un mapa unidimensional a 3D en relieve el cual incluirá marcas de braille con la información debida, en caso de no poder incluir toda la información dentro del modelo, se podrá realizar una leyenda de dicho mapa.

1.3.Planteamiento de la Solución

Para solucionar la problemática aquí expuesta debemos cumplir los objetivos antes planteados por lo que se ha visto necesario realizar un estudio completo de la misma y generar soluciones por medio de ideas, experiencias, antecedentes, fuentes, y teorías. Por ende, para llevar a cabo el presente trabajo de titulación se ha propuesto la siguiente estructura:

- **Visionamiento:** Consiste en el estudio del tema del trabajo de titulación para obtener una base de conocimientos por la cual partir.
- **Estado del arte:** Etapa por la cual se analizarán y estudiarán los diversos conceptos que se involucran directamente con el trabajo de titulación.

- **Metodología:** Etapa en la que se definirá el diseño de la solución y el desarrollo de la misma.
- **Refinamiento de la solución y pruebas piloto:** Etapa en donde se valorarán los resultados obtenidos en la etapa de la metodología.
- **Conclusiones y recomendaciones:** Etapa final en donde se exponen las conclusiones del presente trabajo de titulación.

1.3.1. Importancia e Impacto del Estudio

El presente trabajo de titulación es un tema que apoya a la accesibilidad de las personas invidentes por medio de la impresión 3D pudiendo ser una base de nuevos conceptos, y temas de investigación en un futuro.

1.4. Visionamiento

Lo que se propone en el presente tema de fin de titulación es la adaptación de mapas a modelos 3D con marcas braille para que interactúen con las personas invidentes, por lo que el análisis antes mencionado en el planteamiento de la solución será de gran ayuda para tener una idea más clara de dónde y cómo solucionar los objetivos planteados en nuestro tema.

El tema expuesto permite obtener una línea base de conceptos y procesos para su inicio, por lo cual se ha comenzado investigando acerca de trabajos que pueden estar relacionados o vinculados con el trabajo de titulación, en una rápida observación se puede denotar que no existen proyectos de igual magnitud, existen proyectos similares pero con un objetivo diferente, podemos mencionar aquí a los “Ambientes virtuales interactivos para niños ciegos: computación”, en el cual trata acerca de la temática a desarrollar nuevos o mejores ambientes interactivos para los niños con discapacidad haciendo hincapié en la creación de software interactivo.

La mayoría del software interactivo se utiliza para propósitos de aprendizaje y entretenimiento. Este tipo de software no es muy común entre niños ciegos, ya que la mayor parte de los juegos para computador y de los juguetes electrónicos carecen de interfaces apropiadas que les permitan ser utilizados sin usar pistas visuales. (Castro, 2015)

Las personas invidentes por su condición, no pueden acceder a la información plasmada en el ambiente ya que carecen de una característica fundamental en la persona como es el

sentido de la visión, cabe indicar que como trabajo relacionado y orientado con el tema de tesis tenemos a “Talking Campus” (Silicon news, 2015) estableciendo en su investigación un mapa didáctico, tal como lo describe:

Mapa didáctico para todo tipo de personas entre ellas las personas invidentes, siendo un mapa multisensorial a escala de un campus académico que sirve para ayudar a orientarse explorando el lugar con su superficie sensible al movimiento haciendo de este un modelo 3D dinámico para que interactúen con este. (Silicon news, 2015)

Adentrándonos en un ámbito más general acerca de la visión del trabajo de titulación vemos que se necesitara la adecuada interpretación del código braille que usan las personas invidentes para poder implementarlo, haciendo algo parecido a un traductor de texto normal a código braille con la funcionalidad especial de que pueda ser utilizado dentro de un programa de diseño en 3D y ver cómo se puede insertar este texto dentro del modelo 3D transcrito a su forma braille. Para ello es necesario recolectar la información acerca de la codificación braille y de su funcionamiento.

Definiendo estos antecedentes podemos concluir que la investigación posee varias rutas de desarrollo. La figura N°1 muestra estas alternativas.

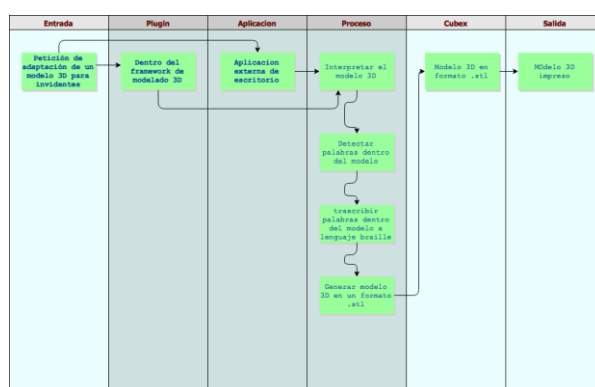


Figura 1. Diagrama de procesos

Elaborado por: Samaniego Ramón, César Michael

1.4.1. Métodos de construcción

Una posible alternativa es la construcción de una aplicación la cual interprete un modelo en 3D ésta lo analice y escaneé, para reconocer el texto que se encuentra dentro del objeto en 3D para luego separar el texto por etiquetas, y a éstas etiquetas transformarlas en marcas

Braille de relieve en 3D, es un método muy interesante y ambicioso, pero que en la actualidad sería muy dificultoso realizarlo, ya que no existen indicios o documentación del análisis de texto dentro de un modelo 3D, existe algo relacionado pero que involucra un medio físico externo para la identificación y reconocimiento.

Tal como ocurre con el **código QR**, así lo identifica Castro, (2015) “identificado por una cámara o un escáner”, otro método similar es, el **escaneo de modelos 3D** por medio físico, según (Guerreiro, y otros, 2013) indica:

Para el escáner de modelos tridimensionales es necesario una cámara rotatoria la cual contiene 2 tipos de lentes para una mejor percepción como una cámara de video para hacer la captura de los colores y texturas, cámara infrarroja para medir la profundidad de los trazos del modelo,

Pero éstas rutas no son las que buscamos ya que se necesita un medio físico y lo que deseamos es generar dicho objeto, aunque con las ideas del cómo se podría realizar éste proceso se debería tener en mente la lógica de la identificación de texto en una dimensión a través de una cámara de video la cual esté debidamente programada para identificar ya sea código QR o texto en sí, un ejemplo de esto es el traductor de palabras que impulsa google (blastingnews 25 de Enero de 2015), el cual funciona con la cámara del celular y transcribe las palabras al idioma del propietario del celular.

Hoy en día resulta muy difícil o casi imposible identificar texto dentro de un modelo 3D, visto que recién en la actualidad se está comenzando a reconocer este tipo de textos en un plano unidimensional usando una cámara, por lo cual podemos decir que la opción de realizar una aplicación la cual realice todo lo estipulado es muy difícil con los recursos actuales. Por lo que se descarta esta opción.

Otra opción es la realización de un programa externo como un “**plugin**” en el cual se pueda ingresar texto y éste nos genere un componente dentro de la misma herramienta de diseño para poder adaptar a nuestro modelo 3D con las marcas de braille. Es una idea más cercana al objetivo que se desea lograr, este método tiene la ventaja de ser programable dentro de un entorno, aunque nos encontraríamos con varios problemas como son: la antes mencionada dificultad de analizar texto en un objeto 3D, la complejidad de la herramienta de diseño seleccionada para la realización del “plugin”, la integración del plugin a otras herramientas de diseño. Lo cual hace que esta opción sea potencial y valorada, pero que implicaría un desarrollo muy largo.

Las rutas de desarrollo expuestas anteriormente fueron analizadas y han sido valoradas con la realización de un prototipo los cuales se detallan en el apartado 3.1 Diseño de la solución, para poder conocer el alcance de ellas, también se consultó información acerca de cómo realizar dichas opciones y que tipo de documentación existe para llevar a cabo el objetivo principal, ambas opciones resultaron ser validas aunque con un problema en común y era el desarrollo de un analizador de objetos en 3D el cual nos interprete el texto inmerso dentro del modelo y adaptar el texto inmerso a braille esto conlleva muchas dificultades, como la edición del modelo, la interpretación de las letras, en caso de que una parte del modelo tenga una forma similar a una letra ésta seria cambiada sin ser esa nuestra voluntad y la interpretación de varias fuentes existentes dentro del modelo.

El proceso debe ser fácil de usar para el usuario final ya que esta solución está orientada a personas con poca o nula experiencia en modelado 3D. La solución que se presenta debe ser sencilla como ingresar a la plataforma de diseño 3D y agregar las marcas braille al modelo que se desee y posteriormente este sea impreso.

1.5.Discusión final.

En el presente capítulo se trato acerca de temas relevantes para la construcción del trabajo de titulación, como es la concepción de los objetivos y planteamiento de la solución, así como también se da a conocer la importancia de este estudio para las personas invidentes. En este capítulo se plantea una línea base, por la cual el presente trabajo de titulación pueda realizarse, basándonos de manera apropiada a los objetivos a cumplir y definiendo el alcance del presente trabajo.

CAPITULO II

En el presente capítulo se tratarán temas relevantes acerca de: La accesibilidad, el modelado 3D, el lenguaje braille, fuentes de tipografía digital y los tipos de filamentos termoplásticos. Con estos apartados se podrá acceder a información concreta, para una mejor interpretación y tener un análisis más preciso con el fin de solventar la problemática mencionada en el capítulo I. Por ende, el presente trabajo de titulación pretende dar un aporte valioso a personas invidentes con el fin de mejorar su calidad de vida.

2. ESTADO DEL ARTE

El estado del arte constituye el primer acercamiento formal del tema a tratar. Además, nos permite clarificar las ideas respecto al tema, dándole una mejor definición y un enfoque de acuerdo a la perspectiva de interés.

2.1. Accesibilidad

Existen importantes y diversas definiciones de accesibilidad, de las cuales han sido seleccionadas las más claras y explícitas a continuación, señaladas:

Según la norma N°5 de las Normas Uniformes (ONU, 1993) sobre la igualdad de oportunidades para las personas con discapacidad considera el término “accesibilidad” como derecho humano, con referencia a las condiciones materiales y a los servicios de comunicación, es aquí donde hacen énfasis a la importancia de la expansión de las tecnologías de la información y las redes de comunicación en los distintos países, tomando en cuenta que la norma N°5 proporciona directrices útiles para la formulación y promoción de políticas.

De acuerdo lo indicado con la Organización Mundial de Salud (OMS), la accesibilidad es un factor determinante para garantizar el derecho a la salud e indica que los establecimientos, bienes y servicios de salud deben ser accesibles a todos.

La Accesibilidad Universal se encuentra definida en la ley de igualdad de oportunidades, no discriminación y accesibilidad universal para personas con discapacidad, como la condición que deben cumplir los entornos, procesos, bienes, productos y servicios, así como los objetos, instrumentos, herramientas y dispositivos, para ser comprensibles, utilizables y practicables por todas las personas en condiciones de seguridad, comodidad y de la forma más autónoma y natural posible. Presupone la estrategia de “diseño universal o diseño para todas las

personas”, y se entiende sin perjuicio de los ajustes razonables que deban adoptarse (LIONDAU, 2013)

De acuerdo a (Barthes, 1977) sostiene “un gran porcentaje de toda la información disponible a las personas llega a través de la visión”. Por esa razón personas con ceguera o problemas de visión son gravemente afectadas y deben buscar medios y alternativas que les permitan tener acceso a la información, tratando de superar las limitaciones propias y derivadas de la falta de visión.

En el gran espacio de una edificación, lugar turístico, sitio de estar, parque, etc. Existen barreras arquitectónicas que dificultan a los discapacitados moverse por sus calles y genera dificultades para navegar a través de las arquitecturas creadas por el ser humano. (Feliz Murias & Ricoy Lorenzo, 2004)

La tecnología actualmente permite que las personas tengan recursos al momento de localizarse o buscar un sitio, pero por lo general las personas invidentes no pueden acceder a cierta información, ya que está plasmada en monitores, carteles o panfletos. Lo que impide que esta persona conozca totalmente el ámbito en donde se encuentra. Por fortuna, el tema de la accesibilidad antes mencionada, se refiere a un estándar básico de diseño y estructura tanto en arquitecturas de edificaciones, hasta la arquitectura de sitios web los cuales se encargan de facilitar a las personas invidentes el uso de la información presentada.

En la actualidad las ciudades se encuentran habituadas con elementos de ayuda para las personas con diferentes discapacidades, como son rampas de acceso, ascensores, y adaptación de diferentes objetos, todo esto con el fin de ayudar a las personas discapacitadas tal como lo señala (Gong, 2004).

Sin embargo, resulta algo más complejo conocer lo que hay alrededor, o como poder llegar al destino dentro de una localización.

Acercarse al concepto de accesibilidad por localización, supone entender que la gente utiliza medios de ubicación diferentes como: maquetas o pistas sonoras. Pero si existiría una fusión de todos los medios, la persona podría adaptarse al entorno muy fácilmente, para nombrar los más utilizados son los siguientes:

- El uso del braille.

- El uso de modelos a escala.
- El uso de sonidos.

La accesibilidad, según se ha expuesto en apartados anteriores, ha ido evolucionando desde posturas más tecnológicas hasta otra más humanas, centradas no sólo en el desarrollo e innovación técnica, sino en las necesidades de las personas que utilizan los medios de información. De igual manera, a medida que el contexto iba redefiniendo el concepto de accesibilidad y sus implicaciones, el escenario de ubicarse dentro de una localización, comienza a poseer como un entorno propio, cuyos elementos dan a conocer la visión de la accesibilidad.

Según (Knill & Slavkovsky, 2013) dice, “que la vida de las personas con discapacidad no es nada fácil”, esto lo dice ya que debe existir algún tipo de adaptación en los objetos que nos rodean en el entorno, para que la persona no dependa de otra, y tenga el mismo acceso, ya sea al lugar o a la información.

2.2.Modelado en 3D

2.2.1. Concepto

Con relación al tema (Gong, 2004) señala “los modelos 3D son una serie de objetos tridimensionales, formados principalmente por primitivas (formas geométricas) cuyo fin es mostrar un proceso o acción lo más allegado a la realidad todo por medio de tecnologías de la información”.

Con esta concepción podemos determinar que el modelado 3D es una representación matemática y tridimensional de cualquier objeto, el cual se representa en un software de modelado dentro de un espacio 3D, este modelo posee varios trazos y figuras geométricas conectadas, los cuales pueden ser moldeados a voluntad para producir un objeto en concreto.

2.2.2. Característica

Así también (Letcher & Waytashek, 2014) considera:

Tiene la característica de ser inversivo, es decir dar la sensación de que este proceso es construido en la realidad frente a nuestros ojos o bien lo hacemos nosotros mismos,

proporcionando así un alto grado de aprendizaje cenestésico, así mismo se unen a esta técnica las fuentes de información audibles y visuales que enriquecen el conjunto de elementos modelados, obteniendo un producto multisensorial. Es con estas características como la realidad virtual se ha convertido en un excelente medio de experiencia y comunicación.

Las grandes compañías computacionales prevén un futuro del ámbito 3D muy desarrollado, por lo que están invirtiendo en desarrollos de este tipo.

Como características principales del modelado 3D destaca la capacidad de elaborar nuestras propias piezas, diseños u objetos provenientes de la imaginación ya sea con fines recreativos, como la animación o diseño de personajes ficticios; como así también para solventar una duda acerca de cómo está diseñando una edificación, piezas de ingeniería u objetos clave para la solución de un problema. Otra característica es poder apreciar estos objetos de manera previa antes de la construcción de la misma, ya sea por medio de prototipos de diseño, los cuales ayudaran para saber si el objeto diseñado solventara las necesidades por las cuales se lo ejecuta.

2.2.3. Ventajas

La ventaja de crear mundos en 3D es que el usuario puede experimentar e interactuar de una manera realista, que, en el internet, facilitando nuevos métodos para la educación interactiva tal como lo señala (Rosenzweig, Carelli, Steffen, Jarzem, & Haglund, 2015).

Las posibilidades son inmensas para diversos ámbitos empresariales y científicos, el realismo de los gráficos en 3D es útil para, por ejemplo, mejorar la eficacia de los diagnósticos de enfermedades, encontrar nuevos recursos energéticos, desarrollar nuevos modelos de automóviles, entrenarse en el manejo de maquinaria industrial en aplicaciones que ya existen en el mercado.

Las nuevas capacidades de visualización 3D, nos permitirán caminar por el fondo de los mares para progresar en la investigación oceanográfica, recorrer los recovecos de un cerebro humano, representar un corazón en funcionamiento para estudiar los mecanismos de un infarto o crear modelos mucho más precisos para las predicciones meteorológicas. Además de ayudar a otras empresas a utilizar los mundos virtuales para sus fines de negocio, (como

ejemplo podemos citar a IBM² cuyo objetivo es conseguir la integración de los diferentes mundos en 3D y así el usuario podría pasar fácilmente de un entorno a otro del mismo modo que hoy en día pasa de una página a otra en la Red) IBM está utilizando Second Life (IBMdeveloperWorks, 2010) para experimentar en reuniones virtuales, desarrollo de herramientas de trabajo colaborativo y programas de experimentación. También se está probando en el uso de este tipo de entornos para programas de formación.

De acuerdo al contexto anterior se detallan a continuación las principales ventajas del modelado 3D:

1. **Tecnología inversiva:** Da la impresión de la creación de objetos desde cualquier punto de vista.
2. **Experiencia realista:** Experiencia del usuario cercana a la realidad.
3. **Nuevos métodos para la educación interactiva:** Creación de programas de experimentación y herramientas de trabajo.
4. **Compartir información y conocimiento a través de objetos:** transferencia de conocimientos por medio del reconocimiento táctil y visual.
5. **Creación de maquetas virtuales:** Mapas estructurados para su comprensión.

2.2.4. Etapa del modelado

La etapa de modelado consiste en ir dando forma a objetos individuales que luego serán usados en la escena del producto educativo. Existen diversos tipos de geometría para modelador con Nurbs y modelado poligonal o Subdivisión Surfaces. Estas formas serán utilizadas en el proyecto para dar forma a frutas, mobiliario, objetos comestibles virtuales y al personaje principal de la escena. En este proceso de modelado, se cuidará la ubicación de los objetos, el tamaño en relación a otros objetos y la perspectiva sobre la cual se verán en las reflejadas al término del producto.

2.3.Lenguaje Braille

El lenguaje braille es un sistema inventado para la comunicación de las personas invidentes el cual consta de la combinación de seis puntos sobre una placa, en el cual se representan

² International Business Machines Corp. (IBM) es una reconocida empresa multinacional estadounidense de tecnología y consultoría con sede en Armonk, Nueva York. IBM fabrica y comercializa hardware y software para computadoras, y ofrece servicios de infraestructura, alojamiento de Internet, y consultoría en una amplia gama de áreas relacionadas con la informática, desde computadoras centrales hasta nanotecnología (IBM 2017).

las letras, números y símbolos, este sistema con su código lecto-escritura se lo denomina braille por el apellido del creador Louis Braille, teniendo como única desventaja el excesivo volumen al momento de imprimir y el alto costo de su impresión (Venegas, 2005 p.2).

Es importante destacar que no es un idioma, sino un código. Por lo tanto, las particularidades y la sintaxis serán las mismas que para los caracteres visuales. Este sistema es un sistema parecido al sistema binario en el cual dependiendo de la letra en particular existe el punto con un relieve, el braille funciona como una matriz de 2 por 6 en el cual se coloca un punto según la letra número o carácter que se desea informar, cabe mencionar que existen varios formatos de interpretación y también existen diferentes tipos de normas dependiendo del país en donde el individuo esté localizado.

2.3.1. Signo Generador

De acuerdo a la experiencia del creador del sistema Braille, el signo generador fue adaptado para que las terminaciones nerviosas de la yema del dedo, estén capacitadas para captar el tamaño en particular de las marcas braille. En la figura N°2 muestra las combinaciones que se pueden realizar hasta tener un total de sesenta y cuatro combinaciones diferentes de puntos (Rodríguez, 2010).

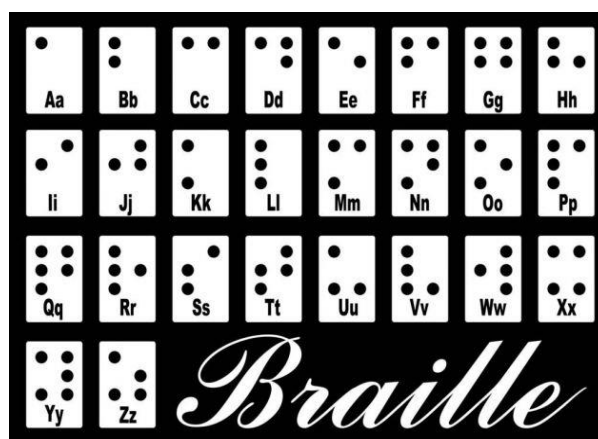


Figura 2. Codificación Braille

Fuente: (Venegas, 2005)

2.3.2. Herramientas tecnológicas

Dada las dificultades que presenta el sistema braille han surgido métodos complementarios para la lectura tales como las grabaciones en cinta magnetofónica con gran facilidad de acceso y que logró reducir los costos y el tiempo de producción.

Pero, sobre todo, el escáner y el uso del computador han logrado que las personas ciegas o con discapacidad visual accedan a la gran mayoría de trabajos, sin tener que esperar por las grabaciones o traducciones. Con el tiempo han ido evolucionando las tecnologías, el tamaño se ha reducido, el manejo se ha hecho más sencillo y ha mejorado la compatibilidad con impresoras y computadores estándar. Esta tecnología es mucho más cara como lo indica (Guerreiro, y otros, 2013) aun así, esta tecnología es preferida por las personas invidentes, ya que les ayuda al diario vivir.

Además, se necesitan herramientas de software que permitan explorar la pantalla, para aquellas personas con deficiencia visual poder ampliar la letra o lograr el cambio de colores para conseguir un buen contraste. Estas herramientas y programas se han tenido que ir adaptando para poder usarse con Windows, pero dado los recursos económicos necesarios para poder acceder a estos programas y dispositivos, se puede decir que el uso del computador para personas ciegas y con discapacidad aún es escaso.

2.3.3. Funcionamiento del código Braille

Una muestra del cómo funciona el código braille la podemos encontrar en <http://www.fbu.edu.uy/alfabeto/alfabeto-online.html>, el cual es una página web donde se escribe y se realiza una visualización de como estaría estructurado el texto en código braille, la figura N°3 muestra cómo se escribe el texto que se desea y al presionar el botón “ver en braille”, se visualizará el texto en braille en la parte superior.

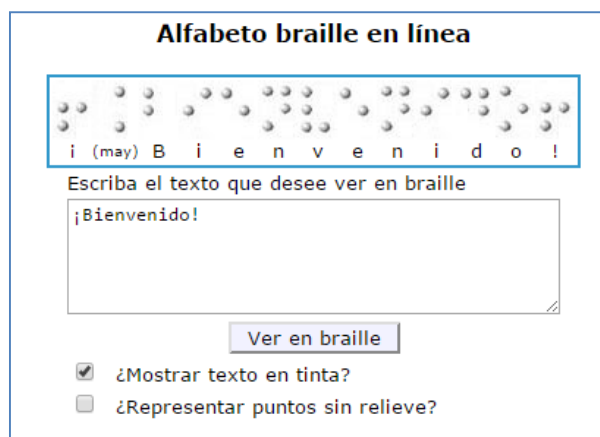


Figura 3. Alfabeto Braille online

Fuente: (Silicon news, 2015)

2.4. Modelado 3D orientado a la accesibilidad por medio del braille

El modelado 3D se refiere a las tecnologías que crean un objeto, modelo tangible o prototipo desde un archivo digital 3D (Bejarano, 2012). En consecuencia, se hace necesario analizar el posible uso educativo de un modelo en 3D. Las posibilidades con fines educativos son infinitas desde el diseño hasta la producción, ofreciendo un abanico de propuestas didácticas variadas. Se puede facilitar acceso a elementos de forma fácil y rápida, permitiendo a los estudiantes manipular libremente replicas para complementar sus conocimientos y estimular la imaginación.

La impresión 3D consta en la impresión de una fina capa con gran precisión, una encima de otra, a la vez desde la parte inferior hasta arriba, utilizando un proceso de inyección de material utilizando entre otros insumos plástico, madera, resina, cerámica, metal e incluso chocolate. (Bejarano, 2012). Esta tecnología en los últimos años se ha transformado en un medio accesible para las personas comunes, en el cual las ideas toman forma y cobran vida. (Canal News Ecuador, 2016).

En base a lo enunciado anteriormente podemos concluir que, la impresión 3D es una tecnología que se está formalizando, y que resulta ser cada día más accesible a las personas, las cuales elaboran sus diseños a partir de sus necesidades e ideas, para poder materializarlas.

Nombrando varios de los usos de la impresión 3D orientado a la accesibilidad tenemos los siguientes:

2.4.1. El Cubo de Rubik:

la figura N°4 muestra el cubo de rubik el cual es un juego que consiste en ordenar los colores por cada lado del cubo, (Tecnoneo, 2015) a continuación.

Dividiéndolo en 9 partes por cada lado mezclando los colores a voluntad para su solución, este juego en un momento se puede decir que no es apto para las personas invidentes, ya que su punto clave es la distinción de los colores que tiene, pero una idea reciente ha adaptado este cubo para que las personas con discapacidad puedan jugarlo, imprimiendo pequeños bloques de plástico con una enumeración de puntos por cada lado del cubo.

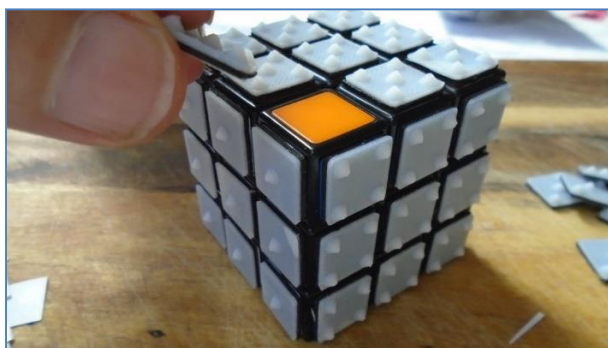


Figura 4. Cubo de Rubik Braille

Fuente: (Silicon news, 2015)

2.4.2. Impresión de tipografía

La tipografía consiste en ser:

Arte de disponer correctamente el material de imprimir, de acuerdo con un propósito específico: el de colocar las letras, repartir el espacio y organizar los tipos con vistas a prestar al lector la máxima ayuda para la comprensión del texto escrito verbalmente. (Fernandez, 2013)

Dicho esto, la impresión 3D ayuda a la tipografía por lo que se puede asociar las palabras de un medio físico a su respectiva letra, posee un molde para que la impresión de las letras sea de manera correcta, precisa y concisa como se detalla en la figura N°5 la cual muestra las letras impresas en relieve una encima de otra según corresponda.

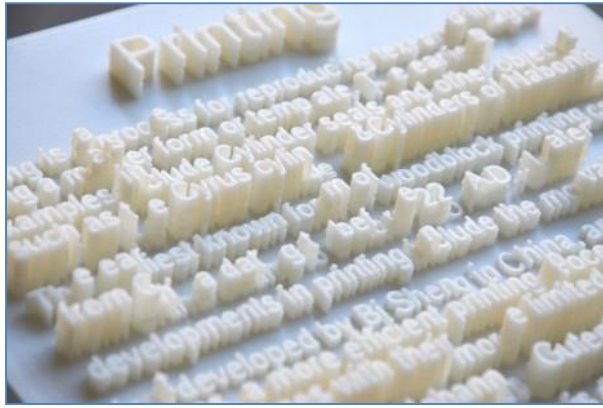


Figura 5. Tipografía 3d

Fuente: (Silicon news, 2015)

2.4.3. Modelos a escala de ciudades

La impresión 3D avanza cada vez a pasos agigantados y es por esta razón que encontramos muchas y fascinantes obras de distintos autores; la figura N°6 muestra la impresión 3D de una ciudad a escala.



Figura 6. Escala de ciudad 3d

Fuente: (Silicon news, 2015)

Mientras que la figura N°7 muestra una impresión de un prototipo de ciudad en 3D en la cual están detallados los edificios desde su estructura y detalles.



Figura 7. Prototipo de ciudad 3d

Fuente: (Silicon news, 2015)

Esto aporta una ayuda al estudio de una ciudad en particular en muchas y diferentes áreas, tales como la arquitectura para saber cómo se acoplará y poder conocer su estructura dando como resultado una visión del futuro del como llegará a quedar en conjunto a la demás arquitectura, existen personas que usan esta tecnología para realizar estudios del comportamiento del viento en los edificios situados en una ciudad para poder ver la dirección las reacciones de los edificios a vientos muy fuertes, claro esto dependiendo de los materiales que se construyen estos modelos a escala pero dando un punto de origen para un estudio lo suficientemente centrado como para poder llevarlo a cabo en la realidad.

A continuación, se presentan un enlace en donde se explica más detalladamente el objetivo de realizar pruebas de viento con el uso de modelos 3D a escala <https://www.youtube.com/watch?v=2DLqfV5WG4M>.

Añadiendo al tema también se utilizan los modelos en 3D para hacer estudios de situaciones geofísicas, para poder determinar el impacto de un sismo o el movimiento de tierra y el efecto que este puede tener como se presenta a continuación <https://www.youtube.com/watch?v=x1Ns-7FEyG0>.

En el video se aprecia que la construcción de modelos en 3D es llevado por la rama de arquitectura e ingeniería civil en los cuales ponen a prueba sus diseños para ver la capacidad que éstos poseen frente a las condiciones presentadas. Tanto de lugares específicos como parques, ciudades y lugares turísticos.

2.4.4. Impresión de un Ultra sonido en 3D:

Uno de los mejores y más emotivos ejemplos de lo que puede llevar a cabo la impresión en 3D, es la impresión en 3D de un ultra sonido a una mujer embarazada la cual es invidente, la figura N° 8 muestra la forma del bebé impreso, pero pudo percibir como estaba su hijo en su interior por medio de la impresión en 3D, esta nueva visión nos trae muchas alternativas en las cuales se puede aplicar la implementación de la impresión 3D con todo tipo de fines, ya que actualmente se cuenta con varios tipos de materiales de impresión los cuales se adaptan al modelo y cabe mencionar que existe un material en pruebas que es elástico, una vez experimentado y mejorado esto se puede imprimir en ciertas partes del cuerpo para que hagan funciones básicas y puedan ser reemplazadas, claro hablando de un futuro en la incursión de esta rama de investigación.

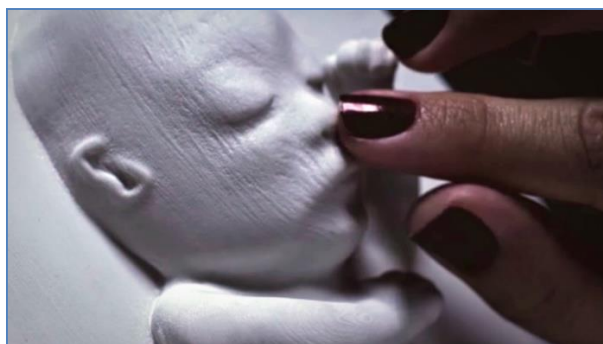


Figura 8. Impresión en 3d figura ultrasonido intrauterino

Fuente: (Silicon news, 2015)

2.4.5. Impresión de obras de arte con marcas braille:

También han mostrado iniciativas de imprimir cuadros de arte para q las personas por medio del tacto puedan percibir las texturas de éstos y puedan valorar el arte, esta idea fue iniciada por el artista Octavio Paz tomando la frase “Yo veo con las yemas de mis dedos / Lo que palpan mis ojos / Sombras, mundos / Con las sombras dibujo mundos / disipo mundos con las sombras / Oigo latir la luz del otro lado”.

Iniciando consigo una exposición en el museo de Caraffa para incentivar el uso del braille y poder llevar esta temática a las personas invidentes. La figura N°9 muestra a un invidente el cual se encuentra percibiendo el retrato de la mona lisa de Leonardo Da Vinci



Figura 9. Impresión de la pintura de la Mona lisa en bajo relieve

Fuente: Kurt. (2015).

2.4.6. Teléfonos celulares para discapacitados visuales

En la actualidad una empresa británica con sede en Londres está trabajando en un teléfono celular que funcione con símbolos braille siendo uno de los más grandes logros de la impresión 3D.

Considerando que Ownfone es la primera compañía en lanzar este tipo de teléfonos, se estimula la posibilidad de que otras compañías incursionen en esta línea de ayuda tecnológica para los invidentes. Su coste es accesible ya que la empresa antes mencionada utiliza las impresoras 3D para el desarrollo de sus terminales telefónicos, por lo que es más accesible incluso en el ámbito monetario. En la figura N°10 muestra el teléfono disponible para su venta (Lambert, 2014).



Figura 10. Productos Ownfone

Fuente: (Lambert, 2014)

2.4.7. Mapas 3D con marcas de Braille:

Los mapas táctiles son un grupo de recursos que expresan determinada información gráfica, mediante el uso del relieve y del braille, estos mapas suelen emplear determinadas estrategias para exponer la información que contienen, éstos apoyan directamente a la accesibilidad por ser un medio de representación física que las personas invidentes puedan acceder, en el mundo se está imprimiendo o generando modelos en 3D de sitios de interés para que las personas con discapacidad visual puedan acceder a la información necesaria del sitio.



Figura 11. Impresión en 3d mapa

Fuente: (Hachman & Murray, 2013)

Como podemos observar en la figura N°11 se muestra un modelo plano en bajo relieve, con las marcas braille dentro de este y la arquitectura del sitio relacionada con los edificios, siendo de gran ayuda para las personas invidentes. Otro ejemplo son las fotografías satelitales y generar un modelo a través de éstas herramientas y poder plasmar el mapa o la localización en un diseño 3D para que éste pueda ser impreso y sea accesible para todo tipo de personas. La figura N°12 muestra un mapa en bajo relieve de España para la identificación de su topografía



Figura 12. Impresión de mapa de España en 3D

Fuente: (Hachman & Murray, 2013)

Lamentablemente el código braille ocupa un espacio significativo dentro de un modelo 3D por lo que depende del tamaño del modelo ocupar el espacio pertinente del código braille y así no distorsionar el modelo en 3D.

Existen varios tipos de mapeado o planos táctiles a través del cual las personas invidentes aprenden a orientarse y moverse por un entorno determinado, según Edman (Edman, 1992) estos se clasifican en:

1. Planos de movilidad: Éstos muestran la información de calles, edificios, obstáculos, escaleras, ascensores, teléfonos y objetos, para facilitar el aprendizaje de personas con discapacidad visual de una determinada área geográfica (urbana, natural e interior).
2. Planos topológicos: Éstos destacan una ruta concreta al usuario invidente, con un alto grado de simplificación y con todos los detalles externos excluidos. La finalidad es que mediante este objeto, los participantes aprendan una ruta concreta, como por ejemplo la ruta de su casa al trabajo, antes de iniciar la ruta real y que, posteriormente, puedan consultar el plano si se considera necesario.
3. Planos de orientación: Estos planos contienen menos información en detalle que los planos de movilidad, y suelen abarcar un área mayor que los antes mencionados. Por ejemplo, se representan líneas de transporte, centros comerciales, áreas recreativas y atracciones.
4. Mapas generales: Éstos tratan de mapas políticos o físicos de una región o país.
5. Mapas temáticos: Éstos expresan información muy variada, pero se especifica la información sobre la climatología y población.

Una persona invidente que lee un mapa táctil tiene que ir construyendo mentalmente su propia estructura espacial, es decir, su mapa cognitivo del lugar (Jacobson, 1998, Ungar, 2000, Sanabria, 2010). En este proceso de exploración el usuario puede generarse un esquema de un recorrido organizando mentalmente los ítems que se destacan en el plano del entorno real y que le ayuden a ubicarse o a conocer, como llegar a un determinado sitio.

2.5.Fuentes de Tipografía Digital

Teniendo en cuenta que la escritura digitalizada es la más usada actualmente, ya sea para redactar documentos, noticias o chatear. Es una actividad que siempre estará presente, por lo tanto, hay diferentes tipos de fuentes que son estilos para poder redactar o leer de manera más cómoda en algunos casos o más clara en otros, dando el mismo significado a las palabras, pero con un estilo propio a cada una de estas. (Ruiz & Danvila, 2009)

El por qué detallamos los tipos de fuentes en el siguiente apartado es porque a medida que se busca una solución óptima para el problema planteado se ha observado varias maneras de solucionarlo (el cual se detallada en el apartado diseño de la solución). Siendo esta opción muy favorable gracias a su versatilidad proporcionando un medio más cómodo para llegar al objetivo.

Como se menciona en el libro “Historia de la tipografía” de (Corbeto & Garone, 2006)

La tipografía es el arte apreciable del tipo de escritura y como es cada una de sus diferentes manifestaciones, siendo considerado como un artefacto cultural de primer orden mediante el transcurso del tiempo, dando una seña de ámbitos sociales, políticos, culturales e ideológicos.

En si la tipografía nació en Europa y la tecnología cada vez mejor, ha sido instrumento para que toda persona pueda desarrollar su propia tipografía en la actualidad, comenzando desde los inicios del siglo XX hasta hoy. La tipografía es un tema muy poco popular, pero de gran relevancia en la historia dando un gran empuje a la reforma de la imprenta, imprimiendo noticias llamativas por el tipo de caligrafía. Ahora en nuestro medio se puede realizar un modelo de tipografía, en nuestros hogares para el uso diario y existen miles de tipos de tipografía disponibles en el internet, para dar una personalización a los documentos.

2.6. Tipos de Filamentos Termoplásticos

El conocer acerca de los filamentos termoplásticos es de suma importancia en el siguiente trabajo ya que, es vital conocer cómo funcionan estos materiales para la impresión en 3D y saber que opciones podemos optar y como funcionarían para una impresión de mejor calidad.

Son muchos los tipos de materiales que se pueden usar para la impresión 3D en este apartado mencionaremos los más comunes ya que existe una gran variedad de ellos desde filamento hechos por desechos hasta filamento hecho de concreto e inclusive filamento hecho por células madre. (Domínguez, Romero, Espinosa, & Domínguez, 2013).

2.6.1. ABS

El material ABS es uno de los más utilizados e importantes dentro de la industria de materiales plásticos tanto industrial como doméstico también conocido como plástico de ingeniería.

El rasgo más importante de dicho material es la estabilidad dentro de temperaturas bajas y su dureza y rigidez entre otros materiales gracias a su composición química, dando una baja absorción de la humedad este material es usado mayormente en la construcción de partes cromadas para los automóviles y juguetes, para mencionar las piezas de los bloques LEGO están hechas de este tipo de material, además de carcasas de televisores, radios etc. Y todo esto a un costo bajo (Rosenzweig, Carelli, Steffen, Jarzem, & Haglund, 2015).

2.6.2. PLA

Es un polímero biodegradable derivado del ácido láctico, este tipo de material es altamente versátil como el antes mencionado ABS este se diferencia por ser producido con recursos renovables como el maíz, remolacha, trigo y varios productos que produzcan almidón. Una de sus grandes ventajas es que no se deriva del petróleo y es igual de eficaz. (Domínguez, Romero, Espinosa, & Domínguez, 2013)

Para mencionar varios de sus usos este tipo de material destaca en la industria textil, médica y de empaquetado. Siendo también un material versátil ya que se puede alterar para ser totalmente rígido o flexible, por esto su relevancia en la industria medica donde desde hace 25 años ha sido el material indicado para implantes en los huesos o en los tejidos tanto en la cirugía ortopédica, facial, de pecho o abdomen.

2.6.1. HIPS

Este material se lo sabe usar en conjunto del ABS para realizar piezas con espacios huecos usando el HIPS como soporte que luego se eliminara con D-Limoneno que su soluble para obtener una pieza cien por ciento ABS y perfecta sin bases. (Ruiz & Danvila, 2009)

2.6.2. PET

Es el material más usado para la elaboración de botellas y otros tipos de envases gracias a su principal capacidad que es de cristalizarse dando como resultado piezas transparentes con efectos sorprendentes, además de ser un material bastante resistente y fuerte sus temperaturas son similares al PLA (Rodriguez, 2010)

2.6.3. Ninjaflex

Es un material reciente también llamado TPE el cual tiene una gran y fuerte característica y es la de ser muy flexible pareciéndose a una cuerda de goma funciona con temperaturas similares al PLA (Feliz Murias & Ricoy Lorenzo, 2004).

La tabla N°1 muestra un estudio de diversos materiales y marcas con su resultado en la impresión 3D, seguidamente se muestra la figura N°12 con la impresión obtenida según el estudio realizado por (Ruiz & Danvila, 2009).

Tabla N° 1. Marcas y materiales en impresión 3D

Orden	Marca	Tipo	Medidas	Formato	D-d1-d2-G (mm)
F1-C3	3DWorldPrinter	ABS Natural (chino)	1,74+/-0,01	Bobina 6	160-31-41-88
F2-C1	3DWorldPrinter	ABS Natural (español)	1,82+/-0,10	Muestra	
	Fenner Drives	NinjaFlex Blanco	1,81+/-0,06	Muestra	
F3-C4	Fenner Drives	NinjaFlex Negro	1,79+/-0,06	Bobina 3	202-52-89-54
F4-C3	Form Futura	PLA Eco Thermo	1,76+/-0,03	Bobina 2	201-53-100-55
F3-C2	Form Futura	PET	1,78+/-0,02	Bobina 2	201-53-100-55
F3-C1	Form Futura	PLA Eco Flex Rojo	1,80+/-0,07	Bobina 2	201-53-100-55
F1-C2	LEAPto3D	ABS Dorado	1,78+/-0,01	Bobina 1	160-31-50-99
	LEAPto3D	Nylon Taulman 618	1,81+/-0,04	Bobina 8	126-19-53-72
	LEAPto3D	ABS Thermo Verde		Pieza	
	LEAPto3D	ABS Transparente		Pieza	
	LEAPto3D	ABS Glow Verde		Pieza	
	Plabs3D	Polykothermal Violeta	1,74+/-0,02	Muestra	
	Plabs3D	Polykothermal Violeta		Pieza	
F3-C3	Plabs3D	Laywoo-d3	1,70+/-0,03	Muestra	
	Plabs3D	ABS Glow Azul	1,79+/-0,07	Muestra	

Orden	Marca	Tipo	Medidas	Formato	D-d1-d2-G (mm)
F3-C5	Plabs3D	HIPS Rojo	1,76+/-0,02	Muestra	
	Plabs3D	Nylon Taulman 645	1,85+/-0,05	Muestra	
F2-C4	Plabs3D	PLA Gris	1,81+/-0,04	Bobina 2	201-53-100-55
F4-C5	Plastics3D	ABS Negro	1,75+/-0,04	Bobina 9	165-38-60-116
F1-C1	Plastics3D	PLA Blanco	1,74+/-0,03	Bobina 9	165-38-60-116
F1-C5	Reprapper	ABS Fluo Rojo	1,75+/-0,02	Bobina 1	160-31-50-99
F1-C4	Reprapper	ABS Conductivo Negro	1,69+/-0,04	Bobina 1	160-31-50-99
	Reprapper	ABS Fluo Verde	1,80+/-0,03	Bobina 1	160-31-50-99
	Reprapper	ABS Fluo Azul	1,79+/-0,02	Bobina 1	160-31-50-99
F4-C4	Reprapper	ABS Thermo Verde	1,80+/-0,03	Bobina 1	160-31-50-99
	Reprapper	ABS Thermo Azul	1,75+/-0,05	Bobina 1	160-31-50-99
	Reprapper	ABS Fluo Amarillo	1,74+/-0,02	Bobina 1	160-31-50-99
	Reprapper	ABS Thermo Gris	1,74+/-0,02	Bobina 1	160-31-50-99
	Reprapper	Nylon	1,77+/-0,03	Bobina 7	200-52-95-54
	Reprapper	PLA Fluo Amarillo	1,78+/-0,02	Bobina 1	160-31-50-99
F4-C2	Reprapper	PLA Glow Verde	1,81+/-0,03	Bobina 1	160-31-50-99
F4-C1	Reprapper	ABS Glow Azul	1,77+/-0,02	Bobina 1	160-31-50-99
	Reprapper	ABS Glow Verde	1,75+/-0,03	Bobina 1	160-31-50-99
	Reprapper	PLA Fluo Rojo	1,76+/-0,03	Bobina 1	160-31-50-99
F2-C2	Reprapper	PLA Fluo Azul	1,75+/-0,04	Bobina 1	160-31-50-99
F2-C5	Thingibox	ABS Fluo Verde	1,74+/-0,10	Bobina 5	196-38-86-86
F2-C3	Thingibox	PLA Plata	1,74+/-0,07	Bobina 4	196-38-86-80

Fuente: (Ruiz & Danvila, 2009)

Como se puede observar en la tabla N°1 es un listado de diversos experimentos, a continuación se describe cada una de las columnas para una mejor comprensión; en la primera columna se detalla la posición de la pieza impresa en la figura N°12 como resultado del experimento, en la segunda columna se detalla la marca del material utilizado, en la tercera columna el tipo de filamento usado, en la cuarta columna se detalla la medida del diámetro aproximado con su variación, y en la quinta columna se da a conocer las dimensiones de las bobinas las cuales están divididas en D: diámetro exterior, d1: diámetro del agujero, d2: diámetro interior y G: grosor. A continuación, la figura N°13 muestra el resultado obtenido de la impresión de la tabla N°1.



Figura 13. Resultado de impresión en 3D de la tabla N°1

Fuente: (Silicon news, 2015)

2.7. Diseño inclusivo

Se entiende como usabilidad, según las normas ISO 13407, el ámbito en el cual un producto puede ser utilizado por usuarios específicos con el fin de conseguir objetivos específicos tales como eficacia, eficiencia y satisfacción en contextos concretos de uso (AENOR, 2000). Diseño para todos (Barnes, 2011). Esta filosofía en su esencia se centra en usuarios con algún tipo de discapacidad, ya que, si determinadas personas con habilidades reducidas pueden hacer uso de un producto en condiciones de usabilidad óptima, es decir, en condiciones eficiencia, eficacia y seguridad, otros usuarios cuyas capacidades no se encuentren reducidas también podrán beneficiarse del mismo producto. Así, el Diseño Universal (DU) propone el reto de diseñar objetos para la diversidad atendiendo a que cada persona es única en edad, tamaño, habilidades, talento y preferencias.

Los principios básicos del DU se resumen en las siguientes siete pautas (Wolfgang & Ostroff, 2003):

1. El uso universal, para todos, es decir, el diseño debe adaptarse a personas con capacidades distintas.
2. El diseño adoptado debe ser flexible en su uso y permitir emplearlo desde diferentes opciones según las preferencias del usuario.
3. El producto, servicio o proceso debe tener un uso simple e intuitivo.

4. La información que de él se derive debe ser fácilmente perceptible y reconocible. En este estudio, con un especial interés hacia los mensajes interpretados desde la óptica del sentido del tacto.
5. El producto, servicio o proceso debe tolerar además los errores o el mal uso sin afectar a la seguridad de las personas.
6. Los requerimientos de diseño deben prever un uso con esfuerzos mínimos, tanto mentales, como físicos.
7. Por último, las dimensiones y el espacio del diseño deben ser suficientes para un acceso, alcance, manipulación y mantenimiento adecuado.

Estos siete principios representan un reto para el diseño. Conseguir un objeto que plasme todos estos principios es obtener una solución ideal, es decir, para todos y sin exclusión de ningún colectivo de usuarios. Para conseguir este reto cabe ir dando pequeños pasos, estudiar, investigar y experimentar diversas soluciones con los usuarios.

2.8.El sentido del tacto y la discapacidad visual

En el presente trabajo de titulación es evidente que el tacto juega un papel especial, por ende, cabe introducir algunos aspectos relevantes para comprender mejor como funciona este sistema perceptivo.

La percepción táctil se ha venido estudiando gracias al estudios realizados por David Katz's en el año de 1925 con su libro "Der Aufbau der Tastwelt" (El mundo del tacto) en el cual se pudo comprender mejor los atributos y características del sentido del tacto, lo que nos proporciona diseñar gráficos tangibles con mayor eficiencia, ya que el tacto y el oído son los principales sentidos mediante los cuales una persona invidente interactúa con el mundo que lo rodea.

Desde el ámbito de la psicología de la percepción, existen tres modos para percibir mediante este sentido (Loomis & Lederman, 1986):

1. **La percepción táctil:** se produce a partir del contacto cutáneo con un objeto de manera estática, es decir sin realización de movimientos y solo a través de la piel.
2. **La percepción kinestésica:** se refiere a la información recibida a través de los músculos y tendones.

3. **La percepción Háptica:** es la que combina ambas modalidades y suele ser voluntaria, activa y dinámica.

Gracias a la percepción del tacto es posible identificar objetos tridimensionales de manera precisa y rápida, como demostró Klatzky en 1985, al realizar un experimento el cual consistía en identificar cien objetos cotidianos, de los cuales el 95% de los resultados fue favorable (Klatzky, Lederman, & Metzger, 1985). Además, mediante el tacto es posible identificar ciertas propiedades de las texturas, como la suavidad o rugosidad, con más precisión que el sentido de la vista (Heller, 1989). También se debe mencionar la importancia del entrenamiento del sentido de la percepción táctil para captar de mejor manera la información en relieve.

2.9. Discusión final

Al haber tratado acerca de las características de la impresión 3D incluyendo el sistema braille, podemos decir que el desarrollo y diseño de los mismos, permiten brindar la oportunidad a las personas invidentes de acceder a información plasmada en los modelos 3D con marcas braille.

CAPITULO III

3. Metodología

En el presente capítulo trata específicamente del proceso de desarrollo de la solución. Este capítulo está enfocado a los diferentes apartados que involucran la impresión 3D, para poder solventar nuestros objetivos antes mencionados en el capítulo I, obteniendo como resultado las herramientas a utilizar, así como también los procesos y técnicas a seguir para el desarrollo de la solución.

3.1. Diseño de la solución:

Para poder solventar los objetivos planteados en el capítulo 1, se ha realizado un análisis documental mediante el cual se ha captado información y posibles antecedentes para el presente trabajo de titulación, cada apartado dentro de la documentación existente en el capítulo 2 es importante para establecer un marco teórico bajo el cual podamos conducir nuestro estudio y así poder formular una hipótesis de trabajo orientándonos a saber, que tecnologías poseemos y como éstas intervienen en la propuesta del presente trabajo de titulación y de dónde partir, estableciendo una ruta óptima para el diseño de la solución. Como se mencionó anteriormente en el capítulo 1, existen varias opciones por las cuales se puede llegar a nuestro objetivo como se indica en la figura N°1. El objetivo de este apartado es verificar y analizar cada una de estas opciones para determinar cuál es el resultado óptimo, y el que más se acoja a nuestras necesidades planteadas. Para ello es necesario basarnos en los puntos de solución antes mencionados, para lo cual hemos dividido el trabajo en partes como son:

- El Diseño en 3D.
- Configuraciones necesarias.
- Diseño de Aplicación.
- Pruebas en conjunto.

A continuación, una breve explicación de los puntos que seguiremos durante el desarrollo de los objetivos para una mejor comprensión.

Diseño 3D.- nos referimos a diseñar una solución óptima para poder realizar los modelos en 3D y dar una opción fácil de usar para personas que no estén familiarizadas con el modelado en 3D dando una solución eficaz y reutilizable. Cabe mencionar que en este apartado se incluirá el diseño de las marcas braille en 3D.

Al incluir en el Diseño 3D las marcas braille, se tiene pensado primeramente hacer el modelo correcto teniendo una base y los puntos que sirven para interpretar el código braille.

Las configuraciones necesarias. - se refieren a cómo configurar correctamente la impresora 3D prevista para el desarrollo del tema de fin de titulación, en el cual se detalla los ajustes que han sido mejores que otros, mejorando la calidad de la impresión, qué tipo de filamentos se necesitan y qué podemos hacer con la impresora CubeX actualmente disponible.

Diseño de la Aplicación. - se refiere a incluir todo lo propuesto acerca del diseño 3D, del cómo llevaremos a cabo los modelos 3D de mejor manera; que software y que métodos utilizaremos para lograr generarlos, insertando las marcas Braille dentro del modelo.

Pruebas en conjunto. - se refiere a la ejecución del Diseño 3D, las configuraciones necesarias y el diseño de la aplicación en conjunto, dando un producto final el cual es la generación de un modelo en 3D en bajo relieve, adaptado con las marcas braille, listo para ser impreso.

3.2.Ruta adecuada:

Para dar respuesta a la pregunta ¿Qué opción se debe seguir para el desarrollo de la solución? Como se muestra en la figura N°1 las posibles rutas de desarrollo, la primera ruta de desarrollo se sugiere la creación de un plugin para la plataforma específica en la que se diseña objetos en 3D y la segunda es la creación de una aplicación de escritorio que me permita insertar texto en braille a un modelo 3D. A continuación, se detallan como se trabajaría, las ventajas y desventajas de cada ruta de desarrollo y la conclusión sobre cómo desarrollar la solución.

3.2.1. Creación de un Plugin

Al crear un plugin para un programa de diseño se tiene la posibilidad de tener una parte del problema resuelta, omitiendo la creación de modelos en 3D o la importación y exportación de los mismos a los formatos que deseamos (.STL), también al ser un software establecido de diseño, podremos encontrar mayor documentación para proceder a realizar el plugin. El inconveniente que se presenta es que al ser un plugin de un diseñador específico, éste se

encontrará ligado a dicho diseñador y no podrá ser usado por ningún otro software de diseño, lo que limitaría al usuario al poder escoger libremente su software de diseño.

3.2.2. Aplicación de Escritorio

Al crear una aplicación de escritorio, debemos seleccionar en que lenguaje se puede desarrollar, cuál de éstos sirve para darle solución a los objetivos planteados en el capítulo 1 del presente trabajo de titulación, para lo cual se ha investigado de dos posibles opciones, como son Java 3D y Delphi, estas opciones ofrecen la creación de un software propio y legítimo, pero que a diferencia de la creación de un Plugin es un programa aparte, un software extra por el cual nosotros debemos pasar para la concreción del objetivo de generar un modelo de un mapa 3D con las marcas braille. Esta opción prácticamente consiste en programar un diseñador 3D desde cero con las necesidades que poseemos, que son la de importar un objeto en 3D, convertir el texto tradicional en texto en braille dentro del modelo 3D, exportar el modelo 3D a formato .STL; lo cual es un proceso difícil de realizar por la complejidad del programa.

3.2.3. Ruta Óptima

Al reconocer las rutas de desarrollo y ver los resultados probablemente posibles de cada opción, se ha definido como proceso la creación de una tercera opción que vendría a hacer una fusión entre las opciones antes mencionadas, teniendo las ventajas de ambos y reduciendo las desventajas. Dicha opción es la creación de una fuente de texto en Braille; esta fuente de texto prestaría como beneficio al ser multiplataforma, es decir, que puede ser interpretada en todos los programas de diseño en el que el usuario esté dispuesto a diseñar sus objetos en 3D, es fácil de usar ya que todos los diseñadores reconocidos tales como Sketchup, Blender, Maya y 3DBuilder tienen la opción de insertar texto y poder darle relieve a como crean conveniente dentro del mismo.

3.3.Desarrollo de la Solución

Al haber definido la ruta de desarrollo en el apartado 3.2.3. del presente capítulo, se procede a desarrollar la solución que solvente los objetivos planteados en el capítulo 1. De acuerdo al orden establecido en el apartado 3.1.

3.3.1. El Diseño en 3D.

Importar un modelo en 3D o realizar desde cero uno de éstos, es una tarea para el software de diseño que el usuario haya decidido utilizar, como se mencionó en el apartado 3.2.3. gracias a nuestra ruta de desarrollo el usuario podrá optar por el programa de diseño que él quiera utilizar. Para realizar las pruebas y experimentos en el presente trabajo de titulación se ha optado por el programa de diseño Sketchup, siendo éste, un programa de diseño basado en geometrías planas en bajo relieve, y más sencillo de usar debido a sus herramientas de “Empujar y Tirar” al darle relieve a las superficies seleccionadas.

En el presente apartado se muestra como se realizaron las primeras pruebas de diseño e impresiones de los mismos.

3.3.1.1. Modelos Prediseñados.

Primeramente se realizaron pruebas con objetos 3D ajenos, pero existentes en diversas páginas dedicadas a la impresión 3D o modelos 3D sustentados por una comunidad de fanáticos a la impresión 3D, la primera opción fue la página <http://www.thingiverse.com/>. Una página dedicada a la impresión 3D en donde los usuarios ponen a disposición sus creaciones y las comparten con el mundo, en esta página podemos encontrar desde materiales de apoyo a la educación, hasta artulugios que nos pueden servir para el diario vivir, la figura N°14 muestra diferentes modelos en 3D listos para imprimir.

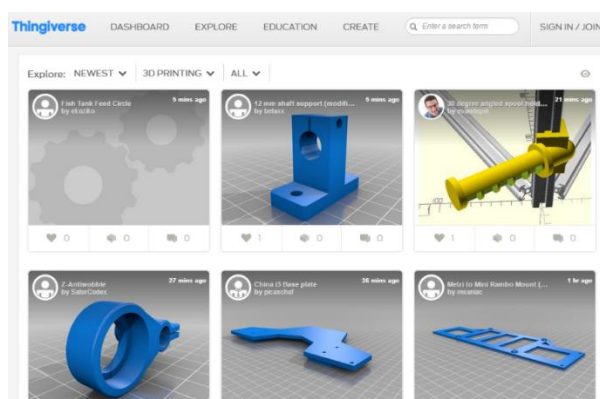


Figura 14. Thingiverse

Elaborado por: Samaniego Ramón, César Michael

Luego de observar estos modelos en 3D se procede a descargar una plantilla del abecedario braille de la página web antes mencionada, para poder constatar el cómo se realiza la impresión 3D y con esto se da inicio al experimento N°1.

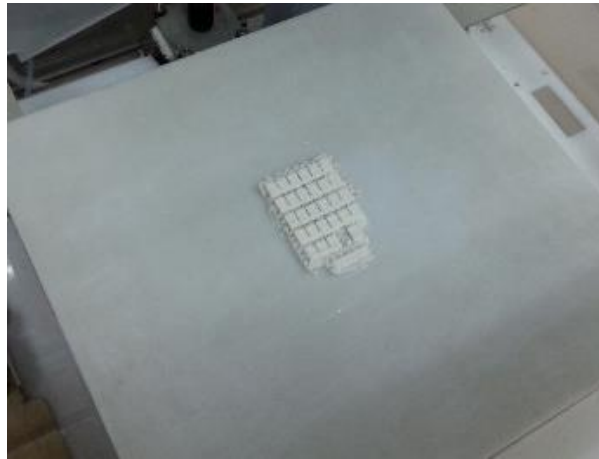


Figura 15. Impresión CubeX Braille

Elaborado por: Samaniego Ramón, César Michael

La figura N°15 muestra que el tamaño del objeto impreso es bastante pequeño y por ende difícil de apreciar con calidad de detalles la pieza fabricada, por lo que en una mejor toma fotográfica de la figura N°16 se muestra de mejor manera la impresión, esta figura se la ve sólida y fuerte, algo positivo, pero que si al ver más detalladamente las piezas se encuentran pegadas una con otra en la parte inferior, además no existe rastro de las marcas braille, sino de material arrastrado por la placa dando como resultado un acabado de baja calidad.



Figura 16. Impresión CubeX Braille

Elaborado por: Samaniego Ramón, César Michael

Luego de haber sido impreso este experimento y al constatar que las marcas no se imprimieron correctamente por el tamaño, se procedió a recolectar ciertas letras de este diseño, acoplarlas para que digan UTPL y proceder a imprimir, esta vez con un tamaño óptimo de un 500% más, la Figura N°17 muestra las palabras UTPL tanto en tinta como en relieve.



Figura 17. Impresión CubeX Braille UTPL 1

Elaborado por: Samaniego Ramón, César Michael

En esta impresión podemos observar y sentir con el tacto los puntos en relieve de las letras en braille, además se procedió a pintar el material con pintura acrílica para poder indicar a los videntes de qué letras se representaban en el sistema braille. La figura N°18 muestra errores en la impresión en la placa.



Figura 18. Impresión CubeX Braille UTPL 2

Elaborado por: Samaniego Ramón, César Michael

Los problemas que se encontraron en la Figura N°18 son perceptibles a simple vista ya que la impresión no se mantiene sujeta a la cama de impresión, el material gastado es considerable teniendo en cuenta el número de letras impresas, los puntos de braille aun siendo un 500% más grande, apenas resalta y en las partes de los extremos al levantarse la placa los puntos son casi imperceptibles, dando como resultado del experimento N°1 falencias en los puntos del braille, imprimiendo a primera vista solo los bloques como se indica en la figura N°16 , mientras que en la figura N°18 el aumento de escala del modelo de un 500% hizo q se noten los puntos un poco y la base fue bastante grande dando un desperdicio

de material. Además, con este material el ABS Blanco se tuvo varias dificultades, las piezas no eran de buena calidad, existían errores en cada sección, el modelo no se mantenía en su postura correcta levantándose en los bordes de las esquinas.

3.3.1.2. Modelos Propios.

Al ver los resultados del experimento N° 1, no era fiable imprimir modelos ajenos por que no se obtendría el resultado esperado, por lo que se opta en realizar modelos propios de marcas braille y ver su adaptabilidad, se realizaron varias pruebas, con el fin de tener un producto de calidad, pero, la impresora seguía teniendo malos resultados con las circunferencias, por lo que la primera duda que nació al realizar un modelo propio fue: ¿Qué tipo de punto será mejor en la impresión 3D? Por lo que se realizó varias pruebas, ya que en los resultados del experimento N°1 se denoto que la impresora CubeX tenía problemas al imprimir ese tipo de punto esférico y por ende procedía a dañar el punto braille. Se procedió con el experimento N°2 y se imprimió varios tipos de punto braille, en varios tamaños para ver su calidad y aceptación por parte de las personas invidentes, optamos por añadir otro tipo de diseño al punto de braille dándole nuevas formas y tamaños para seleccionar cuál de estos serviría. En las siguientes imágenes se detallan los resultados del experimento N°2 que se llevaron a cabo y el resultado obtenido con una nueva calibración de la impresora CubeX lo cual hablaremos en el siguiente apartado 3.3.2. Configuraciones Necesarias. Estos nuevos modelos y distintas configuraciones obtuvieron resultados agradables, pero no perfectos. Dando como resultado las siguientes marcas:

La Figura N°19 muestra los puntos braille desde un ángulo de la derecha.



Figura 19. Impresión CubeX Puntos Braille 1

Elaborado por: Samaniego Ramón, César Michael

La Figura N°20 muestra los puntos braille desde un ángulo de frente.



Figura 20. Impresión CubeX Puntos Braille 2

Elaborado por: Samaniego Ramón, César Michael

La Figura N°21 muestra los puntos braille desde un ángulo de encima.



Figura 21. Impresión CubeX Puntos Braille 3

Elaborado por: Samaniego Ramón, César Michael

La Figura N°22 muestra los puntos braille desde un ángulo de la izquierda.



Figura 22. Impresión CubeX Puntos Braille 4

Elaborado por: Samaniego Ramón, César Michael

Como se muestra en las figuras anteriores los puntos en relieve de las marcas braille son variadas, se ha impreso dos tablas de diferentes tamaños, con 6 tipos de puntos diferentes en cada una como son:

1. Punto esférico.
2. Punto esférico con un corte en la parte superior.
3. Punto cubico.
4. Punto piramidal.
5. Punto piramidal con un corte en la parte superior
6. Punto octagonal

Las impresiones de estas figuras son con el objetivo de ver como lo puede interpretar la impresora CubeX dando como resultado lo siguiente:

1. **Punto esférico:** Al ser esférico el punto braille, el material tiende a moverse de su localización lo que provoca que al final no sea perfectamente una esfera, teniendo fallas que no son agradables al tacto.
2. **Punto esférico con un corte en la parte superior:** Al igual que el punto esférico al tener esta forma la impresora no le da un acabado perfecto, y al tener un techo plano este sale con pequeñas abolladuras e imperfecciones visibles y susceptibles al tacto.
3. **Punto cubico:** La impresora genera una pequeña mancha en la placa que no es ni reconocible visualmente.
4. **Punto piramidal:** Es el punto que mejor acabado tiene y que se distingue fácilmente entre las demás, esta marca también es susceptible al tacto.
5. **Punto piramidal con un corte en la parte superior:** Es un punto bien conseguido y bastante grueso, el acabado de la parte superior no es del todo lisa, por lo que se nota un desperdicio de material, que da un mal tacto.
6. **Punto octagonal:** Este punto no se imprimió debido a sus ocho líneas pequeñas que la impresora no puede detectar.

Como resultado del experimento N°2 se ve que la impresora tiene una dificultad alta al tratar de realizar líneas o círculos pequeños dañando la base, ya sea por desperdicio de material o por el arrastre del mismo por el modelo. Esto no se lo ve beneficioso en algunos puntos braille antes mencionados, aunque el punto piramidal fue muy bueno, pero no se puede validar de manera correcta los puntos.

Teniendo en cuenta que las personas que están realizando este trabajo de titulación no poseen una discapacidad visual o similar, fue necesario pedir ayuda a una persona invidente y que conozca el funcionamiento del sistema braille, por lo que se contactó con Patricio Vera y Edgar Poma los mismos que prestan sus servicios en el call center de la UTPL, brindando su apoyo en lo que se refiere a validación de los modelos impresos y aportaron una guía en cada presentación de prototipos con respecto a las marcas braille y del cómo se debe usar e interpretar dicho sistema. Seguidamente se procedió a validar con las personas antes mencionadas, los tipos de puntos que se disponían, de los cuales les agrado el punto piramidal. Luego de las observaciones de los colaboradores del trabajo de titulación se procedió a cambiar el material de ABS blanco a ABS rojo, los resultados con tan solo cambiar de material brindo una mejor calidad al imprimir las piezas, al mejorar la calidad de impresión dio como resultado, que el uso de otras figuras dentro de los puntos braille tengan un buen rendimiento con las personas invidentes, ya que éstos pudieron interpretar las palabras descritas dentro de la placa impresa que se muestra en la figura N°23 en donde se expresan las siglas UTPL.



Figura 23. Impresión CubeX Puntos Braille Piramidal 1

Elaborado por: Samaniego Ramón, César Michael

Como se puede apreciar hemos usado los puntos que mejor puede interpretar la impresora, que son los puntos en forma piramidal, se recomendó que se realice más pruebas ya que el tamaño de la placa de la figura N°23 no es el adecuado y los puntos piramidales no convencían del todo, además de persistir el problema de que por la fricción del plástico se doblen las piezas desde la base, haciendo que se levante el modelo y se malogre el modelo por lo que iniciamos el experimento N°3.



Figura 24. Impresión CubeX Puntos Braille Piramidal 2

Elaborado por: Samaniego Ramón, César Michael

En la figura N°24 se muestra la impresión del mismo modelo, pero a una escala reducida del 60%, esta impresión no dio ningún resultado favorable, solamente la base donde se encuentran los puntos braille como si fuesen manchas.



Figura 25. Impresión CubeX Puntos Braille Piramidal 3

Elaborado por: Samaniego Ramón, César Michael

Como se muestra en la figura N°25, es el mismo modelo de la figura N°23 reducida a un 40%, en esta impresión se puede observar que el material se encuentra desbordado al momento de imprimir las marcas braille, dando como conclusión el experimento N°3 que, al imprimir el mismo modelo, pero de forma reducida, obtengamos como resultado la unión de los puntos braille y que al tacto no se diferencie la separación de un punto con el otro.

Para mejorar la impresión de estos modelos, se procedió a hacer más pequeñas las pirámides hasta que la impresora pueda detectarlos correctamente, en una placa más grande para que no se junten los puntos braille. Poniendo a prueba el experimento N°4.



Figura 26. Impresión CubeX Puntos Braille Piramidal 4

Elaborado por: Samaniego Ramón, César Michael

Como se muestra en la figura N°26 se ha realizado las correcciones antes mencionadas, dando como resultado en el experimento N°4, cinco placas de código braille con las siglas UTPL de diferentes tamaños, aun se puede apreciar que en los tamaños pequeños el punto braille se monta unos sobre otros, mientras que en las placas grandes la sujeción del modelo a la base y la fricción provocada por el enfriamiento de la placa, el modelo se mueva y por ende se dañe, el cabezal arrastra material donde no es, la figura N°27 muestra los modelos impresos retorcidos en la parte inferior levantando el modelo.



Figura 27. Impresión CubeX Puntos Braille Piramidal 5

Elaborado por: Samaniego Ramón, César Michael

Teniendo en cuenta que el presente trabajo de titulación tiene como objetivo la creación de mapas en 3D se procedió a diseñar e imprimir modelos emblemáticos del campus de la UTPL para que las personas invidentes tengan una mejor idea acerca del objetivo del presente trabajo y en la posterior revisión de lo impreso, puedan validar estos objetos como son: la cruz la cual se muestra en las figuras N°28 y N°29 y el octógono como se muestra en las figuras N°30, N°31 y N°32. Estos modelos en conjunto de las marcas braille expuestas en la figura

N°27 sean revisadas por los colaboradores y así poder tener el punto de vista de a quienes va dirigido el presente trabajo de titulación.

Las figuras N° 28 y N° 29, muestran la impresión de la cruz del campus UTPL, el tiempo de impresión aproximado es de tres horas y media.



Figura 28. Impresión Cruz del campus UTPL 1

Elaborado por: Samaniego Ramón, César Michael



Figura 29. Impresión Cruz del campus UTPL 2

Elaborado por: Samaniego Ramón, César Michael

Las figuras N° 30, N° 31 y N° 32, muestran la impresión de la cruz del campus UTPL, el tiempo de impresión aproximado es de tres horas y media.



Figura 30. Impresión Octógono 1

Elaborado por: Samaniego Ramón, César Michael

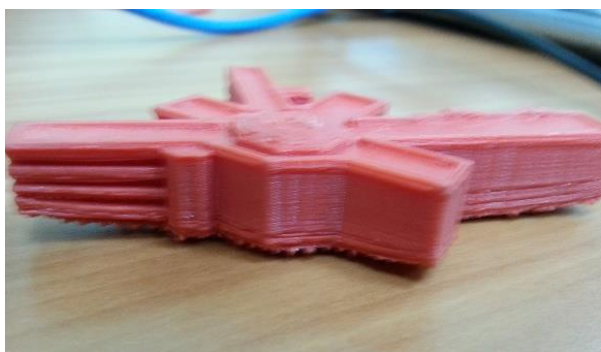


Figura 31. Impresión Octógono 2

Elaborado por: Samaniego Ramón, César Michael

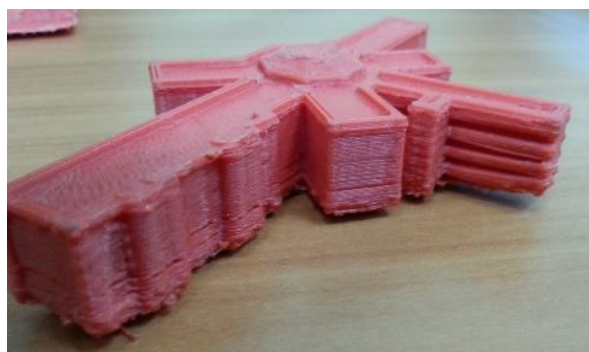


Figura 32. Impresión Octógono 3

Elaborado por: Samaniego Ramón, César Michael

Como conclusión del experimento N°5, una vez validado por los colaboradores los cuales apreciaron las placas de braille de la figura N° 27 llegaron a la conclusión de que las marcas estaban bien hechas solo en la escala mediana, ya que las demás no se pueden percibir rápidamente lo que se dice en las placas; además agregaron que el diseño de pirámide dio un mejor resultado que las marcas de braille anteriormente expuestas en la figura N°21 pero que una vez al repasar el diseño continuamente esta punta de la pirámide tiende a dañar la yema de los dedos, que es el medio a través del cual las personas invidentes identifican las marcas braille, por lo que una vez más se descartó el diseño. En cuanto a las partes icónicas de la universidad y dándole a conocer el objetivo del presente trabajo de titulación, mencionaron que es muy bonito poder sentir la estructura de una edificación y sobre todo la de la cruz ya que es una información valiosa para ellos al saber, el cómo se encuentra estructurada el símbolo de la UTPL, pero señalaron que no era necesario realizar dicho modelamiento, ya que al querer crear un mapa que sea entendible para los invidentes, ellos no necesitan de tantos detalles para poder ubicarse, por lo cual recomendaron dar simplemente relieve a los edificios cuando se necesite realizar un mapa de la universidad, esto en parte es muy favorable ya que estos diseños de la cruz y el octógono, fueron realizados desde cero, diseñando poco a poco su estructura, lo que toma bastante tiempo y para un usuario inexperto resultaría difícil de recrear dicha acción. En cuanto se refiere a las escalas de las placas braille, los resultados obtenidos han sido óptimos y según Patricio Vera son útiles en todo aspecto incluso para dar una señalización en placas de advertencia, maquetas a escala, tableros de ubicación y mapas adaptados.

3.3.1.3. Escritura Braille (Fuente UTPL).

Hasta este momento en el trabajo de titulación las marcas han sido generadas manualmente arrastrando los puntos sobre la placa en los sitios que corresponde para formar una letra, número o símbolo tal como se muestra en la figura N°33.

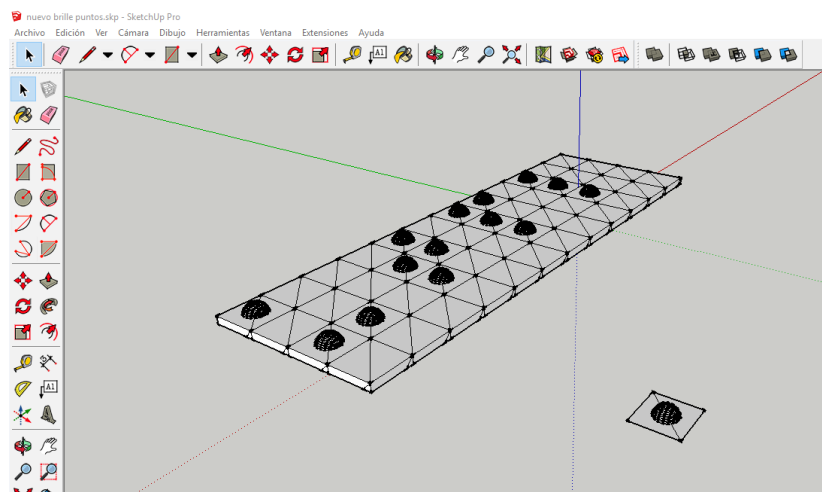


Figura 33. Diseño de Puntos Braille 1

Elaborado por: Samaniego Ramón, César Michael

Como detallamos en el apartado 3.2.3. Ruta Optima, se llegó a la conclusión de usar una fuente de texto para la generación de las marcas braille. A continuación, se procedió a realizar esta forma más práctica para generar dichas marcas de braille, para que cualquier usuario pueda insertar el texto y que este se convierta a un modelo en 3D fácilmente, para ser adaptado al modelo este proceso se lo detalla a continuación.

1. Una vez generada la fuente de texto Braille UTPL se la deberá instalar en el equipo donde se desea utilizarla como se muestra en la figura N°34.

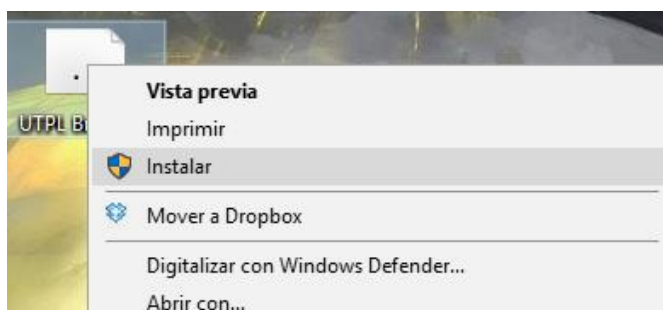


Figura 34. Instalación Fuente Braille UTPL

Elaborado por: Samaniego Ramón, César Michael

2. Aceptamos la instalación de la fuente, por lo que ya se puede acceder a dicha fuente desde cualquier aplicación de la computadora ya sea Windows o IOS.
3. Abrimos la aplicación de diseño, en este caso Sketchup por lo que mencionamos en el apartado 3.2. y nos dirigimos al botón añadir texto tal como se muestra en la figura N°35.

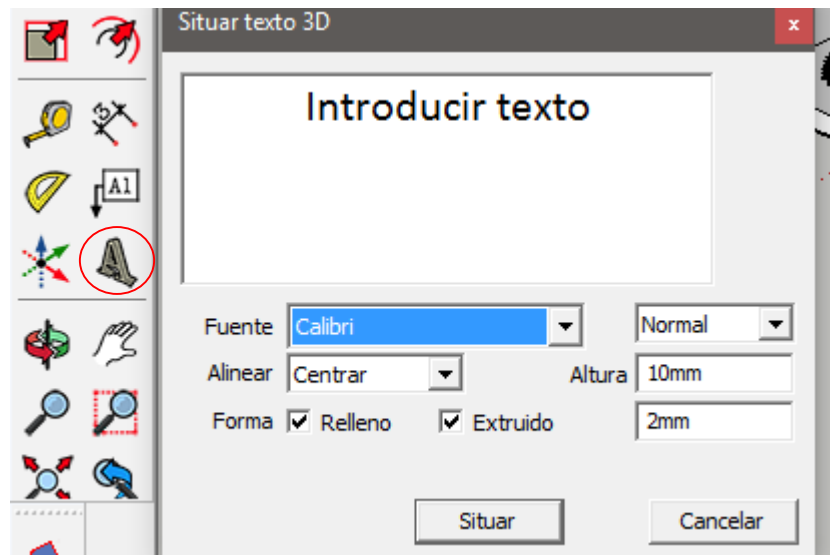


Figura 35. Uso Fuente Braille UTPL 1

Elaborado por: Samaniego Ramón, César Michael

4. Se procede a escribir y seleccionamos la fuente "UTPL Braille" la cual fue instalada en el equipo tal como se muestra en la figura N°36.

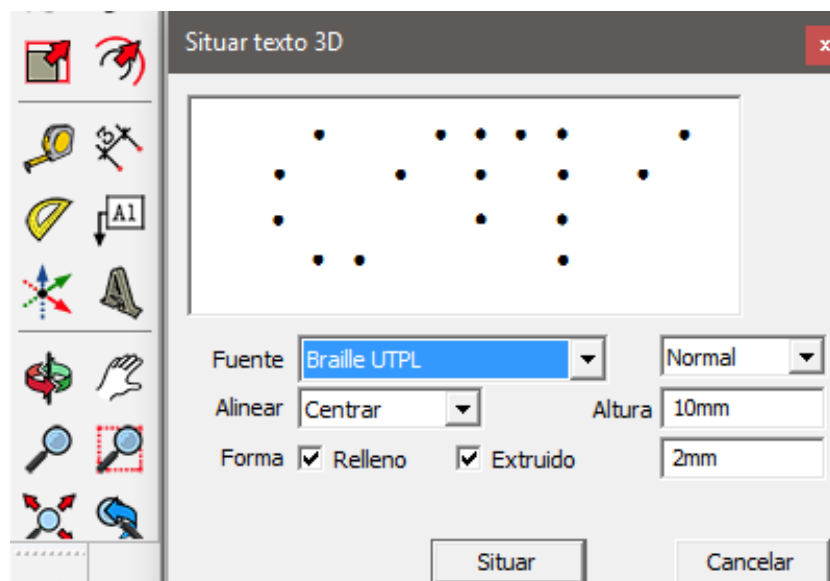


Figura 36. Uso Fuente Braille UTPL 1

Elaborado por: Samaniego Ramón, César Michael

5. Marcamos las opciones Relleno y Extruido, en el primer campo de altura por ejemplo 10mm, es el tamaño de la letra, mientras que 2mm es la altura del relieve tal como se muestra en la figura N°30, damos click en situar y tendremos como resultado las marcas braille generadas en el espacio 3D tal como se muestra en la figura N°37.

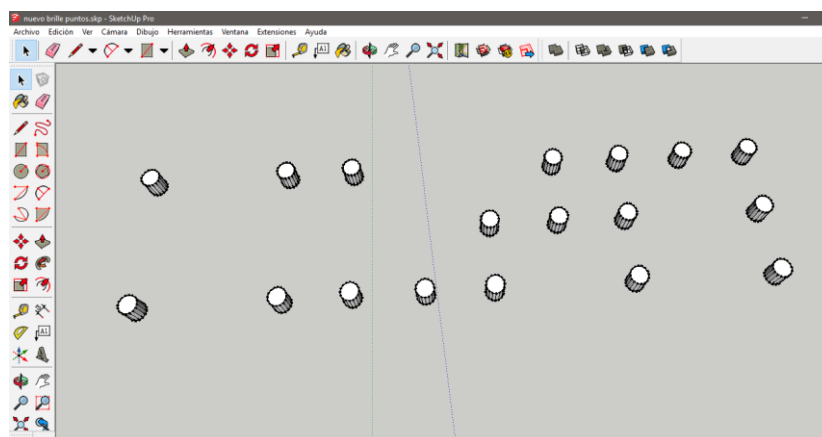


Figura 37. Uso Fuente Braille UTPL 2

Elaborado por: Samaniego Ramón, César Michael

6. Estas marcas pueden ser insertadas dentro de cualquier diseño o se puede optar por hacer una placa para la sujeción de dichas marcas como se muestra en la figura N°38

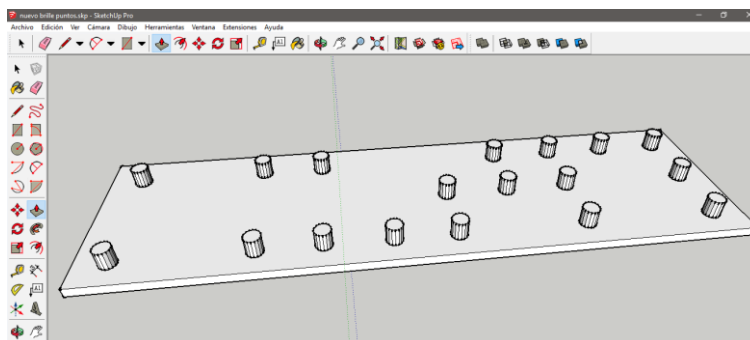


Figura 38. Uso Fuente Braille UTPL 3

Elaborado por: Samaniego Ramón, César Michael

Como conclusión de este apartado tenemos como resultado final la validación de las personas invidentes de las marcas braille generadas por medio de la Fuente Braille UTPL las cuales han sido las más favorables ya que al no constar con el diseño piramidal antes mencionado no lastima la yema de los dedos, la impresora puede interpretar la circunferencia hasta cierto tamaño de letra 8 y el espacio entre puntos es significativo y de fácil comprensión lectora por las personas invidentes.

3.3.2. Configuraciones necesarias.

Al tratarse de una máquina de impresión 3D en la cual consta de un cabezal y una plataforma, existen varias maneras de calibrarla, para poder tener un resultado óptimo las cuales se detallan a continuación:

3.3.2.1. Calibración eje Z

Esta calibración es la distancia existente entre la plataforma de impresión con el cabezal por donde sale el material derretido, esta calibración se la hace con ayuda de una hoja de papel cualquiera, el proceso se lo detalla a continuación:

1. Se ingresa al menú de la impresora CubeX se selecciona la opción Z-grap
2. La impresora moverá el cabezal hasta el centro y subirá la plataforma hasta que se encuentre en la posición de impresión habitual.
3. Colocar la hoja de papel en medio de la plataforma y el cabezal
4. Comenzar a mover la plataforma de arriba hacia abajo o al revés según lo que convenga.
5. Para calibrar correctamente la impresora, la hoja de papel debe estar semi atascada, por la presión entre el cabezal y la plataforma pero que permita deslizarse con un poco de dificultad.
6. Dar en el botón de menú de la CubeX y grabar la posición.

3.3.2.2. Calibración manual

La impresora CubeX que posee la UTPL posee un kit de ensamblaje, el cual consta de una llave de tuercas, tres desarmadores y una espátula, estas herramientas sirven para calibrar la impresora de la siguiente manera:

1. Notar que la plataforma de la impresora se encuentra a desnivel, esto se puede verificar con un nivel de burbuja, en las cuatro esquinas de la plataforma y el centro.
2. Existen tres resortes en la parte baja de la plataforma los cuales están tensionados por tornillos, aquí se debe utilizar la llave de tuercas dedicada para este uso y así darle más tensión a la parte requerida o menos según sea el caso.

3. También se puede optar por mover 3 pequeños cauchos en forma de tornillos, los cuales harán que la cama se desnivele considerablemente en la parte superior e inferior de la plataforma.

Al configurar correctamente la impresora CubeX, también se procedió a cambiar el material, cambiando de ABS Rojo a PLA Peal, este cambio dio un resultado favorable ya que fue la primera vez que se utilizó este tipo de material, sus acabados son de mejor calidad y el grosor de la línea de impresión parece imperceptible y muy agradable al tacto, teniendo también su mayor cualidad el cual es, que en modelos grandes el material al enfriarse no existía demasiada fricción como lo había en el material ABS. Para poner a prueba la calibración que se le realizó a la impresora más los atributos del material PLA, se procedió a realizar varios experimentos al imprimir piezas más detalladas como se muestra a continuación en las figuras N°39 a la N°49 en donde se realiza la impresión de varios modelos, en donde se incluyen la impresión de una placa pequeña de braille y dos bustos de personajes históricos.

La figura N°39 muestra la impresión de las marcas braille en bajo relieve, con el tamaño de letra N°5, con un tiempo de impresión aproximado de 20 minutos.



Figura 39. Impresión CubeX Braille UTPL 1

Elaborado por: Samaniego Ramón, César Michael

La figura N°40 muestra la impresión de las marcas braille piramidales en bajo relieve, con el tamaño de letra N°10, con un tiempo de impresión aproximado de 25 minutos.



Figura 40. Impresión CubeX Puntos Braille Piramidal 6

Elaborado por: Samaniego Ramón, César Michael

Las figuras N°41 y N°42 muestra la impresión de un modelo de prueba descargado de la pagina <http://www.thingiverse.com/>, con un tiempo de impresión aproximado de 2 horas.



Figura 41. Impresión CubeX, Sapo de Prueba de calidad 1

Elaborado por: Samaniego Ramón, César Michael



Figura 42. Impresión CubeX, Sapo de Prueba de calidad 2

Elaborado por: Samaniego Ramón, César Michael

Las figuras N°43, N°44, N°45 y N°46 muestra la impresión de un modelo de prueba incluido en el software de la impresora Cubex del busto de Albert Einsten, con un tiempo de impresión aproximado de 3 horas 40 minutos.



Figura 43. Impresión CubeX, Einstein de Prueba de calidad 1

Elaborado por: Samaniego Ramón, César Michael



Figura 45. Impresión CubeX, Einstein de Prueba de calidad 3

Elaborado por: Samaniego Ramón, César Michael



Figura 44. Impresión CubeX, Einstein de Prueba de calidad 2

Elaborado por: Samaniego Ramón, César Michael

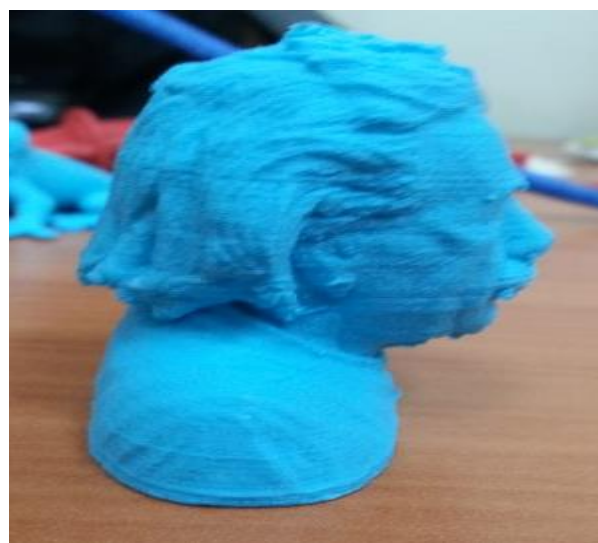


Figura 46. Impresión CubeX, Einstein de Prueba de calidad 4

Elaborado por: Samaniego Ramón, César Michael

Las figuras N°47, N°47y N°49 muestra la impresión de un modelo de prueba incluido en el software de la impresora Cubex del busto de Nelson Madela, con un tiempo de impresión aproximado de 3 horas 40 minutos.



Figura 47. Impresión CubeX, Nelson Madela de Prueba de calidad 1

Elaborado por: Samaniego Ramón, César Michael



Figura 48. Impresión CubeX, Nelson Madela de Prueba de calidad 2

Elaborado por: Samaniego Ramón, César Michael



Figura 49. Impresión CubeX, Nelson Madela de Prueba de calidad 3

Elaborado por: Samaniego Ramón, César Michael

Para concluir con el presente apartado y como resultado de los diversos experimentos realizados aquí, se denota que la calibración de la impresora CubeX es muy importante para poder darle un mejor acabado a las piezas finales, estas configuraciones se deben tenerse en cuenta a la hora de realizar varios tipos de impresión, es decir, si se desea imprimir modelos bastante grandes que ocupe un espacio significativo en la plataforma de impresión se deberá nivelar extremo por extremo a la impresora y ver el estado de la plataforma ya que, es un vidrio

semejante a la baldosa, es frágil a caídas y cualquier daño que exista en él, vera percutida la calidad de impresión. Si se desea una impresión centrada y pequeña, la adecuación del eje Z bastara para dar una mejor impresión.

3.3.3. Diseño de Mapas.

Una vez resuelto el tema de la generación de marcas braille por medio de la fuente de texto Braille UTPL, se pone en consideración la creación de los mapas en relieve, a continuación, se detalla el proceso óptimo y recomendable para el desarrollo de estos mapas.

3.3.3.1. Seleccionar el lugar a tratar.

Primeramente, se debe tener en consideración el lugar de donde se desea realizar un mapa en relieve, este lugar puede ser un campus universitario, mapa de una ciudad, rutas turísticas, infraestructura de un edificio, sitios concurrentes, etc.

3.3.3.2. Buscar fuentes.

Una vez seleccionado el lugar a mapear, se debe buscar información del sitio seleccionado ya sea una imagen satelital, una imagen de Google Maps, un esquema del sitio, un plano en una dimensión y leyendas. Estas fuentes servirán para saber la información que éstos poseen y para poder mapearla de manera correcta, también hay que recalcar que no siempre una imagen de google maps será la mejor opción, ya que en esta aplicación se muestran solo las calles de la ciudad y no edificios o estructuras.

3.3.3.3. Procesar la información

Una vez obtenida la fuente, hay que procesar dicha información, para este apartado existen varias opciones dependiendo de la fuente de información, por ejemplo si se llega a conseguir los planos en Autocad, la importación del mismo es fácil dentro de una aplicación de diseño como lo es Sketchup, mientras si es una imagen tomada desde nuestra cámara o es una foto satelital, es necesario el tratamiento de dichas imágenes de manera especial para poder generar líneas de corte al estilo de Autocad con el formato .dxf este proceso se lo detalla a continuación.

1. Al tener nuestra imagen seleccionada, ya sea .jpg o .mpg se procederá a importar dicha imagen a la aplicación de fotografía Inkscape tal como se muestra en la figura N°50.

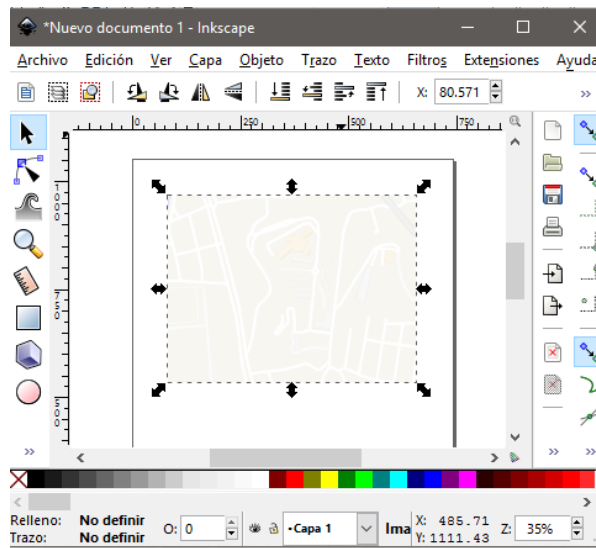


Figura 50. Procesado de Imágenes Planas 1

Elaborado por: Samaniego Ramón, César Michael

2. Luego a la imagen se le hace click derecho y seleccionamos la opción Vectorizar mapa de Bits como se muestra en la figura N°51.

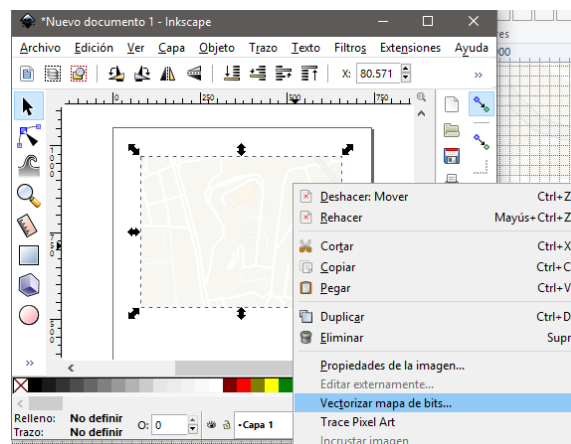


Figura 51. Procesado de Imágenes Planas 2

Elaborado por: Samaniego Ramón, César Michael

3. Aparecerá un menú como se muestra en la figura N°52, en este menú se debe resaltar la opción Vista en Directo y posteriormente ver que acabado nos conviene más, en este caso la escala a grises es la mejor opción y para hacerlo con menos fallas posibles se le pondrá 3 pasadas.

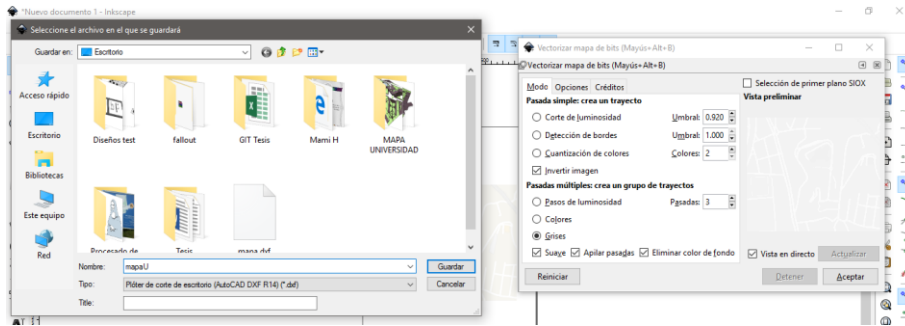


Figura 52. Procesado de Imágenes Planas 3

Elaborado por: Samaniego Ramón, César Michael

4. Una vez obtenida la imagen vectorizada procedemos a “guardar cómo”, el proyecto con el formato de Plotter de corte de escritorio (.dxf) como se muestra en la figura N°53

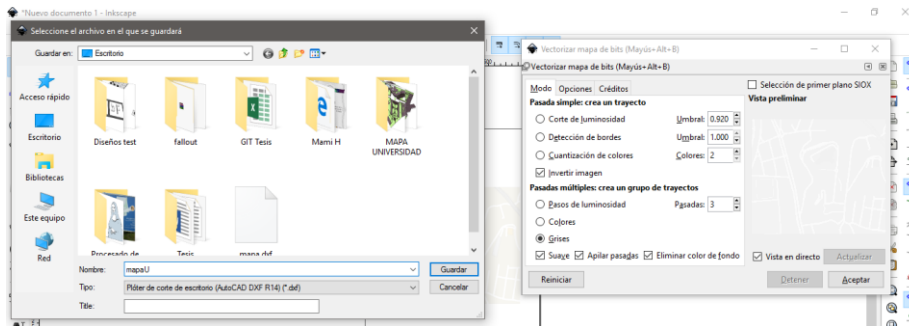


Figura 53. Procesado de Imágenes Planas 4

Elaborado por: Samaniego Ramón, César Michael

3.3.3.4. Importar la información al diseñador 3D

Una vez procesada la imagen se procede a importar en la aplicación de diseño Sketchup, dando click en archivo, y posteriormente en importar. Seleccionamos la opción archivos de Autocad (.dxf , .dwg) como se muestra en la figura N°54.

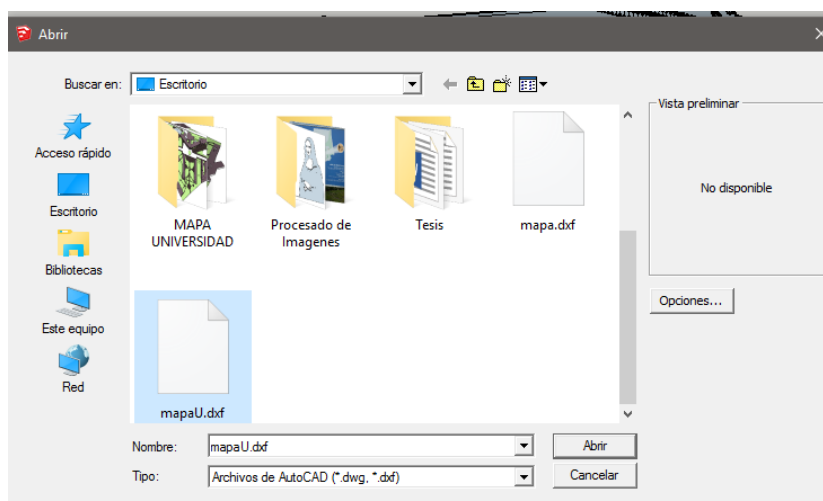


Figura 54. Uso de Sketchup 1

Elaborado por: Samaniego Ramón, César Michael.

3.3.3.5. Tratar y readecuar el modelo 3D

Al importar correctamente la imagen procesada procedemos a adecuarla como más nos convenga, ya sea eliminando cortes de línea extras o eliminar residuos de una calle. Además de darle el relieve necesario a nuestro modelo como se muestra en la figura N°55.

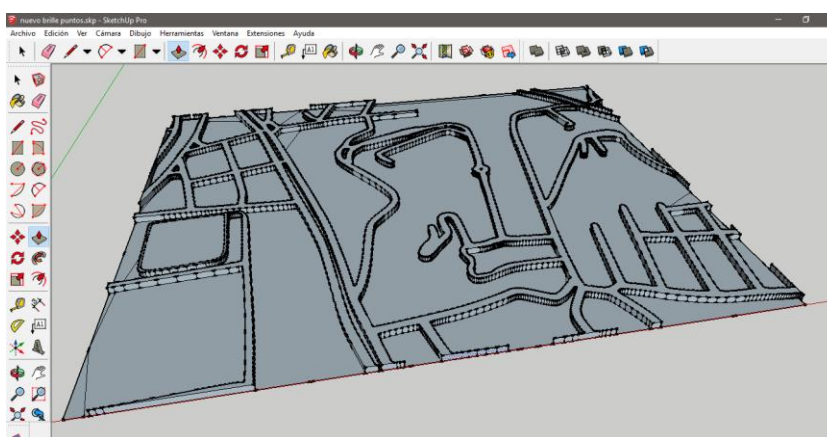


Figura 55. Uso de Sketchup 2.

Elaborado por: Samaniego Ramón, César Michael.

Con todo lo expuesto podemos concluir en este apartado que la generación de mapas en 3D en bajo relieve es de fácil uso, incluso para personas que no tienen conocimiento de diseño en 3D, gracias al procesamiento de imágenes que nos ofrece la aplicación Inkscape y la compilación que integra la aplicación Sketchup en formatos con líneas de corte de Autocad .dxf.

3.4.Discusión final.

Al término del presente capítulo se tiene definido los procesos necesarios para: el diseño de modelos, las configuraciones necesarias para la impresión y el diseño de mapas 3D. Estos procesos servirán para ser acoplados de manera correcta y poder dar solución al objetivo principal del presente trabajo de titulación, el cual es “Definir el proceso del modelado tridimensional incluyendo marcas del sistema de lectura braille, para producir mapas accesibles”.

CAPITULO IV

4. Refinamiento de la solución y pruebas piloto

En el presente apartado se exponen los resultados obtenidos en la sección 3.3. Desarrollo de la Solución. Así como su posterior análisis. Teniendo en cuenta que en el capítulo III se trata acerca de la implementación de métodos por separado, en el presente capítulo se unificaran todos los procesos antes detallados para obtener un solo resultado. Este resultado soluciona el objetivo principal del presente trabajo de titulación y se lo describe a continuación.

4.1.Pruebas en Conjunto

En el apartado 3.3.1 el Diseño en 3D, se comenta acerca de la experiencia con el modelamiento de objetos 3D, y de la forma apropiada de la creación de las marcas braille usando la fuente creada UTPL Braille. El resultado obtenido de dicho apartado fue acoplar modelos ya sean nuestros o de terceros, fusionados con las marcas braille. Seguidamente en el apartado 3.3.2. Configuraciones necesarias, se nombraron procedimientos para la correcta calibración de la impresora 3D CubeX para un mejor acabo de las piezas impresas en él, dando como resultado una impresión de calidad. En el apartado 3.3.3. Diseño de mapas, se da a conocer el proceso de la creación de mapas en 3D, el cual describe un proceso fácil y rápido de usar, dando como resultado un mapa en bajo relieve como se los presenta en el apartado 2.4.7. Mapas 3D con marcas Braille.

El resultado de la fusión de estos apartados nos da la solución al objetivo planteado en el presente trabajo de titulación el cual es, “Definir el proceso del modelo tridimensional incluyendo marcas del sistema de lectura Braille, para producir mapas accesibles”.

Se empezó por realizar pruebas y experimentos de este resultado, imprimiendo parte del campus de la UTPL, y de las calles que lo rodean, para verificar los resultados obtenidos. Esta impresión se la realizo con el material PLA Negro, ya que como se menciona en el apartado 3.3.2. Configuraciones necesarias, el material PLA tiende a tener menor fricción al momento de enfriarse, que el material ABS, siendo este el material adecuado para la impresora actualmente disponible CubeX. Los primeros resultados de la impresión fueron bastantes atractivos como se muestra en la figura N°56 en la cual podemos apreciar una gran parte de la edificación de la UTPL.



Figura 56. Impresión CubeX Mapa UTPL en Bajo relieve 1.

Elaborado por: Samaniego Ramón, César Michael.

Como se muestra en la figura anterior la impresión del campus UTPL es visible y la calidad es la esperada en acabados, tanto el relieve de los edificios como de las áreas verdes que componen la Universidad, seguidamente de esta impresión, se procedió a validar los resultados de este modelo, con nuestros colaboradores Patricio Vera y Edgar Poma, los cuales gustosos de los resultados denotaron ciertas correcciones que deberíamos tomar en cuenta como son:

1. Los relieves dados a los edificios y a las áreas verdes son muy aproximados, lo cual requiere una apreciación más minuciosa con el tacto para poder identificar la diferencia entre estos.
2. Las áreas en blanco que no han sido impresas, pertenecen a parte de las áreas verdes del campus, se recomienda o imprimir todas o ninguna.

Con los resultados de las observaciones de nuestro experimento, se procede a dar un relieve agregado y un escalado más pequeño del mismo sector del campus de la UTPL, los resultados fueron visiblemente mejores, y con más firmeza que el anterior modelo, dándonos como resultado la figura N°57 en donde se muestra el campus UTPL en una escala reducida al 40% del modelo anterior.



Figura 57. Impresión CubeX Mapa UTPL en Bajo relieve 2.

Elaborado por: Samaniego Ramón, César Michael.

Se procedió a validar nuevamente el modelo con nuestros colaboradores Patricio Vera y Edgar Poma, los cuales apreciaron el modelo con su tacto y mencionan que el modelo que se muestra en la figura N°57 tiene un mejor acabado y por ende un mejor sentir con la yema de los dedos, el relieve dado a los edificios era el adecuado y el ideal, pero aun así existieron varias observaciones:

1. La escala del modelo es bastante pequeña y un poco difícil de percibir las áreas verdes.
2. Los pasos peatonales como son: veredas y calles no se pueden apreciar en ningún momento con el tacto, sino con la intromisión de la uña. Se recomendó que estos pasos peatonales tengan una mayor separación para poder sentirlos.

Con estas observaciones se conversó sobre como poder apreciar de mejor manera los pasos peatonales, ya que el motivo de este mapa, no solo es poder apreciar como es el campus de la UTPL en una maqueta, sino también de ayudar a las personas a movilizarse a través de él, por medio del relieve, por lo que se propuso dar un relieve más alto y priorizando los pasos

peatonales y que las áreas verdes del campus tengan un menor relieve, de esta manera se podrá identificar los pasos peatonales, conservando el relieve de los edificios.

Los modelos impresos que se muestran en las figuras N°55 y N°56, tienen las marcas braille en la cima de cada edificio, pero la escala de los mismos objetos hace que, la impresora CubeX no detecte dichos puntos y simplemente los anule, lo cual implica una corrección del espesor de las marcas de braille.

4.2. Resultados

Con las observaciones realizadas por nuestros colaboradores Patricio Vera y Edgar Poma, se procede a corregir el mapa del campus UTPL dando un relieve más perceptible en los pasos peatonales y realizando un escalado mayor a la impresión del campus, también se corrigió la fuente braille, la cual ahora posee puntos más adecuados e identificables para la impresión 3D, además estas ahora cuentan con una base identificadora, para saber la ubicación correcta de lectura. Estas correcciones dieron lugar al mapa mostrado en la figura N°58 en la cual podemos apreciar el fruto de nuestro trabajo. Y en la figura N°59 se muestra la apreciación del mapa fabricado, por nuestro colaborador Patricio Vera.



Figura 58. Impresión CubeX Mapa UTPL en Bajo relieve Con Marcas Braille.

Elaborado por: Samaniego Ramón, César Michael.

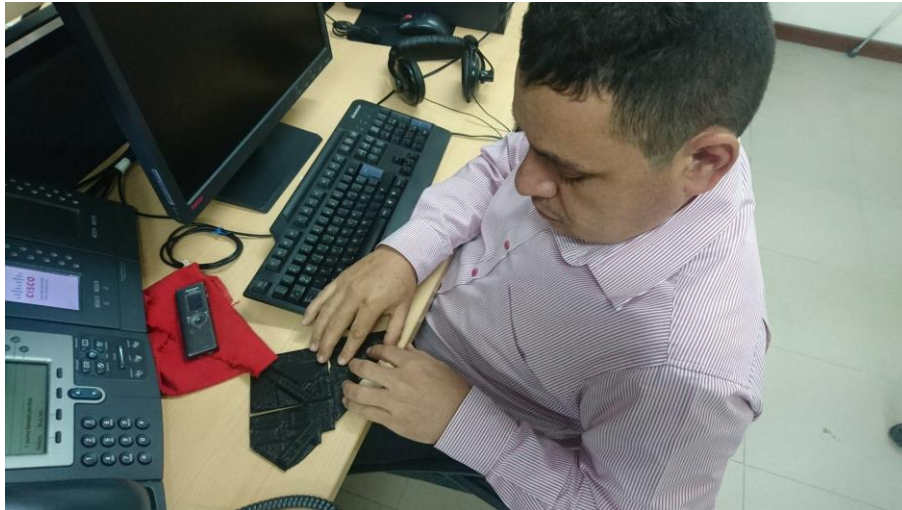


Figura 59. Impresión CubeX Mapa UTPL en Bajo relieve Con Marcas Braille.

Elaborado por: Samaniego Ramón, César Michael.

Finalmente impreso el modelo, se procedió a la validación del mismo con ayuda de nuestros colaboradores, además de dos estudiantes de la UTPL los cuales también son invidentes, estas personas validaron el resultado final de nuestro trabajo con una gran aprobación, y pusimos a prueba el mapa, tratando de que sin ayuda, ellos puedan interpretar los caminos que cotidianamente usan para llegar de un punto a otro dentro del campus, lo cual fue un éxito, al igual que la comprensión lectora de las marcas braille dentro del modelo e impresas en una placa adicional como se muestra en la figura N°60 en donde se tiene impreso las letras UTPL en relieve, con las marcas braille debajo. Y en la figura N°61 se muestra a nuestro colaborador constatando el resultado de la impresión.



Figura 60. Impresión CubeX Placa UTPL en Bajo relieve y marcas Braille.

Elaborado por: Samaniego Ramón, César Michael.

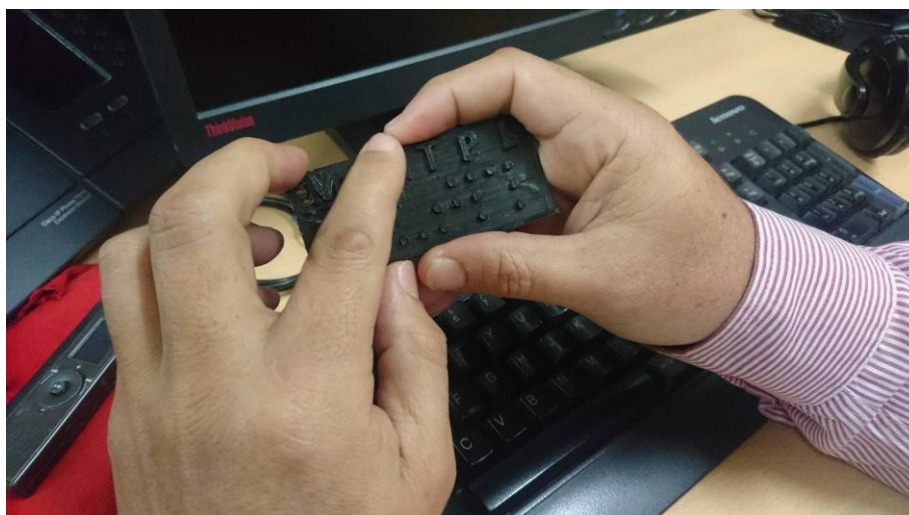


Figura 61. Impresión CubeX Placa UTPL en Bajo relieve y marcas Braille.

Elaborado por: Samaniego Ramón, César Michael.

4.3.Discusión final.

A la culminación del presente capítulo, se demuestra cómo usando los métodos establecidos en el capítulo III, al trabajar en forma conjunta pueden generar un mapa 3D en bajo relieve con marcas braille, solventando así el objetivo planteado en el capítulo I y por ende al tema del trabajo de titulación, dando como resultado un mapa en el cual las personas invidentes puedan beneficiarse al acceder a más información representada de manera correcta, a través de modelos 3D en bajo relieve con marcas braille.

CONCLUSIONES

A partir de los resultados obtenidos en el capítulo 4, se determina el proceso para generar mapas 3D en bajo relieve con marcas braille inmersas en él. A continuación, se enuncian las conclusiones del presente trabajo de titulación de manera sintetizada:

Los mapas 3D en bajo relieve con marcas braille, son un factor positivo para la mejora de la orientación y la comprensión del entorno para las personas invidentes.

La introducción del sistema braille en los mapas 3D en bajo relieve, mejoran la comprensión, al igual que la usabilidad por parte de los usuarios con deficiencia visual, además de determinar no solo el lugar sino también su nombre expuesto en marcas braille.

La impresión 3D es una tecnología a explotar, gracias a su versatilidad en los diferentes campos científicos y tecnológicos tal como mencionamos en el apartado 2.4. donde se indican trabajos realizados con la impresión 3D.

Se demuestra también que la impresión de mapas 3D con sistema braille, es una manera muy óptima para la ayuda y beneficios de muchas personas, según la validación de algunos colaboradores invidentes mencionados en el trabajo de titulación.

La investigación realizada nos permitió visibilizar la importancia que tiene el sistema braille sobre las personas invidentes, permitiéndonos concluir que mientras más instituciones adopten este sistema contribuirán más eficientemente al desarrollo de la sociedad.

Según los resultados obtenidos de las implementaciones y las varias pruebas realizadas, se concluye manifestando que la manera más adecuada de realizar un mapa 3D es por medio de imágenes y la utilización de las herramientas Inkscape y Sketchup gracias a su versatilidad para realzar los relieves y la inclusión del sistema braille en el modelo.

RECOMENDACIONES

En forma general se recomienda:

Los objetos creados bajo el proceso detallado en el presente trabajo de titulación, tienen la función de adecuar los sitios públicos para las personas discapacitadas visualmente, por medio del sistema braille y mapas en bajo relieve.

El uso de la impresión 3D en diversas áreas para la creación de recursos educativos y formativos. Con la finalidad de que el proceso de enseñanza y aprendizaje para las personas invidentes sea más eficiente.

Se recomienda que al adquirir una impresora 3D, ésta tenga más de un cabezal, ya que se fusionaran distintos materiales, lo que supondrá un mejor acabado, tanto visual como táctil. Además de poseer una cama hermética, la cual controlara la fricción del material, cuando este se enfríe, evitando el levantamiento de los extremos del modelo sujeto a la base. Además de que la impresora pueda admitir cualquier tipo de material, y de cualquier fabricante.

Se recomienda prever el tiempo de impresión ya que este varía de acuerdo al tipo de acabado que se desea, además este tiempo varía según el tamaño de la pieza, y si el tiempo es muy largo se recomienda dividir el modelo en dos secciones para ser impreso, caso contrario, la impresión deberá pausarse teniendo la probabilidad de que al reanudar la impresión el modelo se eche a perder, así también al apresurar la impresión con la opción de impresión rápida las piezas tendrán un mal acabo y resultara en desperdicio del material.

Las piezas no siempre tendrán un acabado óptimo, por lo que se recomienda pulir las piezas luego de su impresión, ya sea con lijas o embarnizando el modelo.

Se recomienda un mantenimiento periódico de la impresora 3D ya que las piezas que la conforman deben estar calibradas y en buen estado para que se realice la impresión.

TRABAJO FUTURO

Cualquier trabajo a futuro que trate acerca de la impresión 3D como apoyo a la accesibilidad, deberá tener en cuenta el presente trabajo de titulación, ya que le servirá como una fuente de información y apoyo, en la creación de objetos 3D y la inclusión de marcas braille dentro del modelado. A continuación, se detallan varias formas en la que se utiliza la impresión 3D:

Entorno educativo: La creación de material educativo, relacionado al tema de estudio, esto puede darse por medio de la impresión de objetos tales como figuras geométricas en el ámbito de matemáticas, partes del cuerpo humano en el ámbito de biología, plantillas de escritura para el ámbito de lengua y literatura, el diseño de objetos para un estudio experimental, etc.

Entorno de apoyo: Como la creación de partes para la sujeción de objetos, creación de piezas propias como carcasas, reparación de objetos, creación de letreros, creación de objetos destinados a ayudar al usuario.

Entorno de arte: Se puede llegar a representar valiosas pinturas de arte por medio de la impresión 3D para obtener una copia de la misma y no deteriorar la pintura original, La creación de bustos de personajes conocidos, esculturas arquitectónicas para la decoración o exposición.

Entorno de la ingeniería: La creación de piezas para realizar experimentos, instrumentos que nos ayuden a realizar un trabajo o estudio, recreación de objetos para ser utilizados como repuestos. Creación de modelos matemáticos como estructuras de apoyo o modelos físicos tales como moléculas y estructuras anatómicas.

Entorno social: La impresión de prótesis de bajo coste para las personas carentes de algún miembro, tales como la piernas o brazos. Estos pueden ser acompañados por circuitos que por medio de estímulos musculares realicen una acción o un movimiento (Ramírez & Ruiz, 2008). La impresión de órganos por medio de células madre para la recuperación de un tejido corporal.

Otros entornos: En lo que se refiere a indumentaria se puede plasmar de manera física la idea de algún tipo de vestimenta o calzado a la medida, además en la actualidad se ha experimentado con la impresión de comida 3D que al reemplazar los filamentos termoplásticos

por comida solidificada han realizado diseños de platos para una mejor presentación del mismo.

Esto se podrá conseguir con el proceso detallado en el presente trabajo de titulación, explícitamente en el apartado 3.3. diseño de la solución, donde se muestra un procedimiento el cual se puede tratar cualquier imagen unidimensional y generar de ella un plano, el cual puede modificarse y darse relieve para la generación de un modelo en 3D.

DIVULGACIÓN DEL TFT

Los resultados previos y finales del presente trabajo de titulación, han sido mostrados en dos eventos:

- 1) CREAD ANDES Y ENCUESTRO VIRTUAL EDUCA ECUADOR (caled-ead.org, 2016). Congreso desarrollado con el fin de reflexionar sobre trabajos realizados enfocados a brindar una mejor accesibilidad a la educación superior a distancia, a nivel de Latinoamérica y el Caribe, así como en África, Asia y Europa, con la participación de representantes y expertos de organismos a nivel nacional e internacional. En el cual se presentó el tema MATERIAL EDUCATIVO PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD VISUAL APLICANDO IMPRESIÓN 3D; el mismo que está vinculado al presente trabajo de titulación, el objetivo de este tema es la creación de material educativo como apoyo a la educación basándonos en el proceso de creación de objetos que se plantea en el apartado 4.1 diseño de la solución.
- 2) 4Sentidos (Amboage, 2017) taller organizado por las escuelas de gastronomía y turismo de la UTPL, el objetivo principal del mismo es dar a conocer el entorno que viven las personas con discapacidad visual y promover el turismo de las mismas, además de la exposición del presente trabajo de titulación y sus posibles usos como apoyo a la accesibilidad en cualquier entorno.

BIBLIOGRAFÍA

- Barthes, R. (1997). El Placer del texto ;seguido por Lección inaugural de la cátedra de semiología lingüística del Collège de France pronunciada el 7 de enero de 1997. Teoría.
- Bejarano, G. (15 de enero de 2012). Educación en 3d. Obtenido de <https://prezi.com/djc4crm12suh/impresion-3d-en-educacion/>
- blastingnews. (25 de Enero de 2015). blastingnews. Obtenido de <http://es.blastingnews.com/tecnologia/2015/01/la-realidad-aumentada-llega-en-google-translate-00245869.html>
- caled-ead.org. (25 de Septiembre de 2016). Obtenido de caled_ead.org: <http://caled-ead.org/sites/default/files/files/libro-comunicaciones-cread.pdf>
- Canal News Ecuador. (18 de Agosto de 2016). Impresión 3D, oportunidad en crecimiento. Obtenido de <http://www.canalnews.ec/category-canales/650-tema-central-impresion-3d-oportunidad-en-crecimiento>
- Castro, W. (14 de 08 de 2015). Unos tipos duros. Obtenido de Ambientes virtuales interactivos para niños ciegos: computación: <http://www.unostiposduros.com/>
- Corbeto, A., & Garone, M. (2006). Historia de la tipografía. Mexico: Mc Graw Hill.
- Domínguez, I., Romero, L., Espinosa, M., & Domínguez, M. (2013). Impresión 3D de maquetas y prototipos en arquitectura y construcción. Revista de la construcción, 27.
- Feliz Murias, T., & Ricoy Lorenzo, M. C. (2004). El sistema braille como recurso de enseanza-aprendizaje en la formación inicial del profesorado. Braille as a Learning/teaching Resource in Initial Teacher Training, (14), 79-89.
- Fernandez, J. J. (14 de octubre de 2013). Arte de disponer 3d. Obtenido de <https://prezi.com/ahpke94di8qp/arte-de-disponer-correctamente-el-material-de-imprimir-de-a/>
- Gong, J. (2004). 3D gel printer. Kobunshi, 63 (8), 532-533.
- Guerreiro, J., Gonçalves, D., Marques, D., Guerreiro, T., Nicolau, H., & Montague, K. (2013). The today and tomorrow of Braille learning. Proceedings of the 15th International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility - ASSETS, 13, 1-2.
- Hachman, M., & Murray, M. (2013). THE COOLEST 3D PRINTER PROJEcTS. PC Magazine. IBMdeveloperWorks. (19 de Junio de 2010). Obtenido de IBMdeveloperWorks.com: <https://www.ibm.com/developerworks/library/os-social-secondlife/>
- Knill, O., & Slavkovsky, E. (2013). Thinking like Archimedes with a 3D printer. arXiv Preprint arXiv:130, 1-16.
- Lambert, R. (2014). La revolución táctil. Obtenido de Los fabricantes de pantalla táctiles, decididos a hacer realidad la ciencia ficción: <http://compassmag.3ds.com/es/1/Investigacion/LA-REVOLUCION-TACTIL>

Letcher, T., & Waytashek, M. (2014). Material Property Testing of 3D-Printed Specimen in PLA on an Entry-Level 3D Printer. *Advanced Manufacturing*, Volume 2A.

Ramírez, T., & Ruiz, D. (Marzo de 2008). Repositorio UTPL. Obtenido de dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/14653/1/1019044.pdf

Rodriguez, B. (2010). Discapnet. Obtenido de Signos Braile accesibilidad: http://usuarios.discapnet.es/ojo_oido/sistema_braille.htm

Rosenzweig, D., Carelli, E., Steffen, T., Jarzem, P., & Haglund, L. (2015). 3D-Printed ABS and PLA Scaffolds for Cartilage and Nucleus Pulposus Tissue Regeneration. *International Journal of Molecular Sciences*, 16(7).

Ruiz, J., & Danvila, I. (2009). Las nuevas tecnologías como herramientas que facilitan la la educación formativa. Madrid: Universidad Complutense de Madrid.

Silicon news. (10 de 9 de 2015). Talking campus. Obtenido de <http://www.silicon.es/>

Tecnoneo. (2015). Cubo de rubik braile con caras. Obtenido de <http://www.tecnoneo.com/2015/05/cubo-de-rubik-braille-con-caras.html>

Venegas, C. (2005). Accesibilidad en web para personas con discapacidad visual. *Síntesis tecnológica*, 1-10.

Wikipedia.org. (28 de Enero de 2017). Obtenido de Wikipedia/IBM: <https://es.wikipedia.org/wiki/IBM>