



**UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**



**MODELO DENTAL PEDIÁTRICO PARA ENSEÑANZA EN
ODONTOLOGÍA**

POR

Aníbal Ignacio Barrales Navarrete

Memoria de Título presentada a la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Concepción para optar al título profesional de Ingeniero Civil Biomédico

Profesores Guía

Esteban Pino Quiroga, PhD

Claudia Fierro Monti, PhD

Comisión evaluadora

Pamela Guevara Álvez, PhD

Agosto 2022 Concepción (Chile)

© 2022 Aníbal Ignacio Barrales Navarrete

© 2022 Aníbal Ignacio Barrales Navarrete

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento.



Agradecimientos

A mis padres, Lidia y Pedro, por su amor incondicional, por darme los mejores consejos que un hijo pueda necesitar, por confiar en mí y en mis decisiones. Gracias de todo corazón por todo el esfuerzo y educación que me han entregado, ya que es debido a ustedes es que me he convertido en la persona que soy ahora. Los amo y siempre será así.

A mis abuelos, gracias por escucharme, ayudar con mi crianza, por mis sentimientos y pasar un mundo de emociones felices en su compañía, no los olvidaré nunca. Los amo mucho y siempre mantendré su memoria, sus enseñanzas y sugerencias en mi corazón.

A mis amigos personales, Alejandro, Macarena, Sebastián, Marcelo y Cristina, gracias por estar siempre acompañándome, llenando mi vida de recuerdos felices y dando todo el apoyo necesario para seguir adelante.

A mis compañeros de carrera, Patrick, Gonzalo, Fabián, Gabriel, Jeremías y Felipe, sus consejos, inteligencia y buena vibra me acompañaran a donde vaya, gracias por esas increíbles memorias que pasamos juntos.

A mis compañeras de carrera, Fernanda, Francisca, Rayen, Anhelina y María Fernanda, por siempre estar ahí sin importar la situación, por acompañarme a comprar materiales pese a que quedaban a kilómetros de distancia. Son las mejores amigas que podría pedir y les deseo lo mejor en sus futuros, estoy seguro que llegaran lejos.

A mi “Equipo Electrónico”, Jose y Carla, gracias a ustedes desperté ese sentimiento por trabajar en proyectos electrónicos, esa sensación de satisfacción una vez que un sistema funciona se la debo a ustedes, agradezco su compañerismo y sentido del trabajo. Su amistad dejo una gran marca en mi corazón que llevare a todos lados, el mejor equipo que podría pedir para mis laboratorios y por lejos.

Finalmente, pero no menos importante, gracias a todas las personas que participaron en este proceso. A mis profesores Esteban y Claudia, gracias por apoyarme en este proyecto, por creer en mí y en aconsejarme en el mejor curso de acción para llevar a la luz mis ideas. Doctora, le agradezco de corazón su paciencia y enseñanza a lo largo de este proceso. Camilo y Constanza, gracias por su ayuda en la clínica cuando la necesite, fueron un equipo excelente. Fabián, muchas gracias por tu sabiduría, por todas esas conversaciones entretenidas que teníamos en el laboratorio, por ser un gran amigo. A los alumnos de Odontología que participaron en este trabajo y a toda persona que sin conocerme me ayudaron en este proceso y me brindaron su apoyo. Gracias a todos.

Resumen

Los procedimientos odontológicos suelen ser dolorosos. Para poder trabajar sin problemas los odontólogos utilizan la anestesia en los pacientes para contrarrestar el dolor. Inyectar la anestesia es complicado, sumarle a ello que el paciente sea un niño solo dificulta las cosas. Se necesita mucha experiencia, control del paciente y seguridad propia para lograr una inyección exitosa. Errar en la punción puede generar un sinnúmero de percances tanto para el paciente como para el odontólogo. Los estudiantes en odontología deben practicar bastante para llegar a ser profesionales íntegros que puedan superar este desafío. Para esto, el desarrollo de los simuladores anestésicos, también denominados fantasmas anestésicos es crucial, representan la anatomía casi de una manera perfecta, asegurando que el estudiante esté en un ambiente controlado, mientras se entrena en las punciones y las maneras adecuadas para administrarlas. Si bien el mercado ofrece una variedad de fantasmas de adultos para la práctica, el caso cambia en el ámbito de los simuladores pediátricos.

Por esta razón, el presente trabajo de memoria de título tiene como objetivo el diseñar y fabricar un sistema que ayude a enseñar el cómo administrar de manera correcta una inyección anestésica en niños. Este sistema lleva el nombre de simulador odontopediátrico, el cual es destinado a la enseñanza de las técnicas anestésicas que adormecen los nervios alveolares superiores e inferiores. El sistema posee un sistema de retroalimentación sonora al momento de lograr con éxito el contacto con alguna de las 13 zonas presentes en el modelo. Para realizar esto se consta de una base ya existente de un previo simulador pediátrico, el cual fue fabricado en el año 2019.

En cuanto a la metodología, luego de obtener la opinión de docentes en odontología y definir los desafíos que presenta el simulador anterior, se utiliza este mismo sistema como base principal. Esta, luego es combinada con un archivo anatómico de un paciente pediátrico, lo que da como resultado un nuevo modelo odontológico, que luego es impreso mediante impresoras 3D. El modelo es ensamblado y está listo para ser utilizado en un ambiente clínico. El nuevo modelo presenta una variedad de rasgos a destacar, el apartado sonoro, la capacidad de intercambiar agujas, 13 puntos diferentes para probar las técnicas anestésicas y la implementación del músculo masetero.

El resultado final es un producto económico y de un bajo tiempo de producción. Para validar su uso se prueba la funcionabilidad del modelo con la ayuda de 43 estudiantes de la carrera de Odontología de la Universidad de Concepción. Luego de la evaluación, el producto es catalogado con un puntaje sobre 4.0 en todas las preguntas evaluadas, en una escala del 1 al 5. Según lo anterior, el modelo se considera un aparato útil para la práctica de las técnicas odontopediátricas.

Abstract

Dental procedures are often painful. In order to work smoothly, dentists use anesthesia on patients to counteract the pain. Injecting anesthesia is complicated, and the fact that the patient is a child only makes things more difficult. It takes a lot of experience, patient control and self-confidence to achieve a successful injection. Making a mistake in the puncture can generate a number of mishaps for both the patient and the dentist. Dental students must practice a lot in order to become professionals of integrity who can overcome this challenge. To this end, the development of anesthetic simulators, also called anesthetic phantoms, is crucial. They represent the anatomy almost perfectly, ensuring that the student is in a controlled environment, while training in punctures and the proper ways to administer them. While the market offers a variety of adult phantoms for practice, the case changes in the realm of pediatric simulators.

For this reason, the present dissertation aims to design and manufacture a system that helps to teach how to correctly administer an anesthetic injection in children. This system is called odontopediatric simulator, which is intended for teaching anesthetic techniques that numb the upper and lower alveolar nerves. The system has a sound feedback system at the moment of successfully achieving contact with any of the 13 zones present in the model. The system is based on a previous pediatric simulator, which was manufactured in 2019.

As for the methodology, after obtaining the opinion of dental teachers and defining the challenges presented by the previous simulator, this same system is used as the main base. This is then combined with an anatomical file of a pediatric patient, resulting in a new dental model, which is then printed using 3D printers. The model is assembled and ready to be used in a clinical setting. The new model has a variety of features to highlight, the sound section, the ability to exchange needles, 13 different points to test anesthetic techniques and the implementation of the masseter muscle.

The end result is an economical product with a low production time. To validate its use, the functionality of the model is tested with the help of 43 students of the Dentistry course of the Universidad de Concepción. After the evaluation, the product is rated with a score over 4.0 in all the questions evaluated, on a scale from 1 to 5. According to the above, the model is considered a useful device for the practice of pediatric dentistry techniques.

Tabla de Contenidos

| | |
|--|-------------|
| LISTA DE TABLAS | VIII |
| LISTA DE FIGURAS | IX |
| ABREVIACIONES..... | XI |
| CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN | 1 |
| 1.1. INTRODUCCIÓN GENERAL..... | 1 |
| 1.2. OBJETIVOS | 2 |
| 1.2.1 <i>Objetivo General</i> | 2 |
| 1.2.2 <i>Objetivos Específicos</i> | 2 |
| 1.3. ALCANCES Y LIMITACIONES..... | 2 |
| 1.4. MATERIALES..... | 3 |
| 1.5. METODOLOGÍA | 3 |
| 1.6. TEMARIO..... | 3 |
| CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO | 5 |
| 2.1. INTRODUCCIÓN | 5 |
| 2.2. MARCO TEÓRICO..... | 5 |
| 2.2.1 <i>Anatomía Maxilar Inferior</i> | 5 |
| 2.2.2 <i>Anatomía Maxilar Superior</i> | 6 |
| 2.2.3 <i>Tipos de dentición</i> | 7 |
| 2.2.4 <i>Músculo Masetero</i> | 9 |
| 2.2.5 <i>Nervios en odontología</i> | 10 |
| 2.2.6 <i>Anestesia en odontopediatría</i> | 12 |
| 2.3. TRABAJOS PREVIOS | 13 |
| 2.3.1 <i>Modelo anatómico de dentadura AG-3</i> | 13 |
| 2.3.2 <i>Modelo odontológico DRSK</i> | 14 |
| 2.3.3 <i>Modelo de cabeza dental Frasaco</i> | 14 |
| 2.3.4 <i>Simulador dental DentSim</i> | 15 |
| 2.4. DISCUSIÓN | 16 |
| CAPÍTULO 3. DESAFÍOS Y PROCEDIMIENTO..... | 17 |
| 3.1. INTRODUCCIÓN | 17 |
| 3.2. DESAFÍOS..... | 18 |
| 3.2.1 <i>Modificaciones de la dentadura</i> | 18 |
| 3.2.2 <i>Agregar músculo Masetero</i> | 18 |
| 3.2.3 <i>Soporte de la jeringa</i> | 19 |
| 3.2.4 <i>Soporte de la silla</i> | 20 |
| 3.2.5 <i>Largo del cable de la jeringa y conexión con la aguja</i> | 21 |
| 3.2.6 <i>Modificaciones al sistema eléctrico</i> | 22 |
| 3.3. PROCEDIMIENTO | 23 |
| 3.3.1 <i>Recopilación y visualización de archivos</i> | 24 |
| 3.3.2 <i>Diseño del nuevo modelo odontológico</i> | 27 |
| 3.3.3 <i>Diseño 3D de la estructura de soporte</i> | 29 |
| 3.3.4 <i>Impresión 3D y ensamblaje del modelo</i> | 32 |
| CAPÍTULO 4. RESULTADOS | 41 |
| 4.1. PRESENTACIÓN DEL SIMULADOR CLÍNICO | 41 |
| 4.2. EVALUACIÓN | 46 |
| 4.2.1 <i>Marco metodológico</i> | 46 |
| 4.2.2 <i>Resultados de la evaluación</i> | 47 |
| CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES | 52 |
| 5.1. DISCUSIÓN | 52 |

| | | |
|--------------------------|---|-----------|
| 5.2. | CONCLUSIONES | 53 |
| 5.3. | TRABAJO FUTURO..... | 54 |
| BIBLIOGRAFÍA..... | | 55 |
| ANEXO 1. | ESPECIFICACIONES DE LOS MATERIALES | 59 |
| ANEXO 2. | INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN | 62 |



Lista de Tablas

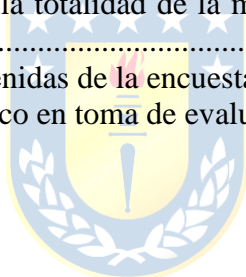
| | |
|--|----|
| TABLA. 4.1 Sumario de tiempo de trabajo del proceso de fabricación del simulador clínico utilizando dos impresoras 3D trabajando en paralelo | 45 |
| TABLA. 4.2 Materiales y costos asociados al proceso de fabricación del modelo odontopediátrico | 46 |
| TABLA. 4.3 Participación de alumnos de 4to y 5to año segmentados por sexo | 47 |



Lista de Figuras

| | |
|---|----|
| Fig. 2.1 Anatomía del maxilar inferior [25] | 6 |
| Fig. 2.2 Anatomía del maxilar superior [26] | 7 |
| Fig. 2.3 Dentadura temporal y permanente con sus respectivas caídas y erupciones [27] | 8 |
| Fig. 2.4 Posición Anatómica del Músculo Masetero [28] | 9 |
| Fig. 2.5 Trayectoria del Nervio Maxilar [29] | 11 |
| Fig. 2.6 Trayectoria del Nervio Mandibular [30] | 11 |
| Fig. 2.7 Anestesia Infiltrativa Troncular al nervio dentario inferior [31] | 13 |
| Fig. 2.8 Modelo anatómico de dentadura AG-3 [16] | 13 |
| Fig. 2.9 Modelo odontológico DRSK [17] | 14 |
| Fig. 2.10 Modelo de cabeza dental Frasaco [18] | 15 |
| Fig. 2.11 Simulador dental DentSim [19] | 16 |
| Fig. 3.1 Modelo dental pediátrico desarrollado en el año 2019 [5] | 17 |
| Fig. 3.2 Dentadura mixta presente en el modelo odontológico del año 2019 [5] | 18 |
| Fig. 3.3 Vista lateral sin el músculo Masetero del modelo odontológico del año 2019 [5] | 19 |
| Fig. 3.4 Vista lateral del soporte de la jeringa [5] | 20 |
| Fig. 3.5 Vista superior del soporte de la jeringa [5] | 20 |
| Fig. 3.6 Partes del soporte de la silla [5] | 21 |
| Fig. 3.7 Modalidad de silla larga [5] | 21 |
| Fig. 3.8 Vista superior del largo del cable que conecta la jeringa con la caja eléctrica [5] | 22 |
| Fig. 3.9 Sistema de aviso de punción exitosa en donde se observa el Led color rojo y el agujero del buzzer [5] | 23 |
| Fig. 3.10 Circuito eléctrico observado dentro de la caja [5] | 23 |
| Fig. 3.11 Modelo odontológico del paciente de 7 años sin patología en la interfaz de <i>Meshmixer</i> . (1) Vista anterior. (2) Vista posterior. (3) Vista lateral izquierda. (4) Vista lateral derecha. (5) Vista superior. (6) Vista inferior. | 25 |
| Fig. 3.12 Modelo del fantoma pediátrico sin patología en la interfaz de <i>Meshmixer</i> . (1) Vista anterior. (2) Vista posterior. (3) Vista lateral izquierda. (4) Vista lateral derecha. (5) Vista superior. (6) Vista inferior. | 26 |
| Fig. 3.13 Diseño del nuevo modelo odontológico en la interfaz de <i>Meshmixer</i> . (1) Vista anterior. (2) Vista posterior. (3) Vista lateral izquierda. (4) Vista lateral derecha. (5) Vista superior. (6) Vista inferior. | 28 |
| Fig. 3.14 Sujetadores para la cabecilla de la silla en la interfaz de <i>Fusion 360</i> . (1) Sujetador del lado izquierdo. (2) Sujetador del lado derecho. | 30 |
| Fig. 3.15 Caja para guardar el sistema eléctrico en la interfaz de <i>Fusion 360</i> | 31 |
| Fig. 3.16 Tapa de la caja con los soportes para jeringa “carpule” en la interfaz de <i>Fusion 360</i> | 31 |
| Fig. 3.17 Cilindro conector en la interfaz de <i>Fusion 360</i> | 31 |
| Fig. 3.18 Impresora 3D <i>Monoprice Maker Ultimate</i> . [32]. | 32 |
| Fig. 3.19 Unión entre los sujetadores y la caja que contiene el sistema eléctrico. | 33 |
| Fig. 3.20 Vista superior de la caja, en donde se observa el sistema de sujeción de la jeringa “carpule”. | 34 |
| Fig. 3.21 Circuito eléctrico para el simulador odontopediátrico con voltaje de salida 9 [V]. B = Buzzer de 9 [V]. PE13 = Puntos exitosos para los 13 bloqueos anestésicos. J = Punto de conexión Jeringa. | 36 |
| Fig. 3.22 Punciones exitosas con dimensiones de 5 [mm] x 5 [mm]. Técnicas de bloqueo infiltrativa terminal (1). Técnicas del bloqueo al nervio alveolar superior medio anterior junto con la técnica del | |

| | |
|--|----|
| bloqueo al nervio nasopalatino (2)..... | 36 |
| Fig. 3.23 Punciones exitosas con dimensiones de 12 [mm] x 7 [mm]. Técnicas de bloqueo al nervio alveolar inferior. Izquierda (1). Derecha (2) | 37 |
| Fig. 3.24 Posición de los imanes de Neodimio sobre la jeringa “carpule”..... | 38 |
| Fig. 3.25 Cilindro conector impreso unido al sistema eléctrico. Vista Superior (1). Vista Frontal ... | 38 |
| Fig. 3.26 Vista inferior del simulador odontopediátrico en donde se observan los puntos de sujeción del músculo masetero en la base del modelo. | 39 |
| Fig. 3.27 Músculo masetero presente en el modelo odontológico pediátrico. Vista lateral Izquierda (1). Vista lateral Derecha (2)..... | 40 |
| Fig. 4.1 Puntos de punción cubiertos por silicona blanca. Punciones cubiertas infiltrativas terminales (1). Punción nasopalatina y bloqueo al nervio alveolar superior cubiertos (2). Punción al nervio alveolar inferior izquierdo cubierta (3). Punción al nervio alveolar inferior derecho cubierta (4).... | 42 |
| Fig. 4.2 Sistema de retroalimentación sonoro presente en el interior de la caja. Se observa la batería de 9 [V] conectada a un buzzer. | 43 |
| Fig. 4.3 Jeringa “Carpule” ubicada en su sistema de sujeción..... | 43 |
| Fig. 4.4 Vista frontal del nuevo modelo odontológico pediátrico..... | 44 |
| Fig. 4.5 Distribución de respuestas referente a la experiencia (práctica) previa con algún simulador odontopediátrico. (1) Porcentaje en relación a la totalidad de la muestra. (2) Segmentación por los cursos intervenidos..... | 48 |
| Fig. 4.6 Distribución de respuestas referente a la experiencia (práctica) previa con algún caso clínico pediátrico. (1) Porcentaje en relación a la totalidad de la muestra. (2) Segmentación por los cursos intervenidos. | 48 |
| Fig. 4.7 Comparación de respuestas obtenidas de la encuesta de satisfacción | 49 |
| Fig. 4.8 Intervención del simulador clínico en toma de evaluación..... | 51 |



Abreviaciones

Mayúsculas

| | |
|-----|---|
| CAD | : Diseño asistido por computador (Computer-Aided Desing). |
| CLP | : Peso chileno. |
| PLA | : Ácido poliláctico. |
| STL | : STereo Lithography. |
| USD | : Dólar estadounidense. |
| V | : Volt. |
| 3D | : Tridimensional. |

Minúsculas

| | |
|-----|----------------|
| cm | : Centímetros. |
| g | : Gramos. |
| kg | : Kilogramo. |
| min | : Minutos. |
| mm | : Milímetros. |



Capítulo 1. Introducción

1.1. Introducción General

Un odontólogo se ve enfrentado por muchos procedimientos clínicos en su vida laboral. Muchos de ellos requieren el uso de la anestesia para que el paciente no sienta dolor u incomodidad mientras dure la cirugía [1]. Es por esto que el odontólogo necesita poseer la habilidad manual de un experto para realizar las inyecciones anestésicas. La práctica es fundamental para que el estudiante desarrolle estas habilidades y así poder enfrentar cualquier caso clínico en su carrera profesional [2]. Además de practicar las diversas técnicas entre sus colegas de profesión, el estudiante de odontología también practica con modelos odontológicos que simulan a un paciente en particular [3]. Con esto último el alumno adquiere la confianza y practica necesaria para ocupar la jeringa sin cometer fallos catastróficos. Mientras más el alumno practique, menores serán las cantidades de descuidos que este accidentalmente cometa al ejercer su profesión. Sin embargo, el evitar estos errores aumenta su dificultad cuando el especialista se encuentra frente a un caso pediátrico. El espacio reducido, la falta del desarrollo anatómico del niño, la sensibilidad de este y el propio comportamiento del niño son ejemplos de causas que pueden dificultar mucho más este procedimiento [4].

Por esta razón es que se desarrolló un simulador odontopediátrico. Este posee un sistema de retroalimentación lumínica y sonora, el cual se activa en el momento que el alumno realiza con éxito la técnica del bloqueo del nervio alveolar inferior, dando aviso a que la técnica se realizó de una forma correcta y el estudiante dio en el punto clave para adormecer toda la zona que inerva este nervio. El modelo es desarrollado en el año 2019, considera como base principal imágenes anatómicas de un paciente pediátrico de 7 años de edad que no posee patología alguna. Utilizando *softwares* CAD, se edita la anatomía. A su vez, se diseña una estructura con forma de caja para almacenar el sistema de retroalimentación. Luego, se imprimen y se ensamblan los componentes. Además, se localizan los puntos de punción correctos y se adhieren al circuito eléctrico. El modelo es puesto a una serie de pruebas con estudiantes de cuarto y quinto año de la carrera de odontología, se realizó una encuesta que muestra la conformidad y aumento de confianza que tuvieron los estudiantes al momento de probar este prototipo. Los resultados fueron en su mayoría positivos y el modelo fue considerado exitoso [5].

Sin embargo, esto no significa que el modelo ha llegado a su etapa final, pues este presenta

una serie de desafíos que pueden ser abordados. En esta memoria se busca dar a conocer estos desafíos y encontrar una manera práctica de solucionarlos. Diseñar y fabricar un nuevo modelo odontológico y ponerlo a prueba en una prueba de campo clínico. Realizar todos los cuestionarios pertinentes y catalogar si el nuevo sistema anestésico cumple con las expectativas dadas por los alumnos y expertos en el área de la odontología pediátrica, todo esto en base al modelo odontológico diseñado en el año 2019.

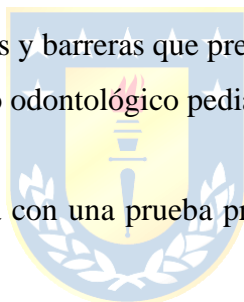
1.2. Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Diseñar y fabricar un simulador odontológico físico, destinado a la enseñanza de las técnicas anestésicas que adormecen los nervios alveolares superior e inferior de un paciente pediátrico.

1.2.2 Objetivos Específicos

- i. Identificar las deficiencias y barreras que presenta el simulador odontológico previo.
- ii. Diseñar un nuevo modelo odontológico pediátrico que presente mejoras funcionales y estéticas.
- iii. Evaluar el nuevo sistema con una prueba práctica de conformidad en estudiantes de odontología.



1.3. Alcances y Limitaciones

En términos de los alcances, se fabrica un solo simulador odontopediátrico el cual presenta un total de 13 puntos de punción diferentes para las pruebas anestésicas infiltrativas tronculares y terminales. A su vez, solo se instala el músculo masetero al modelo como mecanismo de cierre automático de la mandíbula. El simulador presenta la anatomía de un niño pediátrico estándar, sin la inclusión de la dentadura mixta. Para finalizar, el modelo presenta un sistema de aviso compuesto solamente por un buzzer, el cual sonará cuando se realiza de manera correcta alguna técnica en concreto.

Para las limitaciones, el modelo no presenta la coloración característica del tejido bucal, debido a que estas zonas presentan un color blanco, proveniente de la silicona blanca que se coloca en estos lugares en particular. Unido a esto, la textura del tejido de la mucosa no es replicado en este modelo. Finalmente, estructuras que simulan la apariencia de los labios y la lengua no están

presentes en el simulador odontopediátrico.

1.4. Materiales

Para el desarrollo de este proyecto se utilizarán como insumos los *softwares* CAD, además de todo el equipamiento e infraestructura disponible en el laboratorio de Ingeniería Civil Biomédica y diversos productos adquiridos en el mercado actual.

1.5. Metodología

La metodología a seguir será: (i) Definir todos los posibles cambios que pueden ocurrir sobre el modelo odontológico pediátrico, caracterizando su importancia y designarlos como desafíos. (ii) Recopilación de dos archivos con formato STL, el primero de ellos correspondiente a un caso clínico de un niño de 7 años sin patología, y el segundo un fantoma pediátrico destinado a prácticas estudiantiles. Con estos dos archivos se realiza el diseño del nuevo modelo odontopediátrico mediante *softwares* CAD. (iii) Impresión 3D del modelo resultante para su posterior ensamblaje, en donde se incluirá un nuevo sistema de retroalimentación sonoro que indique el instante en donde se realiza una punción exitosa, esta última según las condiciones anatómicas descritas en el capítulo 2.

1.6. Temario

El presente informe se desarrollará siguiendo la siguiente estructura:

- **Capítulo 2:** Se realiza la revisión bibliográfica referente a las áreas de interés del estudio, enfocadas estas en la anatomía involucrada en el modelo, las diversas técnicas anestésicas ocupadas en la actualidad y diversos trabajos previos en relación al uso de los simuladores anestésicos odontológicos en la enseñanza.
- **Capítulo 3:** Se detallan todos los desafíos que presenta el modelo pediátrico fabricado en el año 2019 y se describe cada etapa del proceso completo para fabricar un nuevo simulador odontopediátrico; modelación y diseño en distintos *softwares* CAD, impresión de los modelos 3D, inserción del musculo masetero e implementación del sistema de retroalimentación sonoro.
- **Capítulo 4:** Se exponen los resultados obtenidos del capítulo anterior y se realiza una

evaluación del modelo con la ayuda de estudiantes de 4^{to} y 5^{to} de odontología UdeC.

- **Capítulo 5:** Se presenta la discusión general del tema, se realiza una conclusión final y se da a conocer el trabajo a futuro en relación con la continuidad de este proyecto.



Capítulo 2. Marco Teórico

2.1. Introducción

En la siguiente sección se exponen los siguientes tópicos referentes a la anatomía de un paciente odontológico, maxilar superior, maxilar inferior, las características particulares de las distintas dentaduras, las técnicas anestésicas que se ocupan actualmente en procesos clínicos y los nervios que son adormecidos. Además, se presentan las diversas tecnologías utilizadas en los modelos y simuladores anestésicos actuales.

2.2. Marco Teórico

2.2.1. Anatomía Maxilar Inferior

Al dividir la mandíbula anatómicamente, se encuentra que este posee un cuerpo y 2 zonas ubicadas a cada lado que reciben el nombre de ramas ascendentes.

El cuerpo maxilar inferior, está conformado por una cara o perfil situado en la parte delantera y otra cara ubicada en la parte posterior. En esta ubicación se encuentran las siguientes estructuras: La sínfisis del mentón, la fosa submaxilar, las apófisis o preminencias geni, la eminencia mentoniana y el agujero mentoniano, este último lugar posee la particularidad de ser la zona de término del conducto dentario inferior (Fig. 2.1.).

En cuanto a sus ramas ascendentes, se encuentran las siguientes estructuras: En su cara interna se encuentra el conducto dentario inferior, siendo este el comienzo del nervio y los vasos dentarios inferiores. En esta ubicación también se encuentra la espina de spix con forma de llingula o laminilla ósea triangular. En los costados de este están situados el cóndilo mandibular, la apófisis coronoides y la escotadura sigmoidea [6].

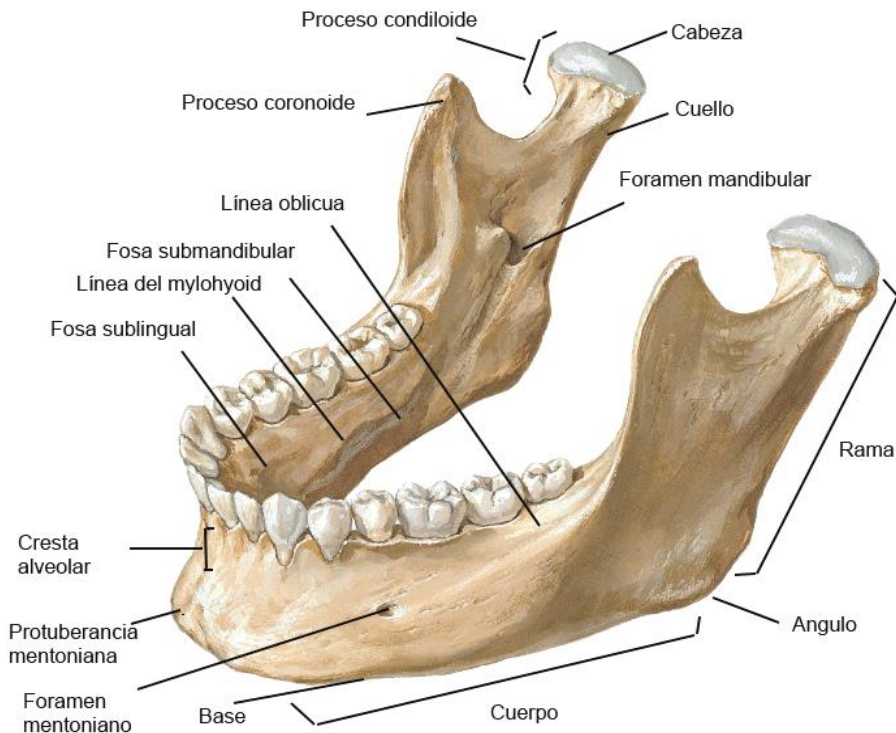


Fig. 2.1. Anatomía del maxilar inferior [25].



2.2.2. Anatomía Maxilar Superior

A simple vista el maxilar superior no presenta una figura regular, es comparable con un objeto que tenga entre forma triangular o rectangular [7]. En este hueso se puede identificar, un área situada por la parte fuera (cara externa) y otra ubicada internamente (cara interna); y los 4 costados localizados cada uno en una superficie (arriba, inferior, por dentro y por fuera).

En sus caras se ubican las siguientes estructuras: Las raíces de los dientes, la apófisis cigomática del maxilar donde se ubican la zona orbitaria, la geniana y la cigomática. El canal y el conducto suborbitario por donde se movilizan los vasos y los nervios. La tuberosidad del maxilar donde se encuentran los conductos de los dientes. La espina malar que limita con la hendidura que se crea entre el maxilar y el hueso esfenoides. La apófisis o proceso palatina, que separa los tabiques de la nariz.

En cuanto a sus bordes, se ubican la apófisis frontal en la parte superior, el alveolar o borde inferior, costado anterior con la escotadura nasal y por último el borde posterior donde está el trígono palatino, importante para la unión con la apófisis orbitaria del hueso palatino (Fig. 2.2.).

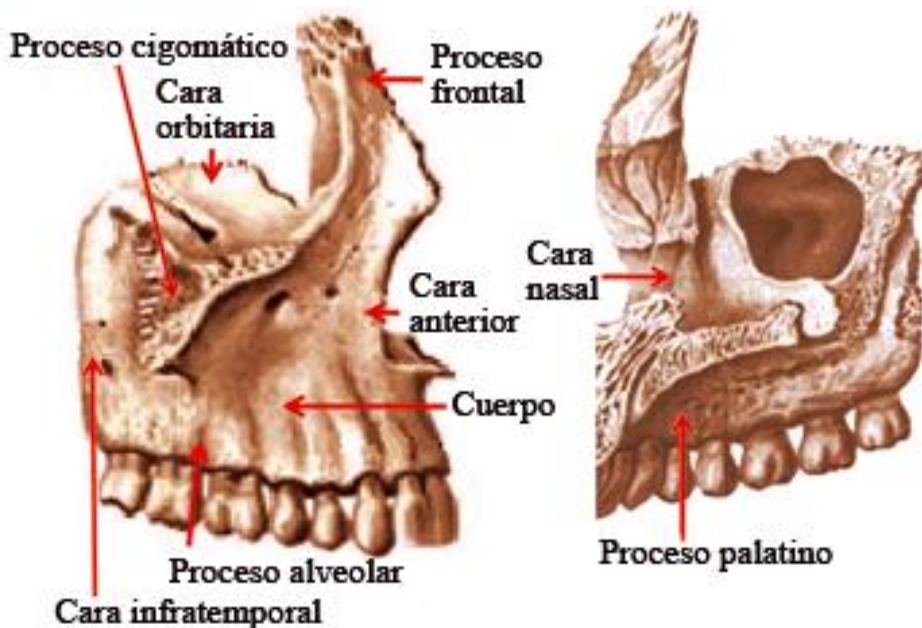


Fig 2.2. Anatomía del maxilar superior [26].

2.2.3. Tipos de dentición

Existen 3 tipos de dentaduras, la dentadura permanente, temporal y mixta (Fig 2.3.).

La primera de estas formas son los dientes temporales, también conocidos como dientes de leche, son los primeros dientes que aparecen en la mandíbula del infante, además estos se caen entre los 6 a 12 años de edad, son 20 en total, 10 por cada arcada, específicamente estos son: 8 incisivos, 4 caninos y 8 molares [8].

A continuación, luego de que todos los dientes de leche caen, estos son reemplazados por dientes permanentes, estos siendo: 8 incisivos, 4 caninos, 12 molares y los terceros molares [9].

La dentadura mixta es el tipo de dentadura que presenta tanto dientes temporales como permanentes.

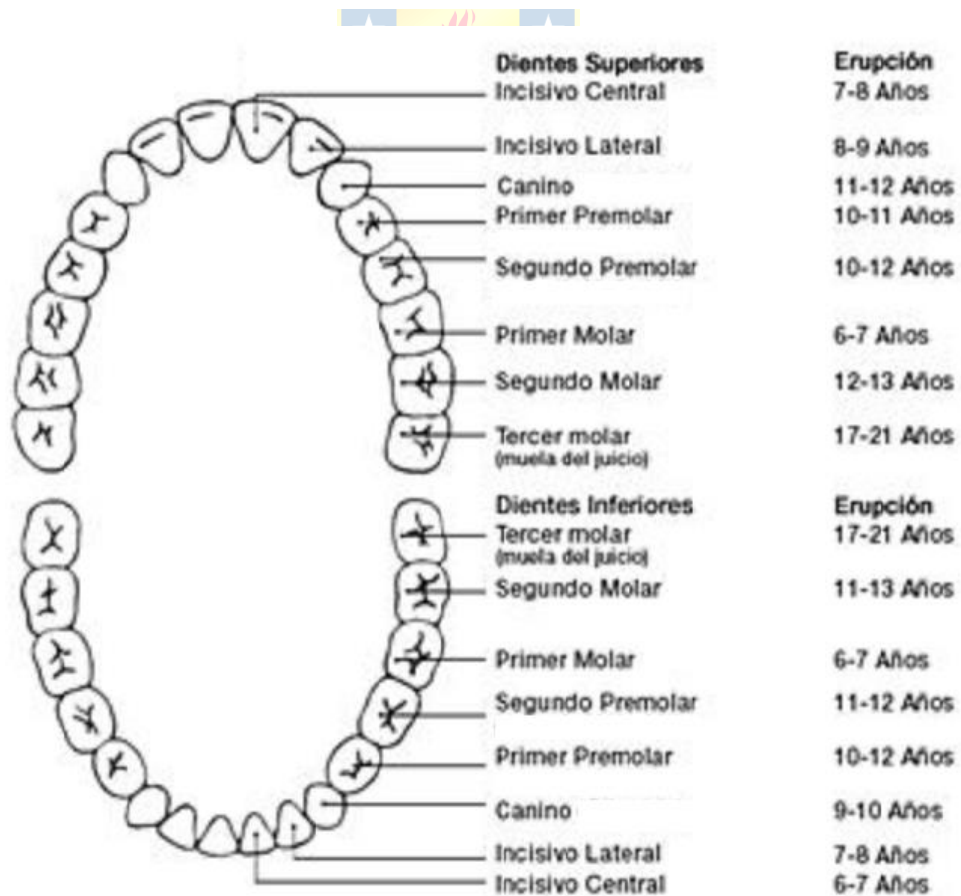
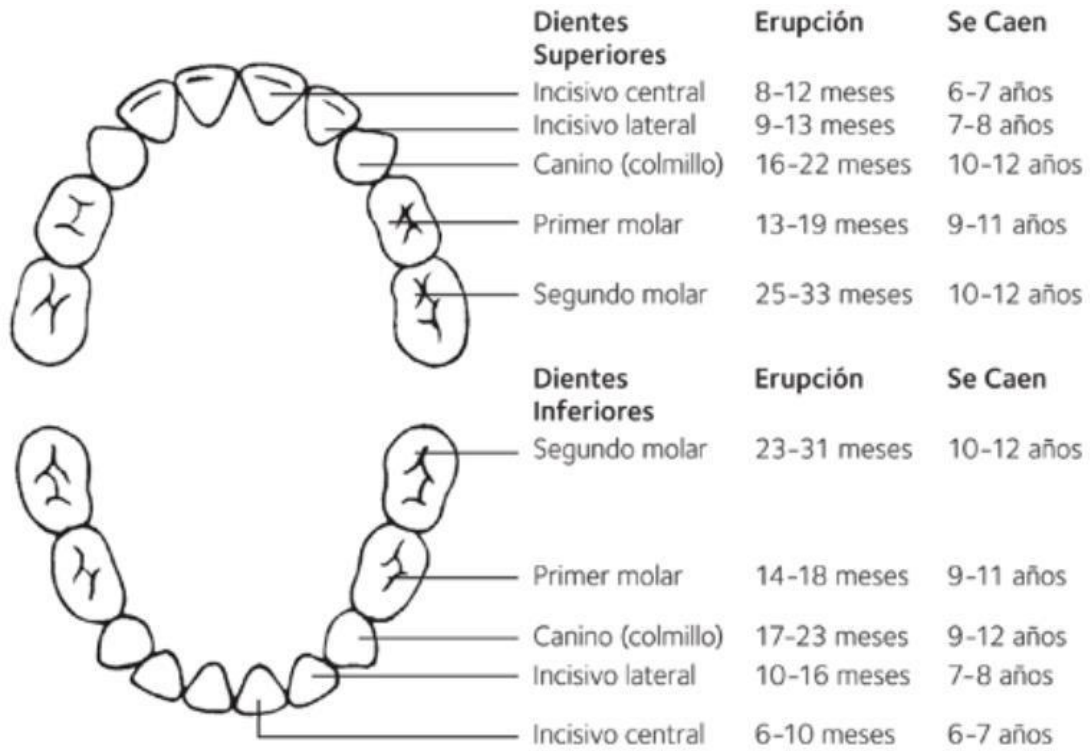


Fig. 2.3. Dentadura temporal y permanente con sus respectivas caídas y erupciones [27].

2.2.4. Músculo Masetero

El músculo masetero es uno de los músculos de la masticación. Este músculo es corto, cuadrilátero y capaz de ejercer una fuerza de 90 kg cuando la persona muerde. Principalmente está formado por dos fascículos: Uno anteroexterno, situada en su cara más superficial, y otro posterointerno, situado en su cara más profunda (Fig. 2.4.).

Las fibras que dan forma a este músculo se originan en tres partes diferentes, lo mismo ocurre con su inserción. Según la anatomía esto ocurre de la siguiente manera:

- Porción superficial: Se origina en la parte inferior del arco cigomático y se inserta en el ángulo y borde de la rama ascendente de la mandíbula.
- Porción media: Tiene su origen en el borde inferior del arco cigomático, esta se inserta en el mismo ángulo anterior pero un poco más superior.
- Porción profunda: A diferencia de las anteriores, esta porción nace de la zona interna del arco cigomático y en la membrana que pertenece al músculo temporal. Su inserción ocurre en la apófisis coronoides de la mandíbula.

En síntesis, las fibras musculares nacen en el arco cigomático que pertenecen al hueso malar y al temporal, y luego se dirigen hacia inferior para insertarse en el maxilar inferior [10]

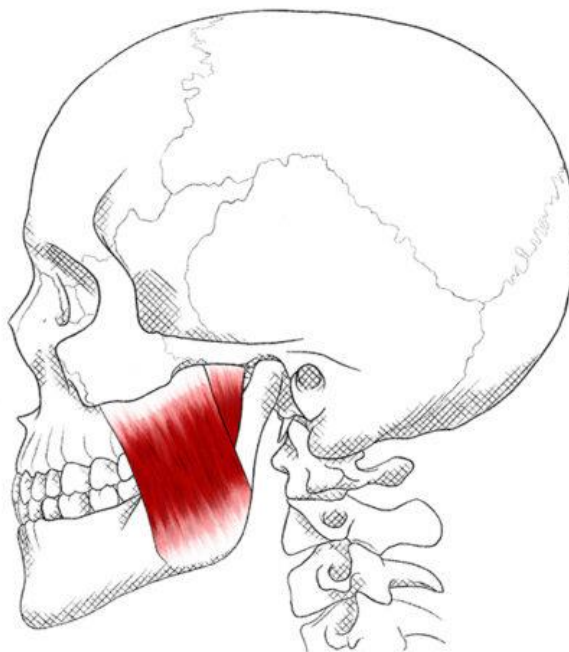


Fig. 2.4. Posición Anatómica del Músculo Masetero [28].

2.2.5. Nervios en odontología

En odontología los nervios proporcionan la inervación motora a los músculos de la masticación, permitiendo así la apertura y el cierre de la boca, el habla y en cierto modo la respiración. A su vez, también proporcionan un alto nivel de información sensitiva en el rostro permitiendo así el sentir de las cosas y el dolor.

El origen nervioso en el rostro humano proviene del nervio trigémino el cual equivale a el V par craneal. Este, a su vez, inicia en la región anterior y lateral de la protuberancia, cerca del péndulo cerebeloso medio. El nervio trigémino se divide en 3 proporciones principales, siendo estas: El nervio oftálmico, el nervio maxilar y el nervio mandibular [11]. Estos dos últimos son cruciales para la enseñanza anestésica en odontología.

El nervio maxilar, tiene su origen en el ganglio trigeminal y es del tipo sensitivo por lo que recibe la información sensitiva de la duramadre de la fosa craneal media y anterior, el maxilar, la nasofaringe, los dientes del maxilar superior, la cavidad nasal y la piel. Sobre sus ramas ocurren diversas técnicas anestésicas, como por ejemplo los siguientes bloqueos: Al nervio alveolar superior posterior, nervio alveolar superior anterior, nervio alveolar superior medio, nervio nasopalatino y nervio palatino anterior (Fig. 2.5.) [12].

El nervio mandibular, presenta su origen en el ganglio de Gasser y es del tipo mixto, es decir que posee fibras sensitivas, motoras y autónomas. Este nervio inerva la piel de la región bucal, posee inervación sensitiva de la lengua, de la región temporal; músculos masticatorios, músculo milohioideo, del vientre del músculo digástrico, músculo tensor del velo del paladar y tensor del tímpano. Las técnicas anestésicas utilizadas sobre sus ramas son los siguientes bloqueos: Nervio alveolar inferior, nervio bucal, nervio mentoniano y al nervio incisivo (Fig. 2.6) [13].

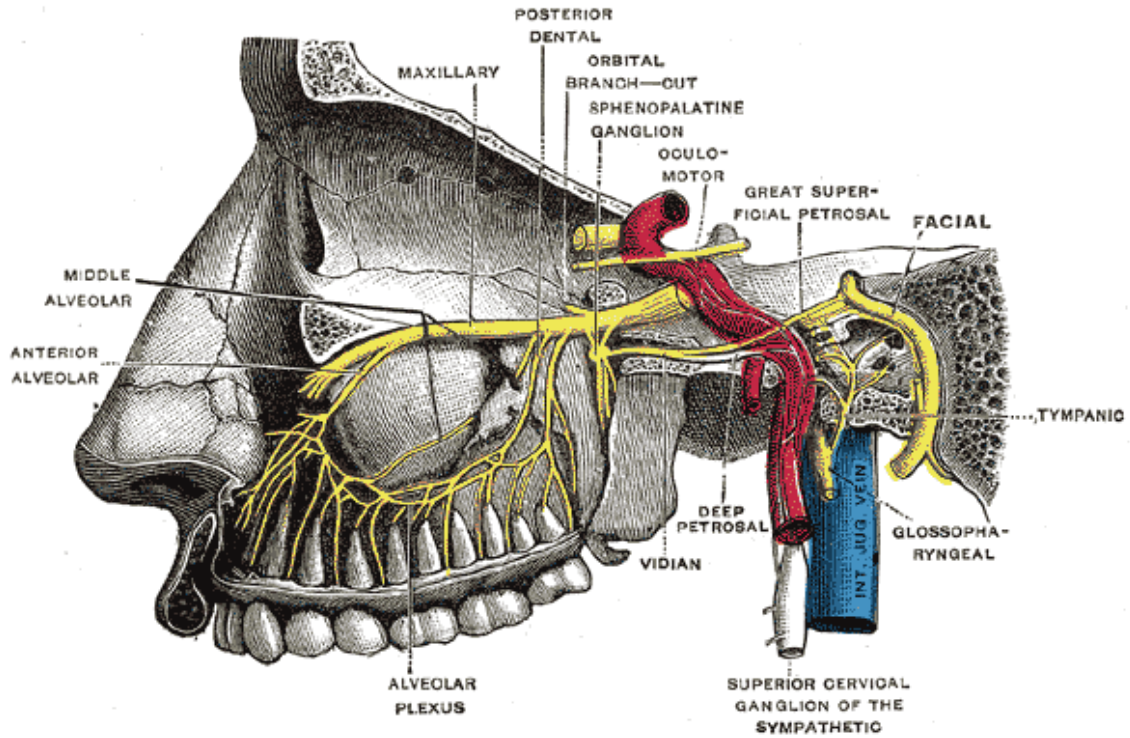


Fig. 2.5. Trayectoria del Nervio Maxilar [29].

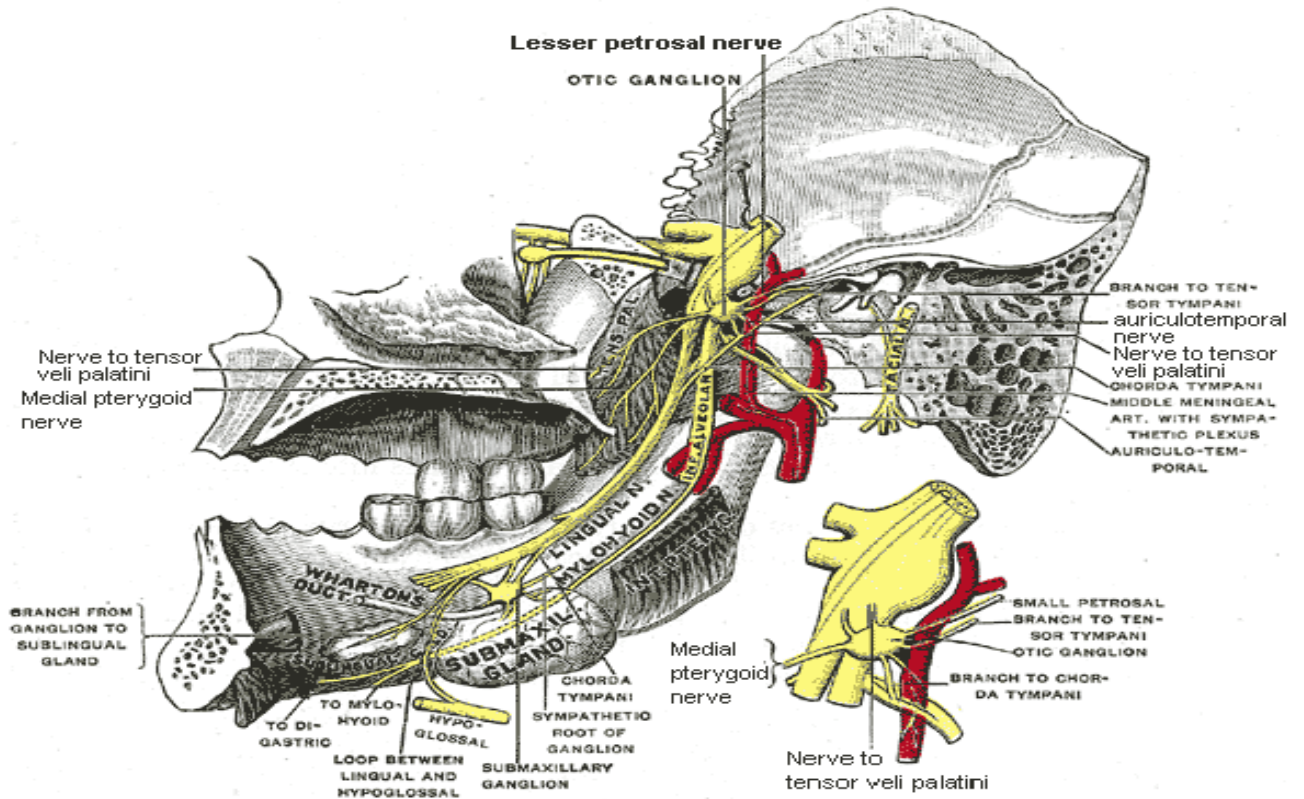


Fig. 2.6. Trayectoria del Nervio Mandibular [30].

2.2.6. Anestesia en odontopediatría

Al igual que en procesos quirúrgicos en adultos es necesario adormecer el área a intervenir para que el niño no sienta malestar a lo largo del tiempo que dure la cirugía. Hay que destacar que el uso de anestesia en niños posee diferencias con el resto de pacientes, puesto que la dosis, como el tipo de anestésico pueden variar. Esto es debido a las diversas diferencias fisiológicas que existen entre niños y adultos.

Dentro del uso más común de la anestesia local en niños se encuentran procesos muy comunes, como las extracciones dentales, obturaciones, tratamientos pulpares o cualquier otro tratamiento que pueda ocasionar dolores al niño.

El momento de aplicar la anestesia al menor es uno de los momentos más complejos a los que se enfrenta el especialista, por lo que es muy recomendable el distraer la mente del pequeño paciente y seguir un número de recomendaciones que faciliten el procedimiento como: No utilizar agujas largas, no mostrar la aguja sobre el campo de visión del paciente, utilizar un vocabulario infantil que se adapte a las necesidades del paciente y contar con la ayuda de alguien para sujetar correctamente al niño durante la inyección.

A su vez es necesario que el especialista controle diversas consideraciones para que el efecto de la anestesia sea el deseado, tales como la temperatura del anestésico local, localizar el punto de punción y también controlar la cantidad de anestesia inyectada.

Para adormecer la zona del maxilar superior es necesario analizar qué tipo de infiltración se debe ocupar. Una de las técnicas más comunes para adormecer esta zona es la llamada técnica infiltrativa, siendo recomendada para anestesiar el nervio dentario posterior, medio o anterior.

En cuanto a la zona del maxilar inferior es muy común presenciar la técnica troncular para el nervio dentario inferior efectuada en el agujero superior del conducto dentario inferior y la técnica infiltrativa terminal destinada a anestesiar el nervio mentoniano, nervio bucal o la zona de los incisivos inferiores (Fig. 2.7.) [14].

En general el uso de la anestesia no causa molestias, sin embargo, si se pueden producir casos en donde el paciente puede padecer efecto secundario tales como pequeños hematomas u molestias en la zona de punción, que tienden a durar desde unas horas o días [15].



Fig. 2.7. Anestesia Infiltrativa Troncular al nervio dentario inferior [31].

2.3. Trabajos previos

2.3.1. Modelo anatómico de dentadura AG-3

Este modelo presenta las siguientes características anatómicas: Ambos huesos maxilares, una dentadura permanente y una pintura que simula la apariencia de la mucosa dental. En el lugar donde se debe aplicar la anestesia se encuentran unas placas metálicas conectadas a un buzzer, el cual emite un sonido luego de una punción exitosa. Este sistema sirve para poner en práctica las siguientes técnicas anestésicas: el bloqueo del nervio mentoniano y anestesia por infiltración en el maxilar superior y en el área palatina (Fig. 2.8.) [16].



Fig. 2.8. Modelo anatómico de dentadura AG-3 [16].

2.3.2. Modelo odontológico DRSK

Este consistía de un maxilar, mandíbula, dientes y tejidos blandos asociados. Los dientes y las mandíbulas están equipados con sensores conectados a una unidad computarizada. La dentadura podía generar señales de dolor con diversas intensidades y sonidos. La mandíbula estaba equipada con sensores, los cuales al entrar en contacto con la aguja simulaban una inyección anestésica bloqueando las pseudo-señales de dolor, luego de un periodo de 5 min el bloqueo se desactiva y el modelo puede volver a ser utilizado por el estudiante. El simulador poseía una luz que indicaba el correcto uso de la técnica utilizada. La luz verde indicaba un correcto uso del sistema, la amarilla indicaba un leve error en la posición de la aguja y ninguna luz representaba un error rotundo en la técnica (Fig. 2.9.) [17].



Fig. 2.9. Modelo odontológico DRSK [17].

2.3.3. Modelo de cabeza dental Frasaco

Este simulador incluía 32 dientes con tejido blando adyacente y un tipo de mucosa artificial, esta última posee propiedades elásticas que evitan que se formen marcas visibles al momento de realizar una punción exitosa. Además, se encuentran componentes micro-electrónicos que permiten que se escuche un buzzer al momento de realizar la técnica de manera correcta. Este sistema se especializa en solo una técnica anestésica, la cual es el bloqueo al nervio alveolar inferior (Fig. 2.10.) [18].



Fig. 2.10. Modelo de cabeza dental Frasaco [18].

2.3.4. Simulador dental DentSim

Este simulador posee el cuerpo de un maniquí junto con un fantoma en el lugar donde se encuentra la mandíbula del paciente. Este último está conectado a una serie de componentes electrónicos que entregan diversas lecturas a la pantalla de una computadora en tiempo real. Con este implemento el alumno puede ser evaluado por un docente mientras que está realizando un procedimiento anestésico.

A su vez el *software* posee 4 modalidades de uso desde las cuales el alumno puede ver una nueva lección, practicar una técnica en específico, probar un nuevo tipo de bloqueo y repasar una lección previamente practicada. La particularidad de este sistema es que requiere del uso de instrumentos dentales reales para lograr su correcto funcionamiento, potenciando más la confianza del estudiante al momento de realizar una intervención y aumentando su experiencia con el uso de estos instrumentos (Fig. 2.11.) [19].



Fig. 2.11. Simulador dental DentSim [19].

2.4. Discusión

Como se describió anteriormente, si se compara la mandíbula de un adulto y la de un niño se pueden encontrar claras diferencias anatómicas entre ambos. Ya sea por la diferencia de tamaño de la mandíbula y de la cantidad de dientes que esta posea, es evidente que el trato del especialista y las técnicas que este debe emplear varían dependiendo de cada caso. Agregando todos los avances tecnológicos que están siendo desarrollados continuamente, es necesario mejorar y ampliar las características del actual modelo odontopediátrico. Detectando los diversos desafíos que este presenta y enfrentarlos según las necesidades que requieren los alumnos de la actual carrera de odontología.

A continuación, se describe cada desafío que presenta el modelo odontológico previo y se describe cada etapa del desarrollo del nuevo simulador odontopediátrico.

Capítulo 3. Desafíos y procedimiento

3.1. Introducción

En la revisión bibliográfica se investigaron los diversos conceptos que son importantes a tener en consideración para el diseño e implementación de un nuevo modelo odontopediátrico. A su vez, también se investigaron diversos trabajos previos en los que se utilizaron diversos métodos para la enseñanza de las técnicas anestésicas en odontología.

En este capítulo se hace un análisis al antiguo modelo odontopediátrico, el cual fue realizado en el año 2019 debido a una necesidad de simuladores pediátricos anestésicos por parte de la Facultad de Odontología. El modelo presenta un sistema de retroalimentación sonoro y lumínico al momento de realizar una punción anestésica exitosa (Fig. 3.1.). Para definir estos desafíos se tomó en consideración la opinión y las necesidades que presentaron los docentes de la carrera de odontológica de la Universidad de Concepción. Una vez identificados estos desafíos, se toma como base principal este modelo odontológico y se da comienzo al proceso de fabricación del nuevo sistema odontopediátrico siguiendo las indicaciones presentes en el capítulo 1.5.



Fig. 3.1. Modelo dental pediátrico desarrollado en el año 2019 [5].

3.2. Desafíos

3.2.1. Modificaciones en la dentadura

Uno de los puntos fuertes de este proyecto es lograr una dentadura temporal, esto tiene como fundamento obtener un apartado anatómico ideal y acorde a los modelos odontológicos que ocupan los estudiantes de odontología en su aprendizaje. El sistema actual presenta una dentadura mixta de un paciente de 7 años en el cual los dientes presentan una orientación correcta y sin patología observable (Fig. 3.2.).

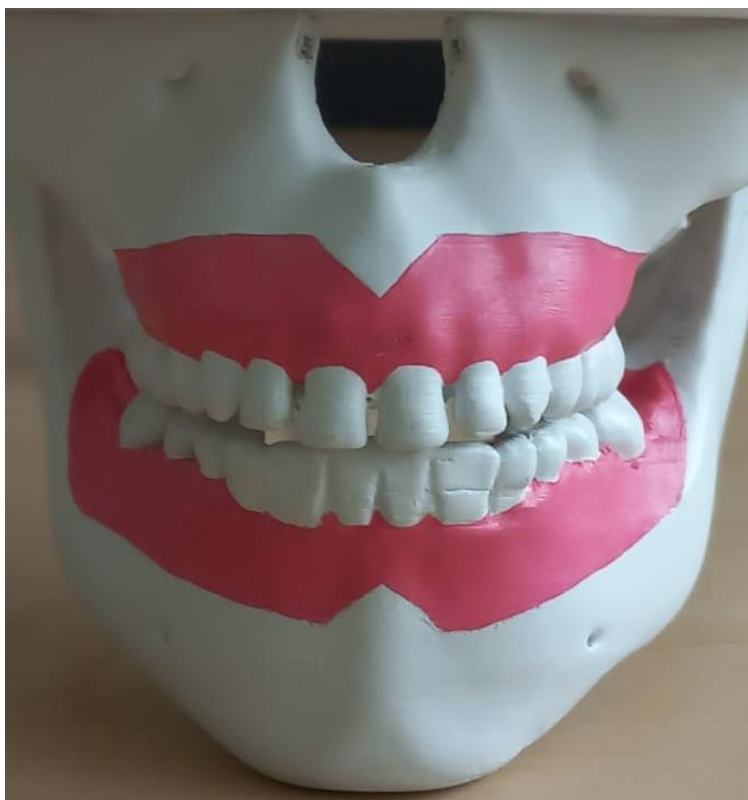


Fig. 3.2. Dentadura mixta presente en el modelo odontológico del año 2019 [5].

3.2.2. Agregar músculo Masetero

Si bien el modelo pediátrico presenta una anatomía muy similar a la que tendría un paciente odontológico, está lejos de completarse. Es necesario complementar el sistema mediante la integración de músculos que recubran la mayor parte de la dentadura del simulador. Se selecciona el músculo Masetero para esto, pues es el que presenta la mayor cobertura a una de las técnicas de punción anestésicas más importantes: el bloqueo al nervio alveolar inferior. De esta manera se forma

una barrera rodeando el exterior de esta zona. (Fig. 3.3). El estudiante tendrá un mayor desafío al momento de practicar en el simulador lo cual permitirá que este mejore su técnica y confianza al realizar esta técnica anestésica en estas condiciones.



Fig. 3.3. Vista lateral sin el músculo Masetero del modelo odontológico del año 2019[5].

3.2.3. Soporte de la jeringa

El soporte que sostiene la jeringa se sitúa a un costado de la caja en donde se encuentra el circuito (Fig. 3.4.). El diámetro de este es muy grande y solo sostiene a la jeringuilla en su porción superior, por lo que gran parte de ella no queda lo suficientemente ajustada (Fig. 3.5.). Esto provoca un movimiento de péndulo en la jeringa cuando el modelo es transportado. Es necesario modificar el lugar de sostén de la jeringa para evitar que esta se mueva y provoque un accidente al momento de transportar el modelo odontológico para el aprendizaje del estudiante.



Fig. 3.4. Vista lateral del soporte de la jeringa [5].



Fig. 3.5. Vista superior del soporte de la jeringa [5].

3.2.4. Soporte de la silla

El soporte de la silla está constituido por dos estructuras con forma de L y 4 tornillos, 2 por cada estructura (Fig. 3.6.). Este soporte sirve para diversos tipos de sillas pues con su sistema de tornillos permite modificar el largo de la estructura. El desafío principal radica en que las cabeceras de los sillones odontológicos están estandarizadas. Por lo que variar el largo de los soportes no es necesario y solo crea debilidades al movimiento. Un ejemplo de esto es la configuración a silla grande (Fig. 3.7.). La cual está sustentada por un solo tornillo, lo cual genera inestabilidad y el riesgo a que el modelo se caiga al situarse en una de las sillas odontológicas. Es necesario estandarizar el soporte a el largo común de las cabeceras odontológicas para evitar todas estas problemáticas. Además, crear un sistema de sujeción capaz de soportar el peso del modelo ante cualquier estímulo exterior que presente la silla dental.



Fig. 3.6. Partes del soporte de la silla [5].

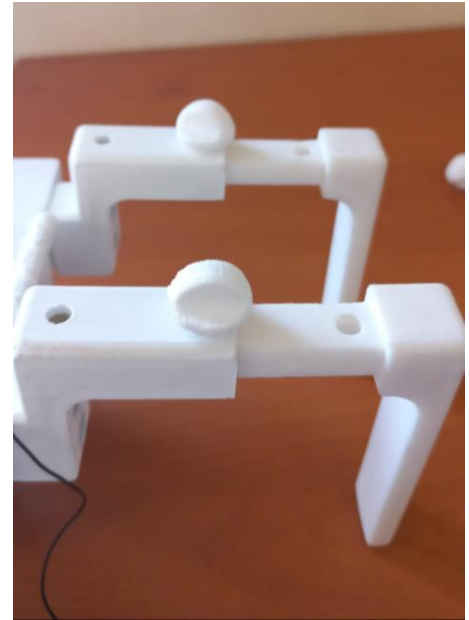


Fig.3.7 Modalidad de silla larga [5].

3.2.5. Largo del cable de la jeringa y conexión con la aguja

El cable que conecta la punta de la aguja con el sistema sonoro-lumínico es de una longitud de 143 cm aproximadamente (Fig. 3.8.). Esto puede producir que el estudiante se enrede con él, lo cual dificulta notablemente el uso del simulador al momento de practicar, e incluso puede generar accidentes, por lo que es recomendable acortar el largo del cable y aumentar su diámetro para así evitar que este se corte, dejando inservible el sistema eléctrico del modelo. Agregado a esto último, el cable que conecta al sistema eléctrico con la aguja se encuentra soldado al costado de esta. Si la aguja se rompe, el modelo queda inutilizable, por lo que es necesario crear un método que permita el intercambio de agujas y que mantenga la conectividad eléctrica.



Fig. 3.8. Vista superior del largo del cable que conecta la jeringa con la caja eléctrica [5].

3.2.6. Modificaciones al circuito eléctrico

El simulador presenta un Led de color rojo y un buzzer, los cuales funcionan al momento de realizar una punción exitosa (Fig. 3.9.). El circuito que permite que esto ocurra es sencillo y consta de los componentes previamente mencionados, pseudo-sensores ubicados en los lugares de punción según lo que indica la técnica del bloqueo al nervio alveolar inferior y una batería de 9 [V] (Fig. 3.10.). El desafío radica en que al estar en funcionamiento el simulador, el alumno solo se percata del sonido al realizar la punción exitosa, por lo tanto, su vista está centrada en el punto de inyección de la aguja y no en que el Led sea encendido. Cabe destacar que este sistema es excelente para evaluar el desempeño del alumno. No obstante, el modelo está más enfocado en que el alumno consiga la seguridad y experticia al momento de realizar la técnica de anestesia en cuestión. Por consiguiente, el Led es considerado como un componente extra en el circuito y debe ser eliminado del sistema.



Fig. 3.9. Sistema de aviso de punción exitosa en donde se observa el Led color rojo y el agujero del buzzer [5].

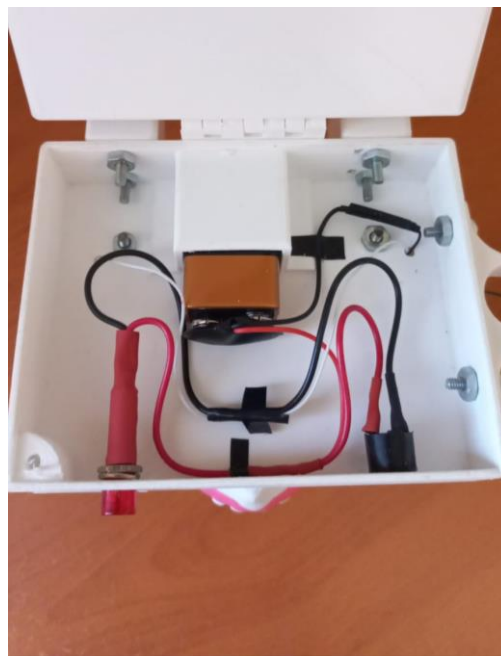


Fig. 3.10. Circuito eléctrico observado dentro de la caja [5].

3.3. Procedimiento

A continuación, se describe el proceso completo de fabricación de un nuevo modelo odontológico. Este comienza mediante la recopilación de los archivos STL y finaliza con la integración del músculo masetero al nuevo sistema de punciones anestésicas odontológicas. Además, este proceso plantea las soluciones para todos los desafíos designados en el apartado anterior.

3.3.1. Recopilación y visualización de archivos

Lo primero es obtener los archivos pertinentes para diseñar un nuevo modelo anatómico de la mandíbula de un paciente pediátrico similar a la que ocupan los alumnos de la carrera de odontología. Para esto es necesario obtener dos archivos, ambos están en formato STL y pueden ser visualizados con diversos *softwares* CAD, para el desarrollo de este proyecto se utiliza el programa Autodesk *Meshmixer* para lograr este cometido, este programa es un *software* de descarga libre que trabaja con mallas triangulares, ideal para la limpieza del escaneo 3D y diseñar objetos que se ajusten a las necesidades del usuario [20].

El primero de estos archivos corresponde a una mandíbula de un paciente pediátrico de 7 años de edad que no demuestra patología. Este modelo sirvió como estructura principal para el simulador odontopediátrico del año 2019 y, además, se utiliza como base principal para el desarrollo del nuevo modelo odontológico, el archivo en cuestión se encuentra en posesión del profesor patrocinante y se puede acceder a él sin problemas, cabe recalcar que este modelo consta de dos partes correspondientes a los maxilares inferior y superior. Estas están unidas mediante una estructura en forma de cilindros que simula la apertura de la articulación temporomandibular. (Fig. 3.11.) [5].

El siguiente archivo corresponde a un modelo de un fantoma pediátrico el cual contiene la particularidad de ser anatómicamente adecuado en términos de su tamaño, forma y de no presentar ningún tipo de patología. Se observan dos estructuras que no están unidas, el maxilar superior e inferior. Ambas partes presentan 10 dientes cada una, donde se encuentran los incisivos centrales, los incisivos laterales, los caninos, los primeros molares y los segundos molares. Este archivo se obtuvo de una página web de ventas de diversos modelos 3D enfocados en el área odontológica, su adquisición tuvo un costo de \$12 USD lo cual equivale a unos \$10.341 CLP (Fig. 3.12.) [21].

El programa Autodesk *Meshmixer* presenta un panel de inicio que contiene las siguientes opciones: *Import*, *Meshmix*, *Select*, *Sculpt*, *Stamp*, *Edit*, *Analysis*, *Shaders*, *Export* y *Print*. Seleccionando *Import* se puede visualizar cada uno de los archivos mencionados y de manera independiente.

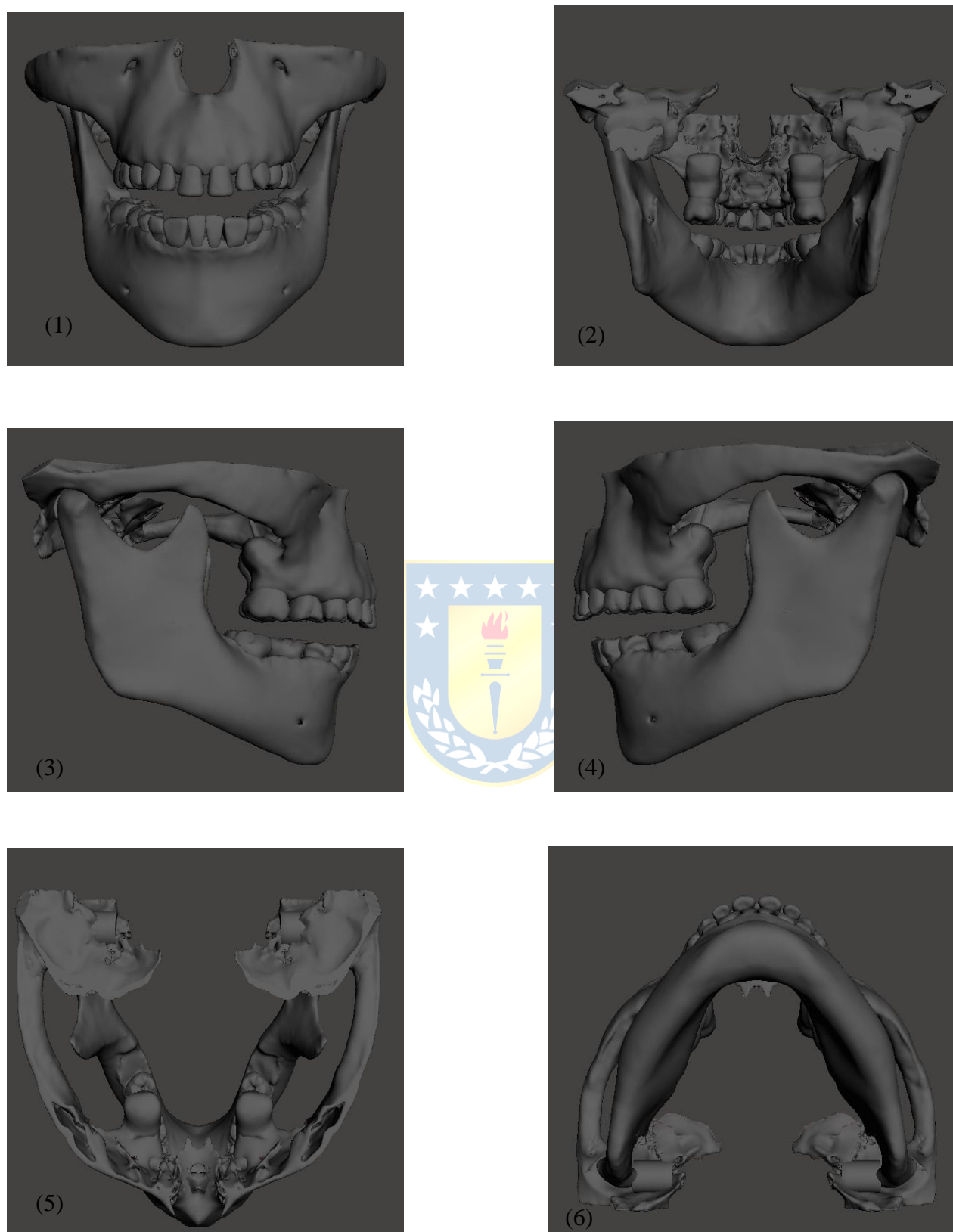


Fig. 3.11. Modelo odontológico del paciente de 7 años sin patología en la interfaz de *Meshmixer*. (1) Vista anterior. (2) Vista posterior. (3) Vista lateral izquierda. (4) Vista lateral derecha. (5) Vista superior. (6) Vista inferior.

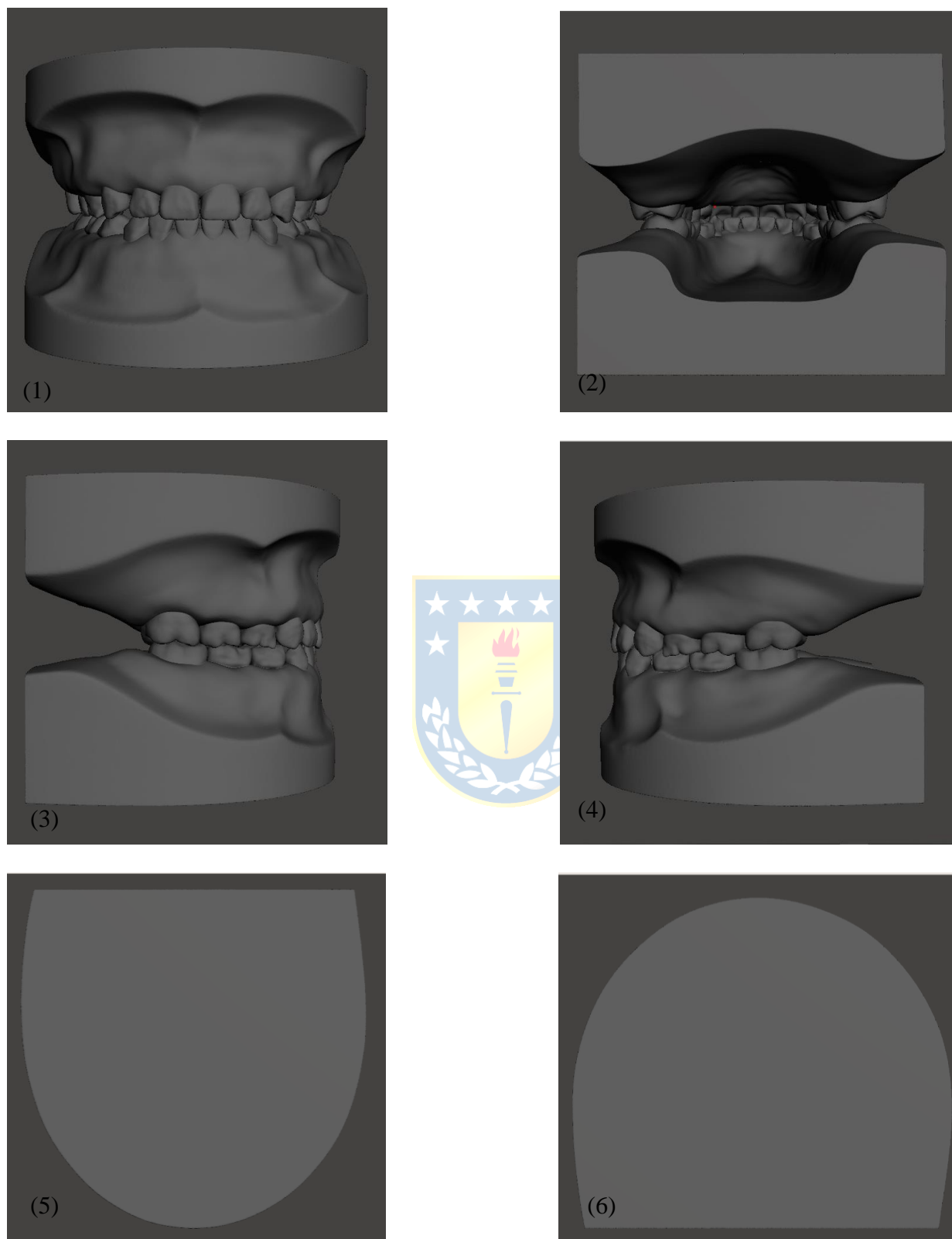


Fig. 3.12. Modelo del fantoma pediátrico sin patología en la interfaz de *Meshmixer*. (1) Vista anterior. (2) Vista posterior. (3) Vista lateral izquierda. (4) Vista lateral derecha. (5) Vista superior. (6) Vista inferior.

3.3.2. Diseño del nuevo modelo odontológico

El modelo odontológico del paciente de 7 años sin patología no posee las zonas necesarias para realizar las técnicas anestésicas infiltrativas terminales, tampoco posee una dentadura pediátrica adecuada, esto último se observa al comparar el tamaño y la forma que poseen los dientes de ambos modelos odontológicos. El fantoma pediátrico carece de una estructura de unión entre ambos maxilares, además, no posee las características necesarias para localizar el punto de punción de la técnica infiltrativa troncular al nervio alveolar inferior, puesto que este fantoma carece de la espina de Spix. Sin embargo, al juntar ambos modelos pediátricos, se solucionan estos problemas y se obtiene una nueva estructura, la cual posee la anatomía ideal para realizar pruebas anestésicas. El proceso de unión de estos dos archivos se describe a continuación.

Mientras se están visualizando ambos archivos de manera independiente, se vuelve a seleccionar *Import*, lo cual genera un recuadro de advertencia que tiene las siguientes opciones: *Append*, *Replace* y *Cancel*. Seleccionando la primera de estas opciones, es posible visualizar ambos archivos dentro de una sola interfaz y poder editar el nuevo modelo odontológico.

En este nuevo espacio de trabajo se selecciona el maxilar y la mandíbula del archivo correspondiente al fantoma pediátrico utilizando el comando *Select*, realizando doble-click para seleccionar el área completa de la figura, posteriormente se utiliza el comando *Transform*, con el cual se puede mover y rotar la figura en cualquiera de los 3 ejes espaciales. Usando esto último y siguiendo la anatomía descrita en el capítulo 2, se pueden unir ambos archivos como si fuera un solo objeto.

Sin embargo, este objeto aun presenta fallas anatómicas pequeñas que corregir. Tal es el caso de los dientes de ambos modelos que se superponen uno sobre otro generando incongruencias con la anatomía pediátrica. Para pulir aún más el modelo se utiliza la opción *Sculpt*, se selecciona el menú *Brushes* y se selecciona la herramienta *Draw2*, lo cual permite reducir el tamaño de estas falencias dando como resultado un nuevo modelo odontológico. (Fig. 3.13.).

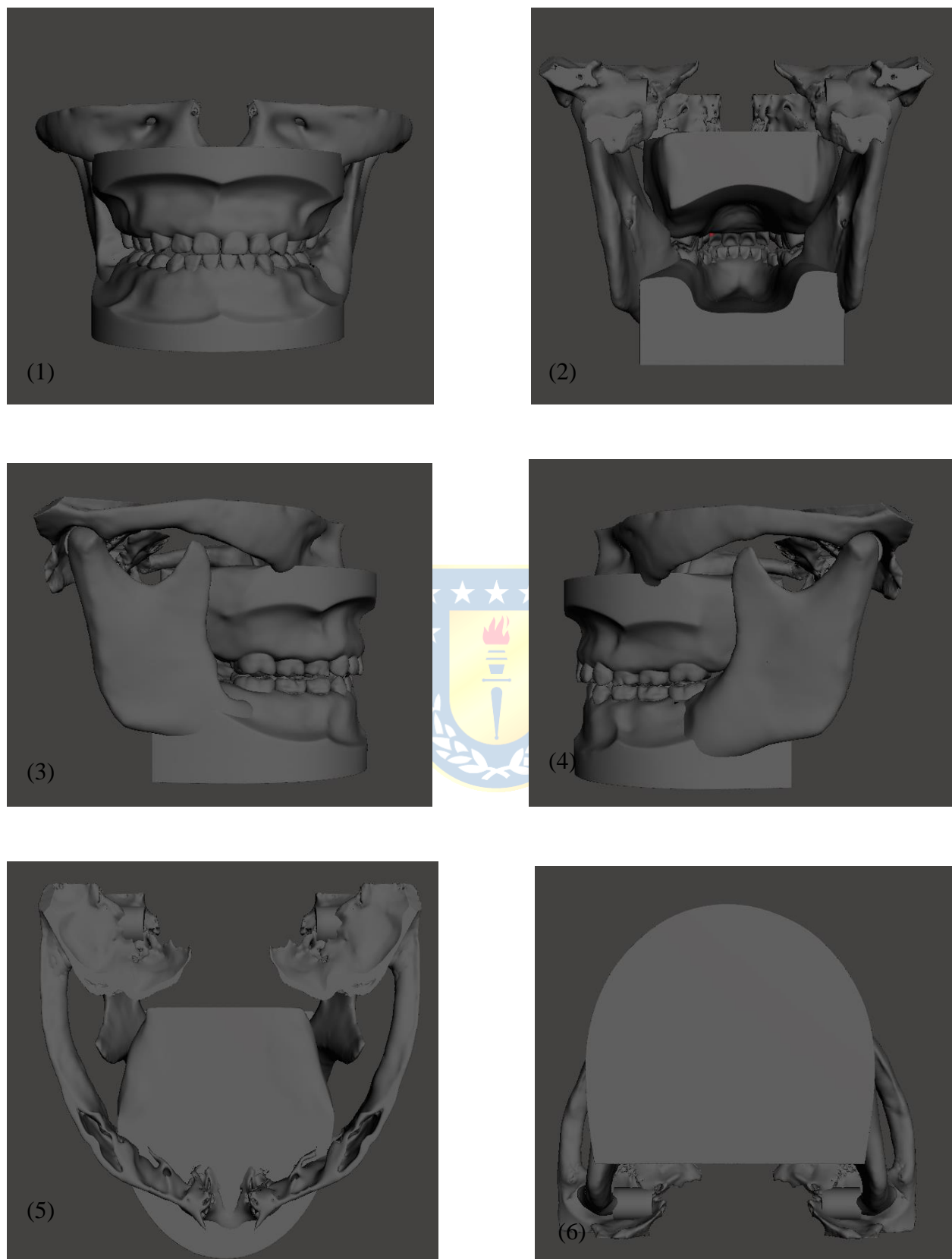


Fig. 3.13. Diseño del nuevo modelo odontológico en la interfaz de *Meshmixer*. (1) Vista anterior. (2) Vista posterior. (3) Vista lateral izquierda. (4) Vista lateral derecha. (5) Vista superior. (6) Vista inferior.

3.3.3. Diseño 3D de la estructura de soporte

A continuación, se describe el proceso de diseño de la estructura de soporte del modelo odontopediátrico. Esta consta, de dos sujetadores del respaldo de la silla, una caja para el apartado eléctrico, una tapa con soporte para la jeringa y un cilindro conector. Estas estructuras fueron diseñadas utilizando el *software* CAD Autodesk *Fusion 360*, el cual es un programa de impresiones y modelado 3D basado en la nube para el diseño y la manufactura de diversos productos [22].

A. *Sujetadores para el cabecero de la silla*

Para el diseño de los sujetadores para el cabecero de la silla se tomó en consideración el respaldo estándar que poseen las sillas odontológicas de la facultad de Odontología de la Universidad de Concepción, las cuales tienen un ancho de 4.2 [cm]. Con estas medidas se procede a utilizar el *software* para lograr dos sujetadores, derecho e izquierdo. Su porción más larga encaja perfectamente con el tope que poseen las sillas odontológicas. Ambos sujetadores poseen 2 agujeros en su porción frontal con las medidas exactas para pernos de 2 [mm] de diámetro, estos últimos serán utilizados para unir los sujetadores con la caja. La diferencia más crucial que existe entre ambos sujetadores es una sección de material enfocada en contrarrestar cualquier fuerza de tensión que desequilibre el modelo, estos están ubicados en la porción superior del objeto y simulan en apariencia las orejas de una persona, cuya dirección indica su nombre y su correcto ensamblaje con la caja (Fig. 3.14.).

B. *Caja para el sistema eléctrico*

La caja destinada para guardar el sistema eléctrico posee las siguientes dimensiones: 11.50 [cm] de largo, 8.80 [cm] de ancho y 2.40 [cm] de alto, además de presentar un diámetro de espesor de 2 [mm]. En su interior se encuentra un compartimiento abierto destinado a guardar una batería de 9 [V]. Además, en su base se encuentran 4 agujeros de 2 [mm] de diámetro destinados a el uso de pernos y del cableado eléctrico. Agregado a esto, en su cara posterior se encuentran 4 agujeros en total, destinados a unir la caja con los sujetadores del cabecero de la silla odontológica. Este modelo presenta un agujero en una de sus esquinas a modo de encaje, destinado a unir la caja con la tapa, esta última posee el soporte de la jeringa en su cara superior. Finalmente, el modelo presenta un agujero en su cara frontal, específicamente en el centro de esta estructura, de 4 mm de diámetro y está destinado como un medio de salida para el sonido producido por el buzzer (Fig. 3.15.).

C. Tapa con soporte para jeringa

Esta tapa presenta dimensiones muy similares al plano superior de la caja, puesto que ambos deben coincidir. A su vez, la tapa presenta un agujero en su esquina inferior izquierda, con el tamaño para se inserte un tornillo, el cual servirá para unir ambos objetos y permitir que la caja permanezca cerrada protegiendo todos sus componentes interiores. Finalmente, el modelo presenta dos estructuras en su cara superior en forma de semicírculos. Estos en su centro presentan un agujero de 2 mm de profundidad y 4 mm de diámetro. Estas medidas coinciden con las que tienen los imanes de neodimio, los cuales servirán como medio de sujeción para la jeringa (Fig. 3.16).

D. Cilindro conector

Para evitar que el sistema eléctrico deje de funcionar al romperse la aguja es necesario diseñar un objeto que se ubique dentro del canal de la jeringa. Este objeto es un cilindro que posee unas dimensiones de 9 mm de diámetro y 5 mm de profundidad. En el centro de este se encuentra un agujero de 1 mm de diámetro y 5 mm de profundidad (Fig. 3.17). Además, el cilindro cumple la función de ser un conector entre la aguja de la jeringa “carpule” y el cable eléctrico proveniente de la caja, permitiendo así cerrar el circuito.

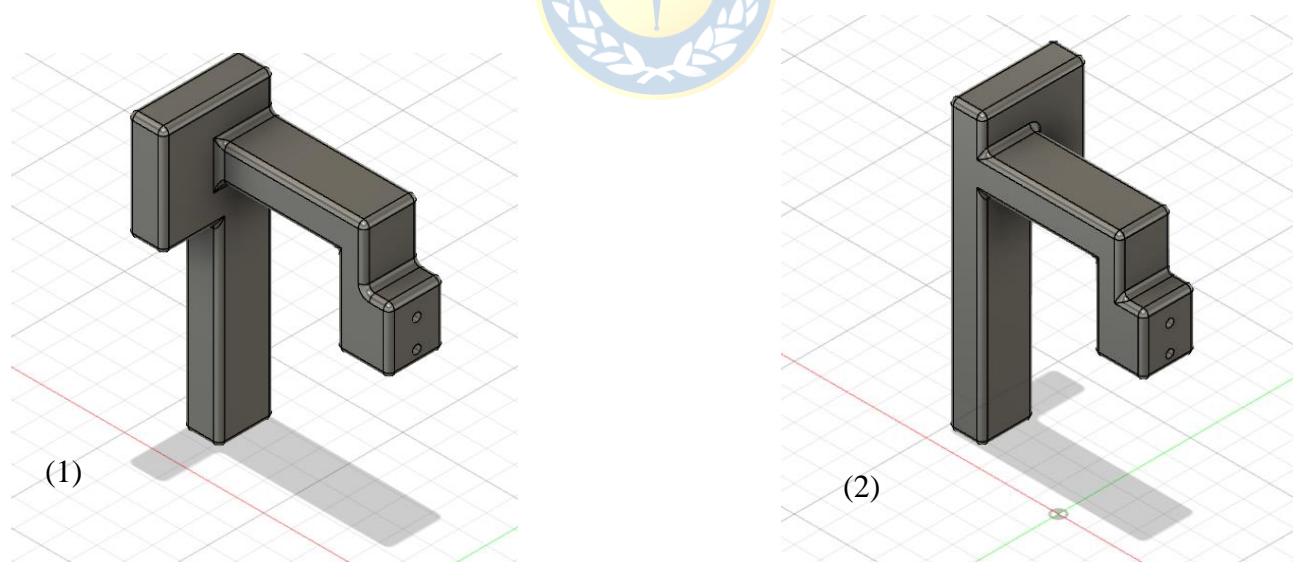


Fig. 3.14. Sujetadores para la cabecilla de la silla en la interfaz de *Fusion 360*. (1) Sujetador del lado izquierdo. (2) Sujetador del lado derecho.

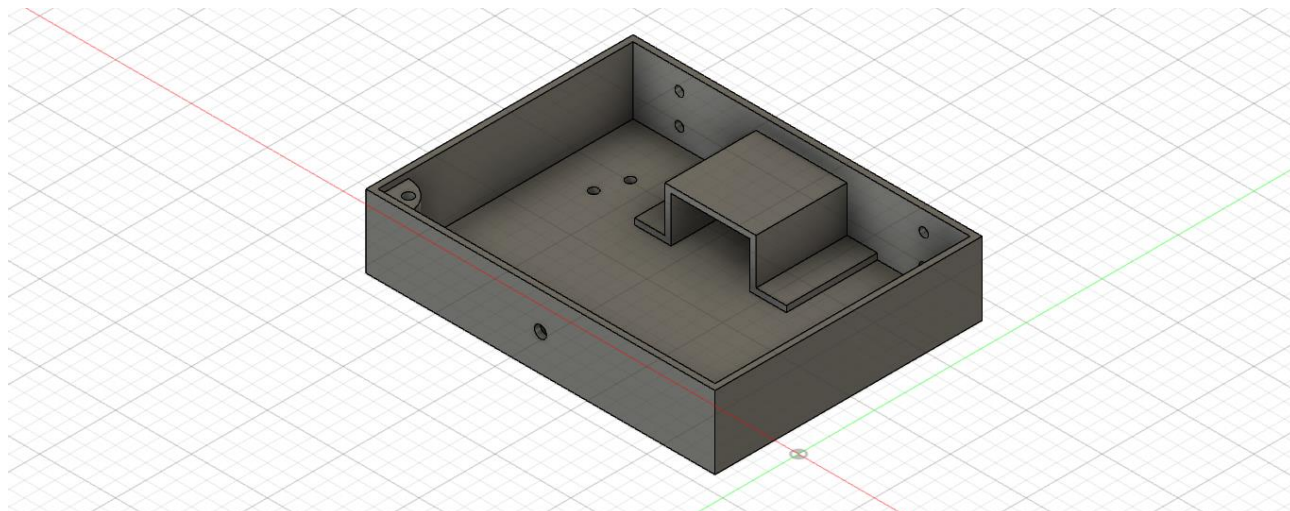


Fig. 3.15. Caja para guardar el sistema eléctrico en la interfaz de *Fusion 360*.

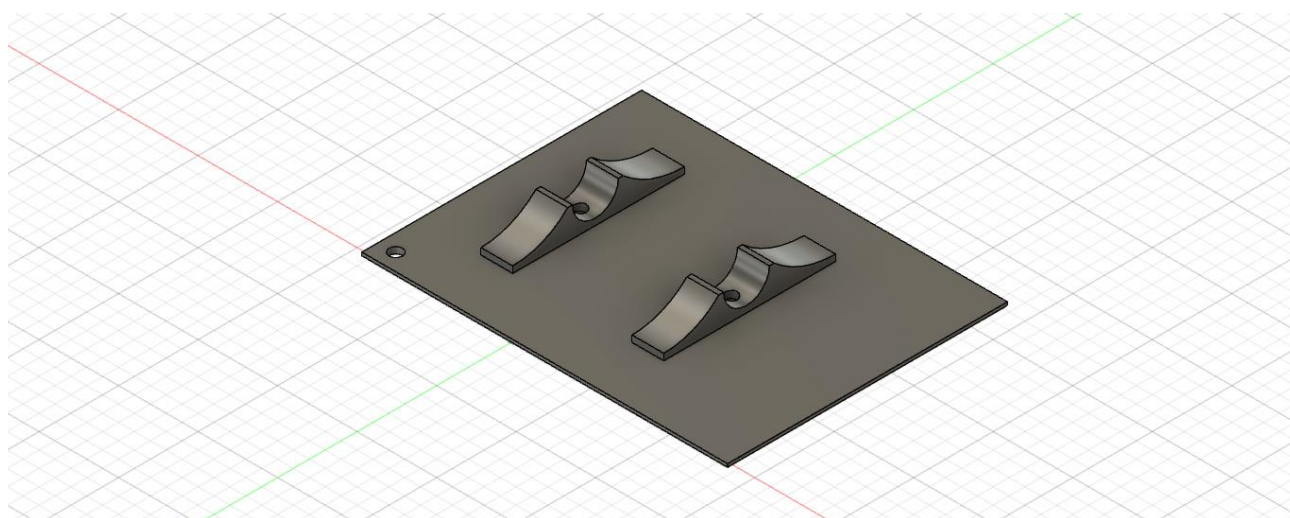


Fig. 3.16. Tapa de la caja con los soportes para jeringa “carpule” en la interfaz de *Fusion 360*.

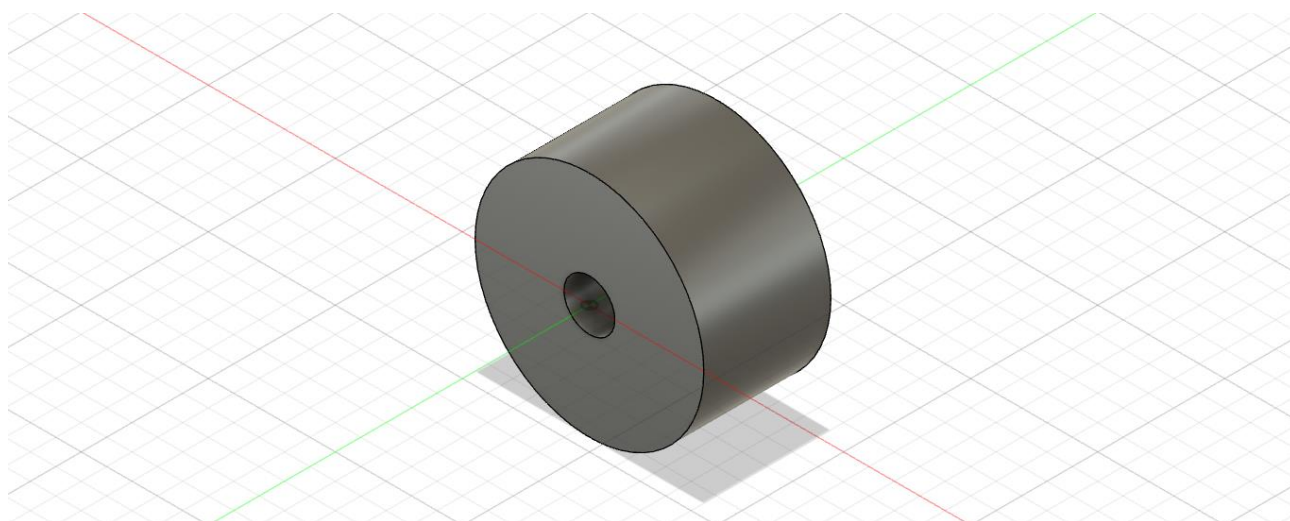


Fig. 3.17. Cilindro conector en la interfaz de *Fusion 360*.

3.3.4. Impresión 3D y ensamblaje del modelo

Para realizar la impresión 3D de estos diseños se utiliza la impresora *Monoprice Maker Ultimate*, la cual posee un volumen de impresión de 200 [mm] x 200 [mm] x 175 [mm], localizada en el FabLab de la Facultad de Ingeniería (Fig. 3.18.) [23]. Se ocuparon 176 [g] de filamento negro para impresión en ácido poliláctico (PLA) para la estructura de la caja y el soporte (Ver Anexo 1). Además, se utilizaron 120 [g] de filamento transparente para la estructura de la mandíbula 3D. Ambos modelos se imprimieron en un tiempo de 16 horas con 44 minutos y 11 horas con 16 minutos respectivamente. Una vez impresos los modelos se procede a pintar la estructura de la mandíbula de blanco utilizando pintura en aerosol blanco, simulando el color habitual de los huesos de la mandíbula (Ver Anexo 1).



Fig. 3.18. Impresora 3D *Monoprice Maker Ultimate* [32].

A. *Ensamblaje de los objetos impresos*

El primer paso para el ensamblaje del modelo es unir todos los componentes de la caja que contiene el apartado eléctrico en su interior. Para realizar esto se utilizan unos pernos de 2 mm de diámetro los cuales juntan los sujetadores con la caja, en la cara posterior de esta última y según la posición de los agujeros mencionados en el apartado anterior, para esto se contó con la ayuda de dos tuercas que mantienen estas estructuras en su lugar (Fig. 3.19.). Unidos a los sujetadores se encuentran 4 tornillos mariposa de 4 mm de diámetro, 2 por cada estructura, a una distancia de 4 cm entre cada uno; estos cumplen una función de sujeción entre el respaldo de la silla y el simulador. Además, la caja y la tapa se unen mediante el uso de un tornillo en la esquina delantera inferior de ambos objetos. A su vez, para facilitar la apertura de la caja se pegó una bisagra de color dorado en

la unión posterior que existe entre la caja y la cara superior de la tapa. Esta bisagra presenta unas dimensiones de 1.5 [cm] x 3.2 [cm] en cada una de sus placas (Fig. 3.20.).

Continuando con los agujeros que se encuentran en los semicírculos de la tapa, dentro de ellos se insertan dos imanes de neodimio (Ver anexo 1), los cuales son lo suficientemente potentes para sostener la jeringa “carpule” en su posición [24].

Finalmente, se utiliza un taladro atornillador *Black&Decker* para generar dos agujeros en el maxilar superior del modelo pintado de blanco, estos tienen un diámetro de 2 mm y atraviesan la cara superior en su totalidad. Dos pernos cruzan estos agujeros, los cuales encajan con la posición de los dos agujeros más centrales que se encuentran en el interior de la caja, uniendo así ambos objetos.

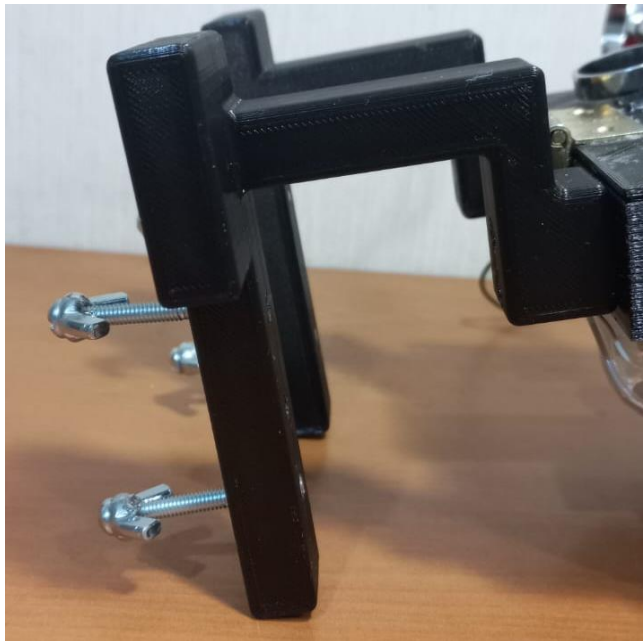


Fig. 3.19. Unión entre los sujetadores y la caja que contiene el sistema eléctrico.



Fig. 3.20. Vista superior de la caja, en donde se observa el sistema de sujeción de la jeringa “carpule”.

B. Apartado eléctrico

Se diseña un sistema de retroalimentación sonoro presentado en la Fig. 3.21. Este circuito presenta una fuente de alimentación de 9 [V] (Vs), que suministra la energía al Buzzer (B), a este buzzer se conectan 13 puntos de punción exitosos (PE13), estos corresponden a 8 puntos ubicados según la técnica anestésica infiltrativa terminal, tanto para la mandíbula como el maxilar superior, 2 puntos según la técnica del bloqueo del nervio alveolar superior medio anterior, 2 según la técnica del bloqueo del nervio alveolar inferior y 1 según la técnica de bloqueo del nervio nasopalatino. Finalmente, se conecta a la jeringa “carpule” (J), la cual se ocupa comúnmente en las técnicas anestésicas odontopediátricas, se le conecta a la aguja de esta un cable el cual proviene de la fuente de alimentación, permitiendo así cerrar el circuito cuando J toque cualquier punto PE13 (por separado), en ese instante se escucha un sonido que indica que se realizó con éxito una de las técnicas anestésicas previamente mencionadas (Fig. 3.21.).

Para poder realizar estas condiciones de diseño se ubica la batería en su compartimento y se pega el frente del buzzer en su correspondiente agujero en el interior de la caja, luego se unen ambos componentes. Se une un cable al terminal negativo del buzzer y este sale del interior de la caja por el

agujero izquierdo más alejado a la línea media de este objeto. Este cable en particular llega una zona que lleva el nombre de “Núcleo”.

Los “Núcleos” se definen por ser zonas de unión y división de diversos cables, es gracias a ellos que se unen las zonas de punción de las diversas técnicas anestésicas al circuito eléctrico. El modelo presenta 5 de estos, 1 principal de mayor tamaño y 4 en cada esquina de los maxilares, de un tamaño más reducido. Los núcleos están compuestos por 3 capas, la primera de ellas es una porción de cinta de doble faz acolchada, sobre ella se ubica la siguiente capa, la cual consta de una lámina de cobre, sobre la que se sueldan los cables de conexión, la última capa corresponde a otra porción de cinta de doble faz acolchada para mayor seguridad. Posterior a esto los núcleos son cubiertos con pegamento acrílico blanco marca *Lanco* para mayor protección (Ver Anexo 1). El núcleo mayor presenta un área de 1.7 [cm] x 2 [cm], mientras que los de menor tamaño presentan un área de 1 [cm] x 1 [cm].

A partir del “núcleo” principal divergen 9 cables, 3 de ellos se dirigen al interior del maxilar superior para los puntos de la técnica del bloqueo del nervio alveolar superior medio anterior y la técnica de bloqueo del nervio nasopalatino; 2 de ellos bajan por la cara interior del maxilar para ubicarse en el agujero superior del conducto dentario inferior para las técnicas anestésicas del nervio dentario inferior. Los últimos 4 cables se ubican en la cara exterior del maxilar superior (2 cables, derecha e izquierda) y en la cara exterior del maxilar inferior (2 cables, derecha e izquierda), estos llegan a los 4 “núcleos” de menor tamaño.

Desde cada uno de estos “núcleos” divergen dos cables, destinados a la técnica infiltrativa terminales de anestesia al maxilar y a la mandíbula. Estos lugares se ubican a dos dientes de distancia cada uno del otro. Dando un total de 4 zonas de punción en el maxilar superior y 4 en el maxilar inferior.

Estas 13 zonas de punción están compuestas por el cable conector soldado a una placa de cobre la cual se encuentra pegada al modelo con un adhesivo transparente marca *Agorex* (Ver Anexo 1). Estas zonas presentan unas dimensiones de 5 [mm] x 5 [mm] (Fig. 3.22.), exceptuando las que están ubicadas en las zonas de la técnica del bloqueo al nervio alveolar inferior que presenta unas dimensiones de 12 [mm] x 7 [mm] (Fig. 3.23.).

Finalmente, todos los cables son cubiertos por el pegamento acrílico blanco marca *Lanco* para evitar que el usuario los observe. Además, los puntos de punción exitoso junto con todas sus zonas aledañas son cubiertos por silicona blanca marca *Agorex* (Ver Anexo 1), la cual tiene la particularidad de borrar cualquier marca que deje la aguja luego de practicar con el modelo.

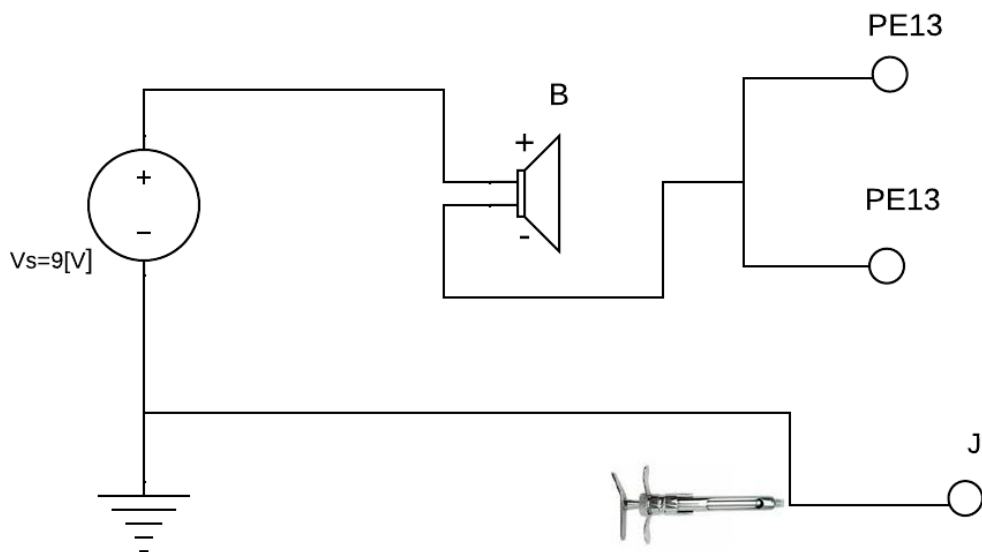


Fig. 3.21. Circuito eléctrico para el simulador odontopediátrico con voltaje de salida 9 [V]. B = Buzzer de 9 [V]. PE13 = Puntos exitosos para los 13 bloqueos anestésicos. J = Punto de conexión Jeringa.

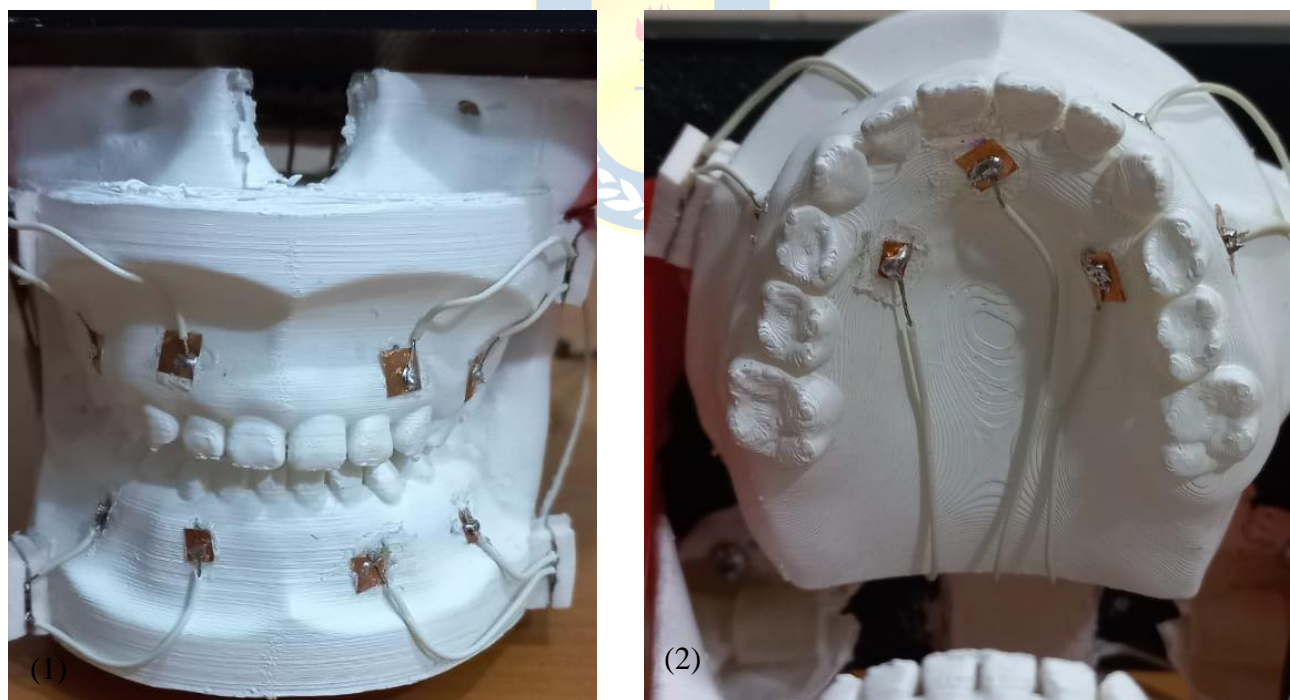


Fig. 3.22. Punciones exitosas con dimensiones de 5 [mm] x 5 [mm]. Técnicas de bloqueo infiltrativas (1). Técnicas del bloqueo al nervio alveolar superior medio anterior junto con la técnica del bloqueo al nervio nasopalatino (2).

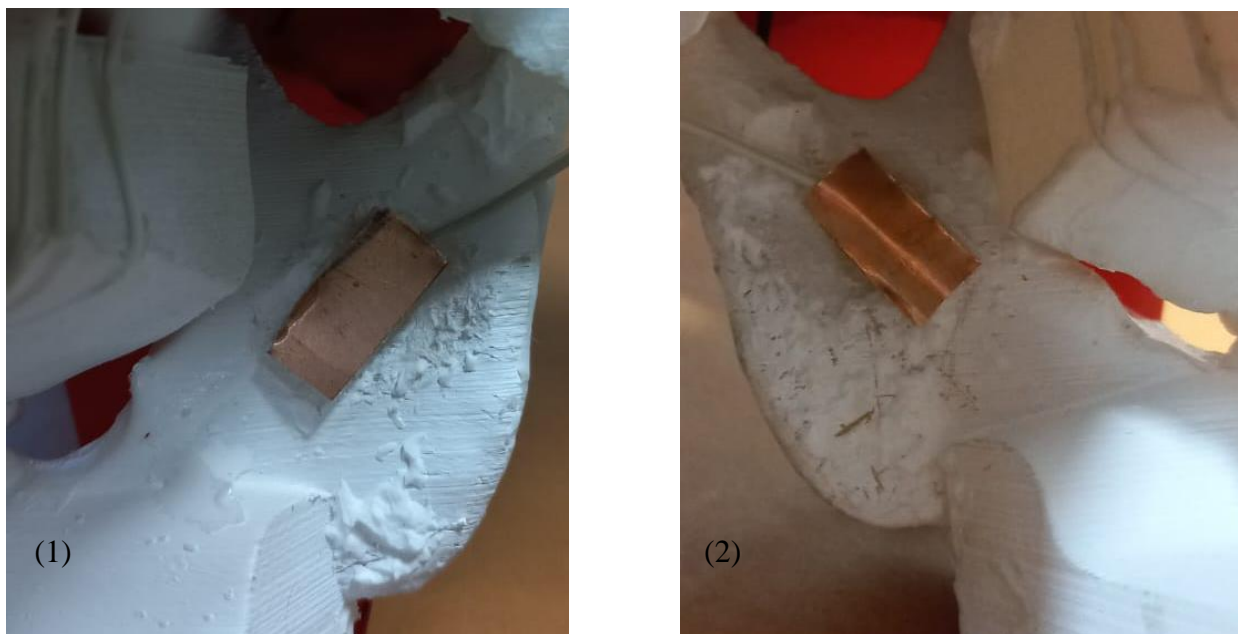


Fig. 3.23. Punciones exitosas con dimensiones de 12 [mm] x 7 [mm]. Técnicas de bloqueo al nervio alveolar inferior. Izquierda (1). Derecha (2)

C. Acondicionamiento de la jeringa

Desde el puerto negativo de la batería de 9 [V] se conecta mediante un cable a la jeringa, específicamente a un conducto en el interior de esta, a una zona en donde se encuentra el cilindro conector. La jeringa tiene un precio de \$6.990 CLP en el mercado. El cable en cuestión posee un diámetro de 2 [mm] y un largo de 86 [cm]. Se colocó un imán de neodimio sobre una de las caras de la jeringa a 1.5 [cm] desde el punto de inserción de la aguja. El segundo imán se encuentra a 5 cm de distante del imán previamente mencionado y en la misma superficie. Con estas condiciones se puede asegurar que la jeringa encaja perfectamente sobre los soportes de la tapa y facilita su traslado. (Fig. 3.24.). Las 50 unidades de imanes de neodimio se encuentran en el mercado por valor de \$2.533 CLP.

La función principal del cilindro conector es unir el sistema eléctrico con la aguja anestésica. Para lograr este cometido el cilindro presenta en su cara superior una laminilla circular de cobre de 9 [mm] de diámetro; unida a esta última se encuentra el cable conector el cual pasa a través del cilindro mediante un agujero que este posee de 2 [mm] de diámetro (Fig. 3.25.). El cilindro se sitúa en el compartimiento en donde se suele cargar la anestesia, su ubicación específica es en el extremo superior de la jeringa en una zona donde la anestesia se une a la aguja, por lo que el cobre hace contacto con el extremo inferior de la aguja permitiendo que esta se una al circuito. Finalmente, se conecta a la cara inferior del cilindro un resorte espiral para dar la sensación de anestesia al usuario;

con todos estos componentes en su lugar se utiliza cinta aislante para cerrar el conducto para anestesia.



Fig. 3.24. Posición de los imanes de Neodimio sobre la jeringa "carpule".



Fig. 3.25. Cilindro conector impreso unido al sistema eléctrico. Vista Superior (1). Vista Frontal (2).

D. Movimiento de la articulación temporomandibular

Para lograr un movimiento similar al que ocurra al cerrar y abrir la boca es necesario agregar un mecanismo al modelo odontológico. Para este cometido se adquiere en el mercado una banda elástica de color rojo a \$4.000 CLP (Ver Anexo 1). Esta se corta a la mitad y el largo de cada una de estas es reducido a 5 [cm]. Cada una de estas bandas están destinadas a ser enrolladas alrededor del arco cigomático del hueso maxilar, simulando uno de los puntos de inserción del músculo masetero. Para realizar esto se ocupa nuevamente el adhesivo transparente marca *Agorex*.

Para que la banda elástica posea una tensión similar a la que presenta el músculo masetero es necesario un mecanismo que la sujete en la base del modelo odontológico. Para esto se utiliza parte de una canaleta de cableado eléctrico (Ver Anexo 1), material que al ser presionado sobre la banda

elástica genera la tensión necesaria para que el movimiento de la articulación temporomandibular sea similar al de un paciente clínico. Es necesario limitar las dimensiones de la canaleta a 1.8 [cm] de largo y 3 [cm] de alto para lograr este cometido. Además, se utilizan 4 tornillos que son colocados en las cuatro esquinas de la canaleta, apretando esta estructura y generando la tensión necesaria para que le sistema funcione correctamente (Fig. 3.26.). Finalmente, se recubre el área de tensión utilizando silicona blanca marca *Agorex* y el proceso es repetido para la otra banda elástica restante.

Con la banda elástica en su posición, esta se acomoda para que presente la curva característica del musculo masetero, aportando un valor de estética y de dificultad al momento de utilizar el simulado anestésico (Fig. 3.27.).

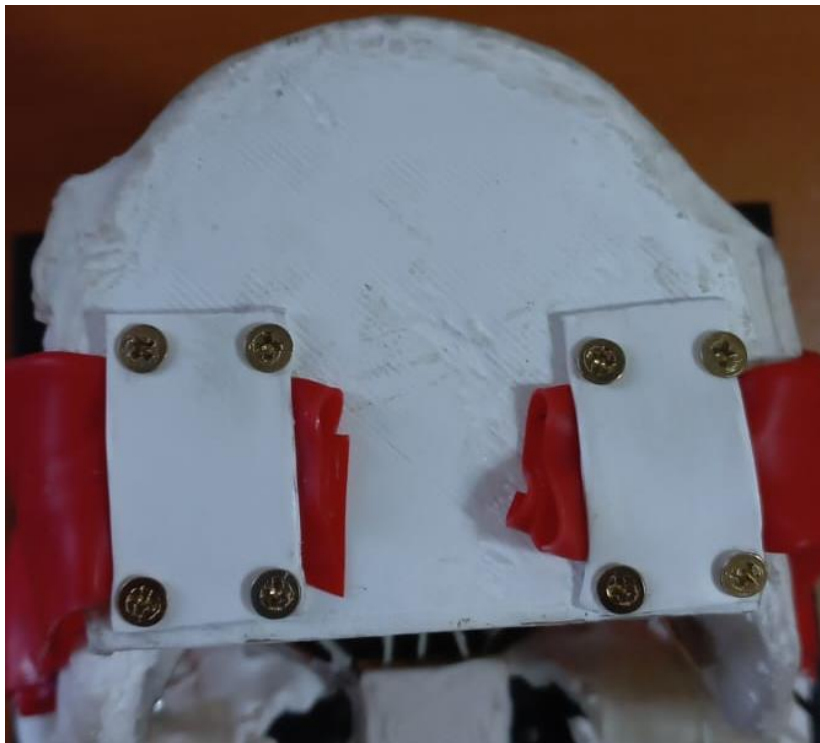


Fig. 3.26. Vista inferior del simulador odontopediátrico en donde se observan los puntos de sujeción del músculo masetero en la base del modelo.



Fig. 3.27. Músculo masetero presente en el modelo odontológico pediátrico. Vista lateral Izquierda (1). Vista lateral Derecha (2).



Capítulo 4. Resultados

En el siguiente capítulo se muestra el resultado final de todo el trabajo realizado siguiendo la metodología descrita en el capítulo 1. En la presente sección se observa el simulador odontopediátrico posterior a su etapa final con una breve descripción sobre lo mostrado. Además, se presenta la metodología y evaluación del simulador odontológico por parte de alumnos de 4^{to} y 5^{to} año de Odontología.

4.1. Presentación del simulador clínico

Los puntos de punción cubiertos con silicona blanca se pueden observar en la Fig. 4.1. La incorporación del sistema de retroalimentación sonoro situado dentro de la caja se puede observar en la Fig. 4.2. Además, en la Fig. 4.3. se puede observar la jeringa “carpule” luego del acondicionamiento realizado en el capítulo anterior.

En términos generales se puede observar el modelo odontológico pediátrico en su vista frontal en la Fig. 4.4.



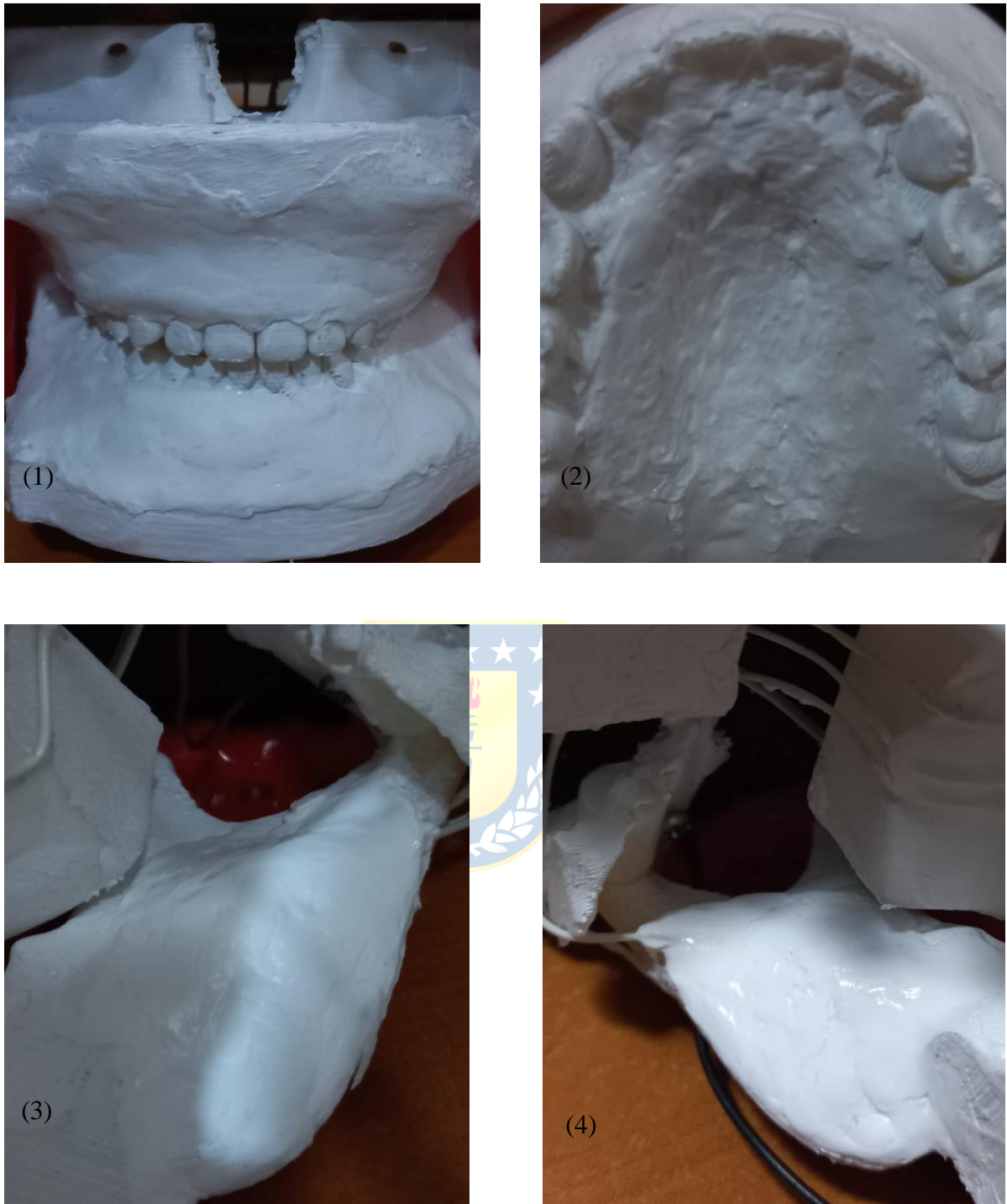


Fig. 4.1. Puntos de punción cubiertos por silicona blanca. Punciones cubiertas infiltrativas terminales (1). Punción nasopalatina y bloqueo al nervio alveolar superior cubiertos (2). Punción al nervio alveolar inferior izquierdo cubierta (3). punción al nervio alveolar inferior derecho cubierta (4).

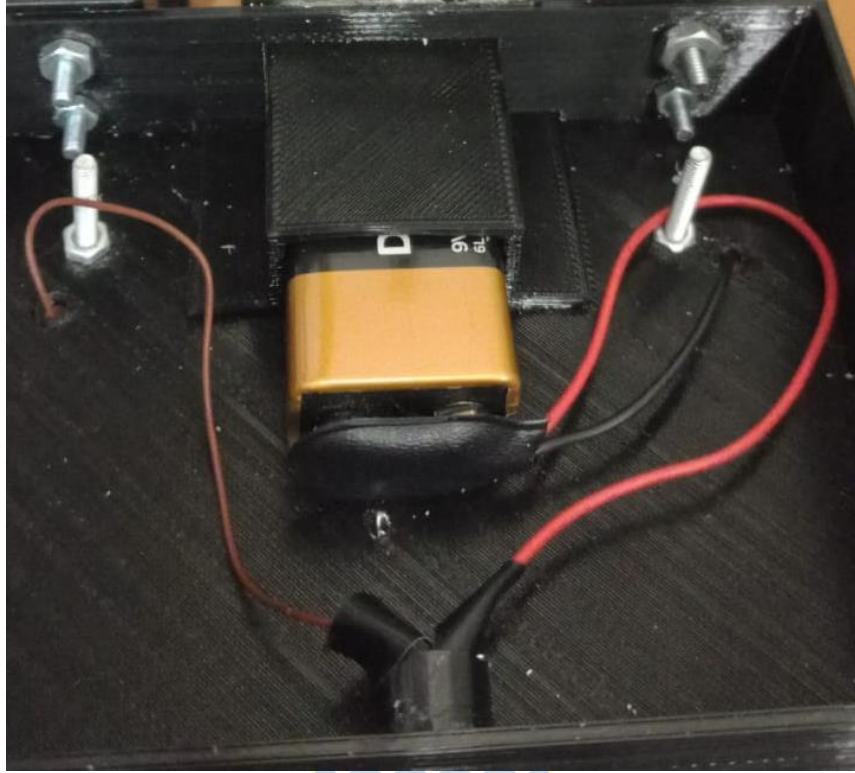


Fig. 4.2. Sistema de retroalimentación sonoro presente en el interior de la caja. Se observa la batería de 9 [V] conectada a un buzzer.

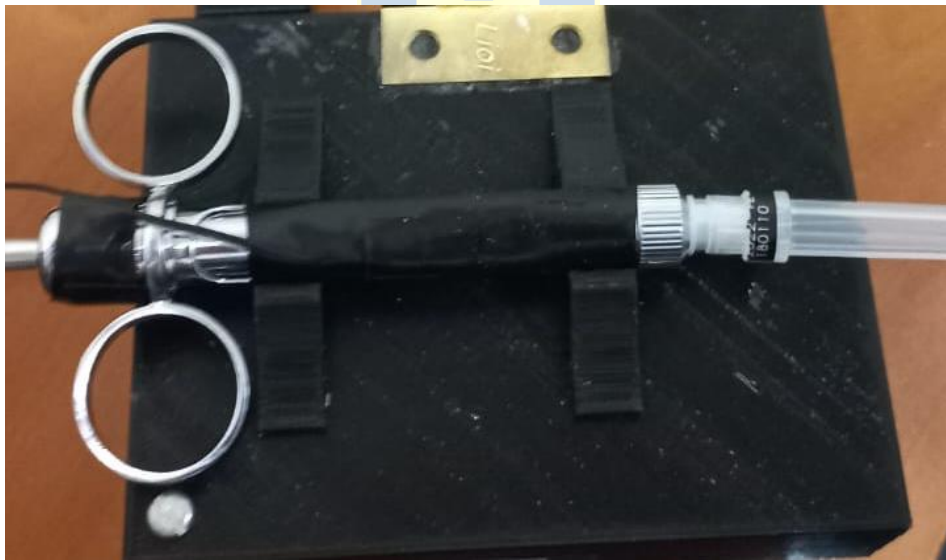


Fig. 4.3. Jeringa “Carpule” ubicada en su sistema de sujeción.



Fig. 4.4. Vista frontal del nuevo modelo odontológico pediátrico.

Al considerar la jeringa y los pernos de sujeción situados de manera correcta las dimensiones del nuevo simulador odontopediátrico son: 13.5 [cm] de alto, midiendo desde la base de la mandíbula hasta zona superior de los sujetadores. 23 [cm] de largo, midiendo desde la punta de la jeringa hasta su base. 20.5 [cm] de ancho, midiendo desde la comisura más anterior del maxilar hasta la base de los pernos mariposa. El peso total del modelo odontológico, con todos sus componentes incluidos es de 468 [g].

Considerando solo las piezas impresas en las impresoras 3D, se tienen 176 [g] de filamento negro y 120 [g] de filamento transparente. Analizando el mercado los 250 [g] de filamento negro se venden a un precio de \$4.990 CLP. A su vez, en el mercado, 1 [kg] de filamento transparente posee un precio de \$16.990 CLP. De acuerdo a esto, el costo de PLA total para fabricar el modelo alcanza la suma de \$5.552 CLP (\$3.513 CLP por el filamento negro y \$2.039 CLP por el filamento transparente). Cabe mencionar que el PLA blanco se encuentra al mercado por el mismo precio que el filamento negro, por lo que la impresión del modelo completo en este material tendría un precio de \$5.908 CLP.

Analizando el tiempo total del proceso de fabricación del modelo odontológico, la etapa de impresión de las piezas 3D puede optimizarse si se considera el uso de dos impresoras 3D que trabajan en paralelo. Esto permite reducir el tiempo de impresión de 28.00 horas a al menos 16.73 horas. El diseño y modelación con los *softwares* CAD, la pintura de maxilares impresos y la instalación de las piezas de soporte y el sistema de retroalimentación hacen un total de 21.75 horas, lo cual añadido a lo anterior hace un total de **38.45** horas de trabajo (Ver Tabla 4.1). Finalmente, si se utiliza filamento blanco para la impresión de los componentes 3D y sin considerar el tiempo del diseño y modelación CAD, el tiempo de trabajo se reduce a **24.7** horas. Esto último debido a que no será necesario editar los modelos computacionales del sistema y no será necesario pintar los maxilares con pintura ya que estos ya poseerán el color blanco desde la etapa de impresión 3D.

En términos de costos, el total en materiales que se debe gastar para la fabricación de una unidad es de **\$59.077** CLP (Ver Tabla 4.2).

TABLA 4.1 Sumario de tiempo de trabajo del proceso de fabricación del simulador clínico utilizando dos impresoras 3D trabajando en paralelo.

| Actividad | Tiempo empleado (horas) |
|-------------------------------|--------------------------------|
| Diseño y modelación CAD | 7.75 |
| Impresión de piezas 3D | 16.7 |
| Pintura de los maxilares | 6.0 |
| Ensamblaje de los componentes | 8.0 |
| Total | 38.45 |

TABLA 4.2 Materiales y costos asociados al proceso de fabricación del modelo odontopediátrico.

| Material | Costo (CLP) |
|---|--------------------|
| Modelo del fantoma pediátrico sin patología | 10.341 |
| PLA | 5.552 |
| Kit de bisagra y tornillos dorados | 750 |
| Aerosol blanco Spray Color | 2.200 |
| Silicona transparente Agorex | 990 |
| Silicona Blanca Agorex | 8.019 |
| Imanes Neodimio | 2.533 |
| Canalete Blanca Eléctrica | 1.010 |
| Cinta de doble faz acolchada | 2.750 |
| Placa de cobre | 2.190 |
| Pernos, tuercas y tornillos (6 juegos) | 700 |
| Pernos Mariposa | 3.012 |
| Banda elástica Roja | 4.000 |
| Batería Duracell 9 [V] | 4.690 |
| Jeringa Carpule | 7.990 |
| Resorte espiral | 750 |
| Buzzer | 1.000 |
| Cables de conexión | 600 |
| Total | 59.077 |

4.2. Evaluación

4.2.1. Marco metodológico

Con la intención de obtener una evaluación adecuada del simulador odontopediátrico, se intervino en las dependencias de la Clínica Universitaria de Odontopediatria a alumnos que cursan 4to y 5to año de la carrera de Odontología de la Universidad de Concepción. Luego de la lectura de un consentimiento informado (Ver Anexo 2), se les solicita a los alumnos realizar 3 tipos distintos de bloqueos anestésicos sobre el simulador clínico, las técnicas en particular a realizar son: Técnica anestésica infiltrativa troncular al nervio alveolar inferior, el bloqueo al nervio nasopalatino y una técnica infiltrativa terminal a nivel mandibular o maxilar. Posterior al uso del simulador, se realiza un cuestionario sociodemográfico junto a una encuesta de satisfacción (Ver Anexo 2). Con el cuestionario sociodemográfico se obtuvieron los siguientes datos: Sexo, curso del alumno, si existe experiencia (practica) previa con algún otro tipo de simulador y si existe experiencia (practica) previa con algún paciente odontopediátrico. La encuesta de satisfacción consta de 15 ítems, se evaluó cada afirmación según la escala Likert, como: 1) Muy en desacuerdo, 2) En desacuerdo, 3) Indiferente, 4) De acuerdo y 5) Muy de acuerdo. Con estos datos, obtenidos de manera totalmente

anónima y confidencial, se procesan en la aplicación *Microsoft Excel*® incluida dentro del programa *Microsoft Office 365*.

4.2.2. Resultados de la evaluación

Los resultados del cuestionario sociodemográfico muestran un total de 43 alumnos, 19 de 4to año y 24 de 5to año. En relación al sexo, los números están presentes en la Tabla 4.3. En cuanto a la pregunta sobre si poseía experiencia (práctica) con algún tipo de simulador odontológico, se obtiene que 58% de los entrevistados si poseía experiencia previa, el 42% restante no poseía experiencia (Ver Fig. 4.5 (1)). Se debe considerar el contexto actual de la pandemia COVID-19 como el causante de este resultado, puesto que se demuestra que el curso de 5to año presenta respuestas levemente negativas en este punto, indicando que poco más de la mitad de este curso no practico con un simulador físico en años previos. En contraparte, los alumnos de 4to año poseen en su gran mayoría el conocimiento práctico de haber trabajado con algún simulador odontopediátrico, como se demuestra en el gráfico de la Fig. 4.5 (2).

En relación a la pregunta sobre si poseía experiencia (práctica) previa con algún paciente pediátrico, se obtiene que el 63% de los entrevistaron si poseía experiencia previa con algún paciente, el 37% restante no poseía experiencia previa (Ver Fig. 4.6 (1)). En este ámbito se indica que la totalidad de los alumnos entrevistados de 5to año han realizado su práctica clínica por lo que han tratado con un paciente pediátrico previo al experimento. En cambio, los alumnos de 4to año carecen de la experiencia práctica en niños, debido a que es en ese año académico en que comienzan a tener prácticas en la clínica odontopediátrica, esto se demuestra según el grafico de la Fig. 4.6 (2).

TABLA 4.3 Participación de alumnos de 4to y 5to año segmentados por sexo.

| | Alumnos de 4to año | Alumnos de 5to año |
|--------------|--------------------|--------------------|
| Mujeres | 15 | 15 |
| Hombres | 4 | 9 |
| Total | 19 | 24 |

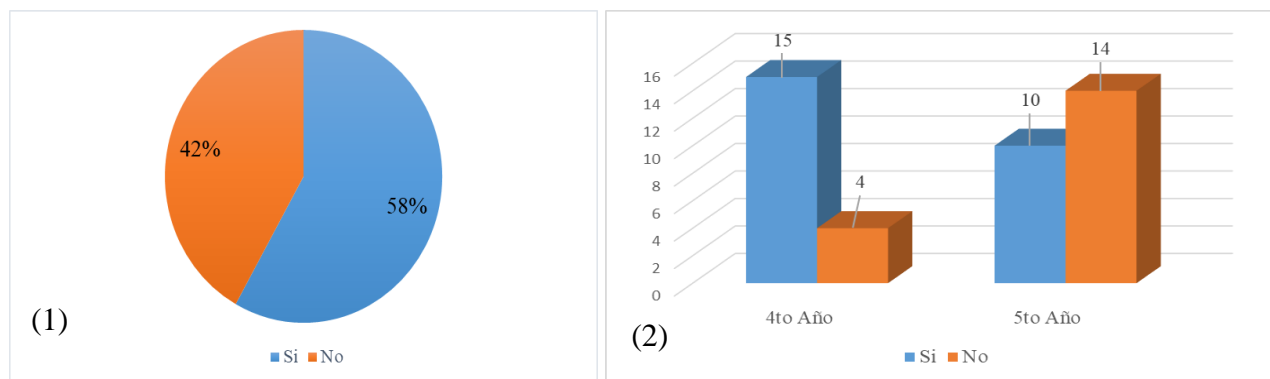


Fig. 4.5. Distribución de respuestas referente a la experiencia (práctica) previa con algún simulador odontopediátrico. (1) Porcentaje en relación a la totalidad de la muestra. (2) Segmentación por los cursos intervenidos.

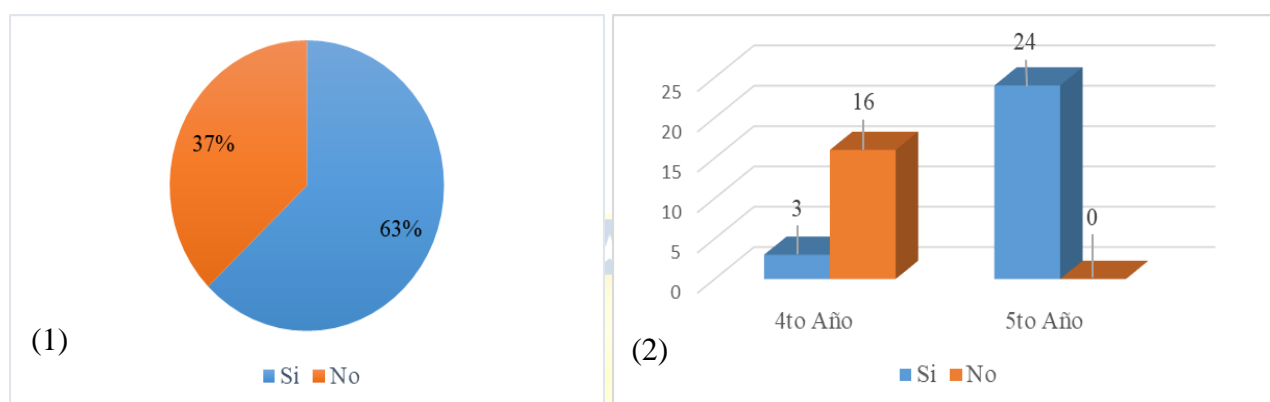


Fig. 4.6. Distribución de respuestas referente a la experiencia (práctica) previa con algún caso clínico pediátrico. (1) Porcentaje en relación a la totalidad de la muestra. (2) Segmentación por los cursos intervenidos.

Los datos obtenidos a partir de la encuesta de satisfacción se analizaron en dos grupos, el primero correspondiente a los alumnos de 4to año y el siguiente a los de 5to año de odontología (Ver resultados de la encuesta de satisfacción en Anexo 2). En la Fig. 4.7. se compara el promedio de las respuestas de ambos cursos a modo de resumen, las barras indican el promedio de las respuestas en una escala del 1 al 5, todo esto a función del grado de la escala de Likert.

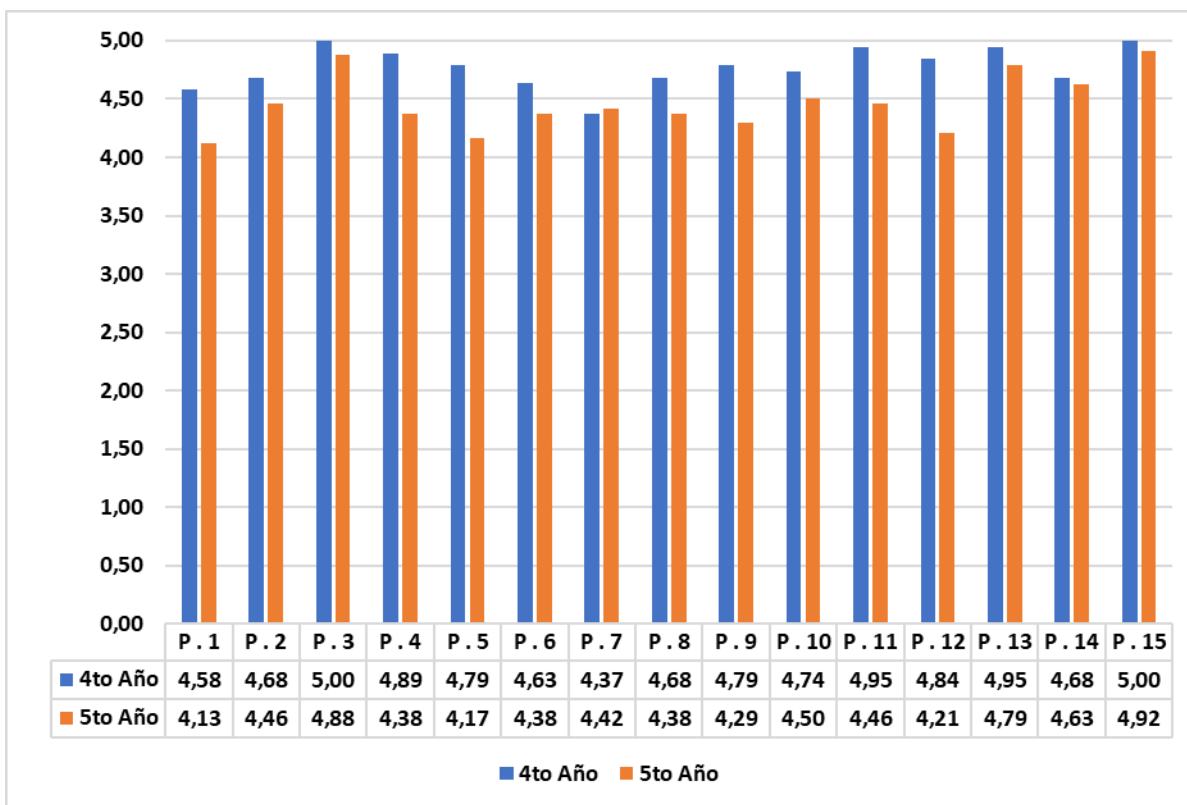


Fig. 4.7. Comparación de respuestas obtenidas de la encuesta de satisfacción.

De acuerdo a las repuestas obtenidas de los estudiantes, la valoración del nuevo simulador clínico fue positiva, obteniendo en todo el apartado de preguntas un promedio sobre 4, se destacan los siguientes puntos, la pregunta 3, 4, 10, 11, 13, 14 y 15 con un promedio que supera el 4,5 en ambos cursos. Los alumnos aseguran que el método de retroalimentación sonora es lo suficientemente interactivo y funcional para mejorar su aprendizaje (P.3). A su vez consideran que el modelo enfatiza la diferencia anatómica que existe entre niños y adultos (P.4), lo cual tiene bastante lógica considerando que el modelo fue desarrollado a partir de la unión de los dos modelos pediátricos preliminares. A su vez, esta última afirmación se encuentra relacionada con la P.1, la cual indica que el nuevo modelo odontológico se encuentra muy cerca a la realidad de un paciente clínico (Esta pregunta obtuvo un puntaje de 4.3 como promedio entre ambos cursos). Un apartado importante es el que se encuentra en P.10, en donde se destaca que la experiencia con el simulador ayuda en gran medida a los estudiantes en un ámbito de seguridad personal, detectando los puntos de punción anestésicos de una forma efectiva y mejorando su técnica, esto último está relacionado con la P.11. En donde se indica que el simulador podría funcionar en gran medida como un método repetitivo de enseñanza y entrenamiento, reduciendo así el número de fallas al aplicar las técnicas en un caso real. La pregunta P.13 afirma que la experiencia con el simulador es útil al dar al estudiante

la capacidad de practicar diversas técnicas anestésicas en un ambiente pediátrico, que el simulador ayuda a evidenciar errores en la técnica anestésica del nervio dentario inferior (P.14) y que recomendaran el uso del simulador en la práctica clínica (P.15).

Sin embargo, considerando las 15 preguntas, 5 y 7 recibieron un puntaje promediado entre los dos cursos menor a un 4.5. La P.5 indica que el modelo facilita la localización de los puntos de orientación infantiles para aplicar las técnicas anestésicas; su puntaje se ve influenciado por la carencia de particularidades anatómicas en el modelo odontológico como el color de las encías, la falta de estructuras como la lengua o los labios y la falta de una dentadura mixta. La P.7 indica que los conocimientos teóricos previos a la simulación son los adecuados en la práctica con el simulador; su puntaje se ve influenciado a la presente pandemia mundial de COVID-19 y al método de enseñanza a distancia que se tuvo que implementar, lo cual impidió a gran cantidad de estudiantes el poseer esa capacidad espacial necesaria para relacionar los puntos anestésicos del modelo con la teoría presentada en las clases. Cabe rescatar que el promedio de ambos cursos referente a estas dos preguntas es de un 4.48 y 4.40 respectivamente.

Además, los alumnos de odontología consideran que es fácil trabajar con el simulador (P.6), y que la practica con este ha ayudado en el manejo de la ansiedad y a controlar otros aspectos del procedimiento anestésico de un niño (P.12). Y, de mejorar las habilidades técnicas del estudiante respecto a la angulación de la aguja (P.10).

Finalmente, en la Fig. 4.8 se observa parte de la intervención realizada por los alumnos antes de responder la encuesta de satisfacción.

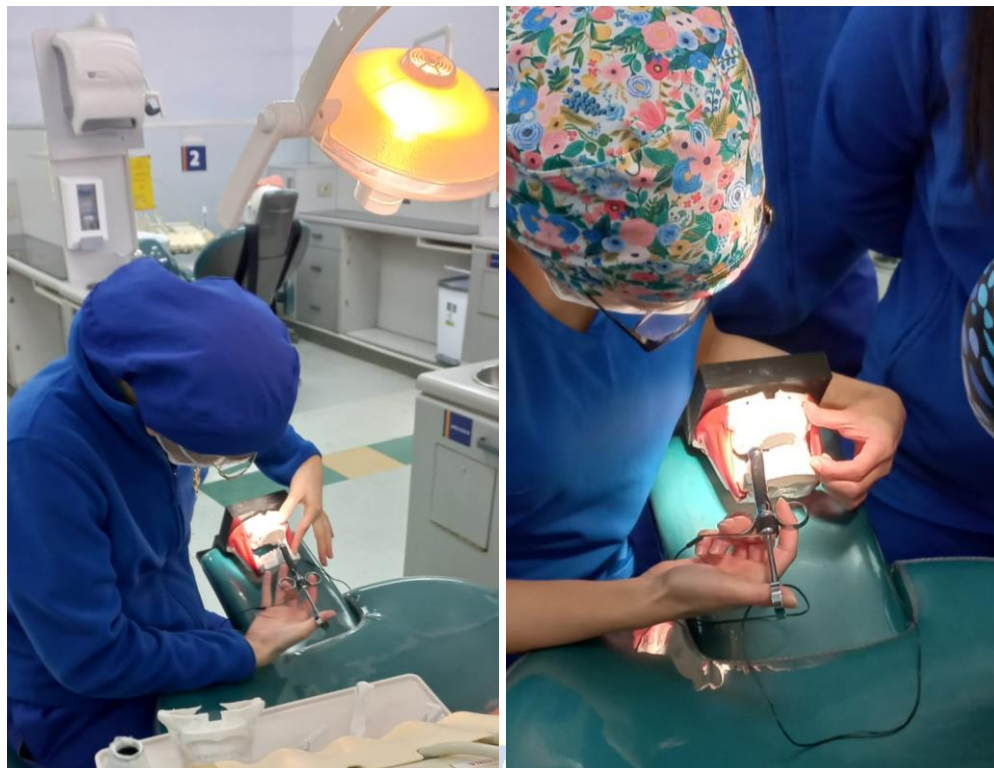


Fig. 4.8. Intervención del simulador clínico en toma de evaluación.



Capítulo 5. Conclusiones

5.1. Discusión

La motivación de este proyecto radica en que en el mercado actual no se encuentran a la venta modelos odontológicos pediátricos que puedan ser utilizados para entrenar a futuros profesionales en el arte de la inyección anestésica. Considerando esto último, muchos profesionales han detectado una gran dificultad al momento de anestésiar a un niño en algún procedimiento que requiera adormecer un área en particular, todo esto debido a la falta de práctica del odontólogo cuando era un estudiante y por las complicaciones anatómicas y conductuales que implican tratar con un menor de edad. Las consecuencias de un mal uso de la anestesia pueden ser catastróficas, procedimientos inconclusos, intentos erróneos, secuelas psicológicas y malestar duradero pueden afectar en gran medida la decisión de un paciente al asistir al dentista, esto se agrava mucho más al tratarse de un paciente pediátrico. A partir de lo anterior, este trabajo se enfoca en realizar un modelo odontológico pediátrico que ayude a los estudiantes a practicar en 13 zonas anestésicas para prepararlos para su futuro laboral, todo esto teniendo como base principal el simulador odontopediátrico diseñado y fabricado en el año 2019.

Comenzando con la etapa de obtención de archivos, estos poseen un costo de 12 USD, centrados principalmente en el archivo odontológico comprado en la página web. En cuanto al archivo proporcionado por el profesor patrocinante este no presenta ninguna dificultad en términos generales y se adquiere sin dificultades.

En cuanto a la etapa de modelación y diseño 3D en *software* CAD, esta etapa se completó tras 7.4 horas aproximadas de trabajo. Lo que llevó más tiempo fue la intersección entre los archivos del modelo odontológico original con el que se obtuvo con la página web. Al poseer ambos modelos dentaduras y estructuras diferentes fue necesario editar ambos modelos para que encajen correctamente y funcionen en conjunto. Esta etapa en cuestión tomo un tiempo aproximado 4.5 horas de trabajo, considerando que este proceso dependía de diversas opciones de edición para obtener el mejor modelo posible, más liso y anatómicamente adecuado para un caso clínico pediátrico odontológico.

En la siguiente etapa, la cual consta de la impresión 3D y ensamblaje, cabe destacar que los archivos que forman parte de la caja y sus soportes presentan un tamaño de memoria muy liviano, permitiendo así un fácil envío por correo electrónico y su futura impresión a distancia. Este caso no

se repite con el archivo anatómico resultante, con un tamaño de 128 megabytes, por lo que es necesario contar con una impresora 3D cercana al momento de terminar de editar los archivos o tener un medio de almacenamiento más amplio permitiendo un mejor transporte de los archivos. En términos de impresión el tiempo de demora para imprimir en conjunto los archivos de la caja junto con el apartado anatómico es de 28 horas aproximadamente, en el caso en el que el usuario se encuentre con dos impresoras 3D, que funcionen en paralelo, la impresión de ambos archivos se reduce a 16.7 horas aproximadamente. Finalmente existen 2 elementos que adquieren un gran valor si se desea comparar el simulador odontopediátrico del año 2019, con el actual modelo odontológico. El primero de ellos es la banda elástica que simula el comportamiento del musculo masetero, pues este se utiliza como mecanismo de cierre de la mandíbula, lo cual dificulta la visión del campo de acción del estudiante, forzándolo a adoptar la postura y la angulación correcta de la aguja para realizar una punción exitosa; además este posee un atractivo visual que simula un caso pediátrico real. El segundo elemento es el cilindro conector, pues es gracias a este componente que se pueden intercambiar las agujas al momento de trabajar con el simulador, permitiendo que la vida útil del proyecto sea mucho mayor, y abierta a que el usuario cometa errores como romper la aguja sin repercusiones graves en el funcionamiento del simulador.

Según la evaluación del simulador fabricado, la encuesta de satisfacción mostró resultados favorables. Esto tendrá justificación si se consideran las dimensiones reducidas de la anatomía del modelo y de cómo este representa la realidad de un paciente pediátrico.

5.2. Conclusiones

De acuerdo con lo planteado en el apartado de objetivos específicos y gracias a al seguimiento de la metodología propuesta, se concluye lo siguiente:

- Sobre la identificación de desafíos y barreras, gracias a la opinión de docentes experimentados en el campo de la anestesia pediátrica, se logró analizar el modelo odontológico del año 2019 y se encontró diversas características que se pueden abordar como base para el desarrollo de un nuevo modelo odontológico.
- Sobre el diseño de un nuevo modelo odontológico, se utilizaron *softwares* CAD, dos archivos de modelos odontológicos y diversos materiales que se encuentran en el mercado para diseñar y fabricar un modelo odontológico nuevo que cumple con las

características del apartado anterior. La anatomía presenta a un paciente pediátrico estándar en donde se pueden practicar 13 tipos distintos de anestesia infiltrativas.

- En el apartado de revisión del nuevo sistema implementado, se presenta el nuevo modelo odontológico ante alumnos de odontología para una prueba de campo clínico. Posterior a ella se realiza un cuestionario sociodemográfico y de satisfacción, con el que se valida el uso del simulador como un sistema de enseñanza apto para la práctica de las técnicas anestésicas en niños. El resultado de esta encuesta es de 4.5 en una escala del 1 al 5, por lo que se considera que el modelo odontológico cumple como herramienta para la enseñanza de punciones anestésicas odontológicas en niños.

Finalmente, se concluye que el dispositivo fabricado cumple con el objetivo general de este trabajo, diseñar y fabricar un simulador odontológico físico, destinado a la enseñanza de las técnicas anestésicas que adormecen los nervios alveolares superior e inferior de un paciente pediátrico.

5.3. Trabajo Futuro

De acuerdo a lo mencionado en los apartados anteriores, es necesario agregar ciertos puntos de referencias puntuales y estéticos que indiquen de mejor manera el trayecto que debe recorrer la aguja para llegar al punto de punción correcto. Se considera el uso de un nuevo material que cubra los puntos de punción, que posea características similares a la mucosa y no genere rastros luego de que la aguja lo perfora, de preferencia del color de las encías de los pacientes, pues los alumnos están acostumbrados a este color por sobre el blanquecino que proviene de la silicona. A su vez, se puede considerar el uso de dientes intercambiables para que el modelo sea utilizado para cualquier caso clínico, así el estudiante solo tendrá que utilizar un único sistema para practicar. También se recomienda aumentar la estética del sistema agregando estructuras similares a labios y lenguas, generando así una sensación más realista al tratar con el simulador.

Bibliografía

- [1] Tipos de anestesia dental y en qué tratamientos se utilizan. Fecha de acceso: 03 de Mayo de 2022 [Online]. Disponible: <https://www.clinicaferrusbratos.com/anestesia-sedacion/anestesia-dental-tipos-tratamientos-se-utiliza/>
- [2] Todo lo que necesitas saber sobre las agujas y jeringas para anestesia. Fecha de acceso: 03 de Mayo de 2022 [Online]. Disponible: <https://www.dentaltix.com/es/blog/todo-lo-que-necesitas-saber-las-agujas-y-jeringas-anestesia>
- [3] Modelos de estudio y Tipodontos dentales. Fecha de acceso: 03 de Mayo de 2022 [Online]. Disponible: <https://www.dentaltix.com/es/blog/modelos-estudio-y-tipodontos-dentales>
- [4] Adaptación del niño a la consulta odontológica. Fecha de acceso: 03 de Mayo de 2022 [Online] Disponible: <https://www.actaodontologica.com/ediciones/1998/2/art-4/>
- [5] C. Alegría, “Diseño e Impresión de Maxilar Infantil en 3D para Simulación Clínica Odontopediátrica,” Tesis de Ingeniería, Universidad de Concepción, Concepción, Chile, 2019.
- [6] Mitra Sandrameli, Mel Mupparapu, “Oral and Maxillofacil Anatomy,” *Radiologic Clinics of North America*, vol. 56, no 1, pp. 13-29, Jan. 2018.
- [7] N. S. Norton. (2015). *Netter. Anatomía de cabeza y cuello para odontólogos*. (Ed. 3, pp 44-46).
- [8] F. García Izquierdo, MM. López Benito, F. Nuño Mateo, “Importancia de los dientes temporales. Su cronología de erupción”. *Rev Pediatr Aten Primaria*. 2003; 5:439-445.
- [9] Mohammed Abbas Husain, “Dental Anatomy and Nomenclature for the Radiologist,” *Radiologic Clinics of North America*, vol. 56, no 1, pp. 1-11, Jan. 2018.
- [10] Carl N. Stephan, “The Human masseter muscle and its biological correlates: A review of published data patient to face prediction,” *Forensic Science International*, vol. 41, no 4, pp. 236-239, Aug. 2003.
- [11] Rivera G, “Nervio trigémino: aspectos esenciales desde las ciencias biomédicas”. *Rev. Estomat*. 2011; 19(2):33-39.
- [12] Mejía P., Carlos A. “Updates in anatomy: the maxillary nerve II”. *Rev. Estomat*. 1992;

2(2):96-97.

- [13] Mejía P., Carlos A. “Updates in anatomy: posterior trunk of mandibular nerve”. *Rev. Estomat.* 1994; 4(1):27-28.
- [14] Sahar T. Aghababaie, Joana Monteiro, Eirini Stratigaki, Paul F. Ashley, “Techniques for effective local anesthetic administration for the paediatric patient,” *British Dental Journal*, vol. 299, pp. 799-785, Dec. 2020.
- [15] H. –K. Kim, Y. –S. Lee, H. –S. Kho, K. –W. Yum, S. –C. Chung, “Facial and glossal distribution of anaesthesia after inferior alveolar nerve block,” *Journal of Oral Rehabilitation*, vol. 30, no. 2, pp. 189-193, Feb. 2003.
- [16] Henk S. Brand, Jaques A. Baart, N. Eline Maas, Irmke Bachet, “Effect of a Training Model in Local Anesthesia Teaching,” *Journal of Dental Education*, vol. 74, no. 8, pp. 876-879, Aug. 2010.
- [17] Sareh Said Yekta, Friedrich Lampert, Saeid Kazemi, Reza Kazemi, Henk S. Brand, Jaques A. Baart, Mina Mazandarani, “ Evaluation of New Injection and Cavity Preparation Model in Local Anesthesia Teaching,” *Journal of Dental Education*, vol. 77, no. 1, pp 51-57, Jan 2013.
- [18] Jessica S. Lee, Roseanna Graham, Jennifer P. Bassiur, Richard M. Lichtenthal, “ Evaluation of a Local Anesthesia Simulation Model with Dental Students as Novice Clinicians,” *Journal of Dental Education*, vol. 79, no. 12, pp. 1411-1417, Dec. 2015.
- [19] Anastasios Plessas, “ Computerized Virtual Reality Simulation in Preclinical Dentistry: ¿Can a Computerized Simulator Replace the Conventional Phantom Heads and Human Instruction?,” *The Journal of the Society for Simulation in Healthcare*, vol. 12, no. 5, pp 332-+338, Oct. 2015.
- [20] Autodesk Meshmixer. Fecha de acceso: 05 de Junio de 2022 [Online]. Disponible: <https://www.meshmixer.com/>
- [21] Pediatric dental model 3D print model. Fecha de acceso: 11 de Abril de 2022 [Online]. Disponible: <https://www.cgtrader.com/3d-print-models/science/biology/pediatric-dental-model-50964053-9ef7-4536-b751-c60c8899a4f0>
- [22] Fusion 360. Fecha de acceso: 05 de Junio de 2022 [Online]. Disponible:

<https://latinoamerica.autodesk.com/products/fusion-360/overview?term=1-YEAR&tab=subscription>

- [23] Impresora 3D *Monoprice Maker Ultimate*. Fecha de acceso: 05 de Junio de 2022 [Online]. Disponible: https://www.monoprice.com/Product?p_id=36045#collapseOne
- [24] Imanes de Neodimio. Fecha de acceso: 05 de Junio de 2022 [Online]. Disponible: <https://buntingmagnetics.com/es/blog-de-la-industria/que-es-un-iman-de-neodimio/>
- [25] Anatomía Maxilar Inferior. Fecha de acceso: 05 de Junio de 2022 [Online]. Disponible: https://www.researchgate.net/figure/Figura-1-22-Ilustracion-de-la-mandibula-humanaindicando-sus-partes-mas-importantes_fig7_307213399
- [26] Anatomía Maxilar Superior. Fecha de acceso: 05 de Junio de 2022 [Online]. Disponible: <https://osteologia-esencial-ucacue.webnode.ec/nuevo-blog16/>
- [27] Dentadura temporal y permanente. Fecha de acceso: 05 de Junio de 2022 [Online]. Disponible: <https://www.mouthhealthy.org/es-MX/az-topics/e/eruption-charts>
- [28] Musculo masetero. Fecha de acceso: 05 de Junio de 2022 [Online]. Disponible: <https://www.dolor-muscular-articular.es/puntos-gatillo/autotratar-puntos-gatillo-y-visiongeneral/masetero/>
- [29] Nervio Maxilar. Fecha de acceso: 05 de Junio de 2022 [Online]. Disponible: <https://www.bartleby.com/107/illus779.html>
- [30] Nervio Mandibular. Fecha de acceso: 05 de Junio de 2022 [Online]. Disponible: <https://www.bartleby.com/107/illus782.html>
- [31] Anestesia Troncular al nervio dentario inferior. Fecha de acceso: 05 de Junio de 2022 [Online]. Disponible: <https://www.odontologos.mx/odontologos/noticias/439/anestesia-troncular-del-nervio-dentario-inferior>
- [32] Impresora 3D *Monoprice Maker Ultimate*. Fecha de acceso: 05 de Junio de 2022 [Online]. Disponible: <https://lamejorimpresora3d.com/impresoras-3d/monoprice-maker-ultimate>
- [33] ¿Qué es el PLA? Fecha de acceso: 17 de Julio de 2022 [Online]. <http://www.eis.uva.es/~biopolimeros/alberto/pla.htm>

- [34] Características físicas del Ácido Poliláctico. Fecha de acceso: 17 de Julio de 2022 [Online]. <https://tractus3d.com/es/materials/pla/>
- [35] Pintura en aerosol blanco brillante Ferretools. Fecha de acceso: 17 de Julio de 2022 [Online]. <https://www.palmextop.com/spray-de-color-blanco-brillante-ferretools>
- [36] Características de los imanes de Neodimio. Fecha de acceso: 17 de Julio de 2022 [Online]. https://www.magfine.it/es/user_data/neodymium.php
- [37] Pegamento acrílico blanco marca *Lanco*. Fecha de acceso: 17 de Julio de 2022 [Online]. <https://www.lancopaints.com/chile/es/products/adhesivos-profesionales-cola-fria-y-masillas/adhesivo-de-montaje/super-nail/>
- [38] Adhesivo transparente marca *Henkel*. Fecha de acceso: 17 de Julio de 2022 [Online]. <https://cornershopapp.com/es-cl/products/1725o-henkel-adhesivo-universal-agorex-transparente-pomo-20cc>
- [39] Silicona blanca marca *Henkel*. Fecha de acceso: 17 de Julio de 2022 [Online]. <https://www.agorex.cl/es/productos/siliconas-y-sellantes/agorex-700.html>
- [40] Banda elástica roja. Fecha de acceso: 17 de Julio de 2022 [Online]. <https://atlanta-deportes.com.co/producto/banda-elastica-roja-sportiva/>
- [41] Canaleta eléctrica. Fecha de acceso: 17 de Julio de 2022 [Online]. <https://www.easy.cl/canaleta-100-x-50-mmx-2-mt-blanco-legrand-1103206/p>

Anexo 1. Especificaciones de los materiales

Filamento utilizado en las impresiones 3D:

- **PLA (Polilactic Acid):** El ácido poliláctico es un polímero biodegradable derivado del ácido láctico, se hace a partir de recursos renovables al 100%, ricos en almidón. Este termoplástico al fundirse actúa como un fluido capaz de representar con sumo detalle piezas impresas. Posee una alta resistencia a la tracción, soporta temperaturas de hasta 65° C y es apto para todo tipo de impresoras 3D [33,34].

Spray de color blanco brillante Ferretools (Fig. A.1):

Pintura en aerosol de uso general, color blanco brillante, desarrollada con resinas acrílicas de secado rápido y de óptima resistencia a la intemperie. Excelentes acabados, poder de cobertura y efecto decorativo. Puede ser utilizada en interiores y exteriores para aplicaciones de hierro, acero, madera, cerámica, yeso, entre otros [35].



Fig. A.1. Spray de color blanco brillante Ferretools.

Imanes de Neodimio (Fig. A.2):

El imán de neodimio es el tipo de imán de tierras raras más utilizado. Es un imán permanente hecho de una aleación de neodimio, hierro y boro para formar el $Nd_2Fe_{14}B$, estructura cristalina tetragonal. Su uso está muy extendido en productos industriales y en artículos de uso diario como prendas de vestir y productos domésticos [36].



Fig. A.2. Imán de Neodimio en forma de disco.

Pegamento acrílico blanco marca *Lanco* (Fig. A.3):

Es un adhesivo acrílico a base de agua, extra fuerte, de color claro, no inflamable ni tóxico, de uso de interior y exterior, para pegar molduras y rodapiés, y todo tipo de paneles decorativos. Ideal para remodelaciones sobre superficies viejas [37].



Fig. A.3. Pegamento acrílico blanco marca *Lanco*.

Adhesivo transparente marca *Agorex* (Fig. A.4):

Adhesivo para materiales sintéticos transparente, no deja marcas, de rápido fraguado, resistente y flexible, de baja toxicidad, no contiene tolueno. Sirve para el pegado de plásticos como PVC, poliuretano, ABS, poliestireno. Ideal para labores de artesanía, maquetaría, trabajos escolares, etc. Para todo tipo de reparaciones en el hogar. Pomo 20cc [38].



Fig. A.4. Adhesivo transparente marca *Agorex*.

Silicona blanca marca *Agorex* (Fig. A.5):

Sellante de silicona para baños y cocinas con excelente adherencia. Permite uniones flexibles, resistentes a golpes y vibraciones. Contiene fungicida, lo que impide la formación de hongos. Rápido fraguado. Alta resistencia al envejecimiento. Alta resistencia a los agentes químicos y atmosféricos. Ideal para sellar lavamanos, tinas, lavaplatos, etc. de materiales diversos como aluminio, vidrio, cerámica, azulejo y madera. Cartucho 300 ML [39].



Fig. A.5. Silicona blanca marca Agorex.

Banda elástica roja (Fig. A.6):

La banda elástica roja es ideal para ejercitar pierna y glúteo, al igual que es un accesorio de gran ayuda para completar rutinas de yoga y gimnasio o rutinas aeróbicas. Diámetro 50 cm. Calibre 65 mm. Composición Látex [40].



Fig. A.6. Banda elástica roja.

Canaleta eléctrica (Fig. A.7):

Canaleta ideal para la instalación de cableado de corrientes débiles, fibra óptica y eléctrico. Dimensiones: 20x10 mm x 2 m. Material autoextinguible, retardante al fuego [41].



Fig. A.7. Canaleta eléctrica.

Anexo 2. Instrumentos de medición

Anexo 2.1 Consentimiento Informado

Consentimiento informado para participar en un estudio de investigación

Título del estudio: “Modelo Dental Pediátrico para Enseñanza en Odontología”.

Estimado participante:

Mi nombre es Aníbal Barrales Navarrete, soy alumno de sexto año de Ingeniería Civil Biomédica de la Universidad de Concepción. El objetivo de dirigirme a ti es pedir tu colaboración para la consecución de mi trabajo de fin de grado, probar el simulador clínico y, al finalizar, realizar una encuesta de forma totalmente anónima, voluntaria y confidencial.

El propósito de mi proyecto es fabricar un simulador clínico que sea útil en la práctica de diversas técnicas anestésicas en niños, 11 de ellas son infiltrativas terminales y 2 son infiltrativas tronculares, estas últimas corresponden a la técnica anestésica al nervio dentario inferior. El modelo integra un sistema de retroalimentación sonoro que alerta al usuario cuando la aguja alcance el objetivo deseado, es decir el punto de bloqueo de alguna de las técnicas anestésicas.

Por este motivo, agradezco tu contribución práctica y te pido que contestes sinceramente, con el fin de que los resultados sean válidos y reflejen realmente tu opinión.

Acepto participar en el estudio _____

Rechazo participar en el estudio _____

Nombre, Rut y firma del voluntario

Fecha

Aníbal Barrales Navarrete
RUT:19.834.337-4
Estudiante de Ingeniería Civil Biomédica
Facultad de Ingeniería
Universidad de Concepción

Fecha

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 14. El simulador me ayudo a evidenciar errores en la técnica anestésica al nervio dentario inferior en niños. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 15. Recomendaría la práctica clínica con el uso del simulador clínico a mis compañeros. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |

Anexo 2.3 Resultados de la encuesta de satisfacción

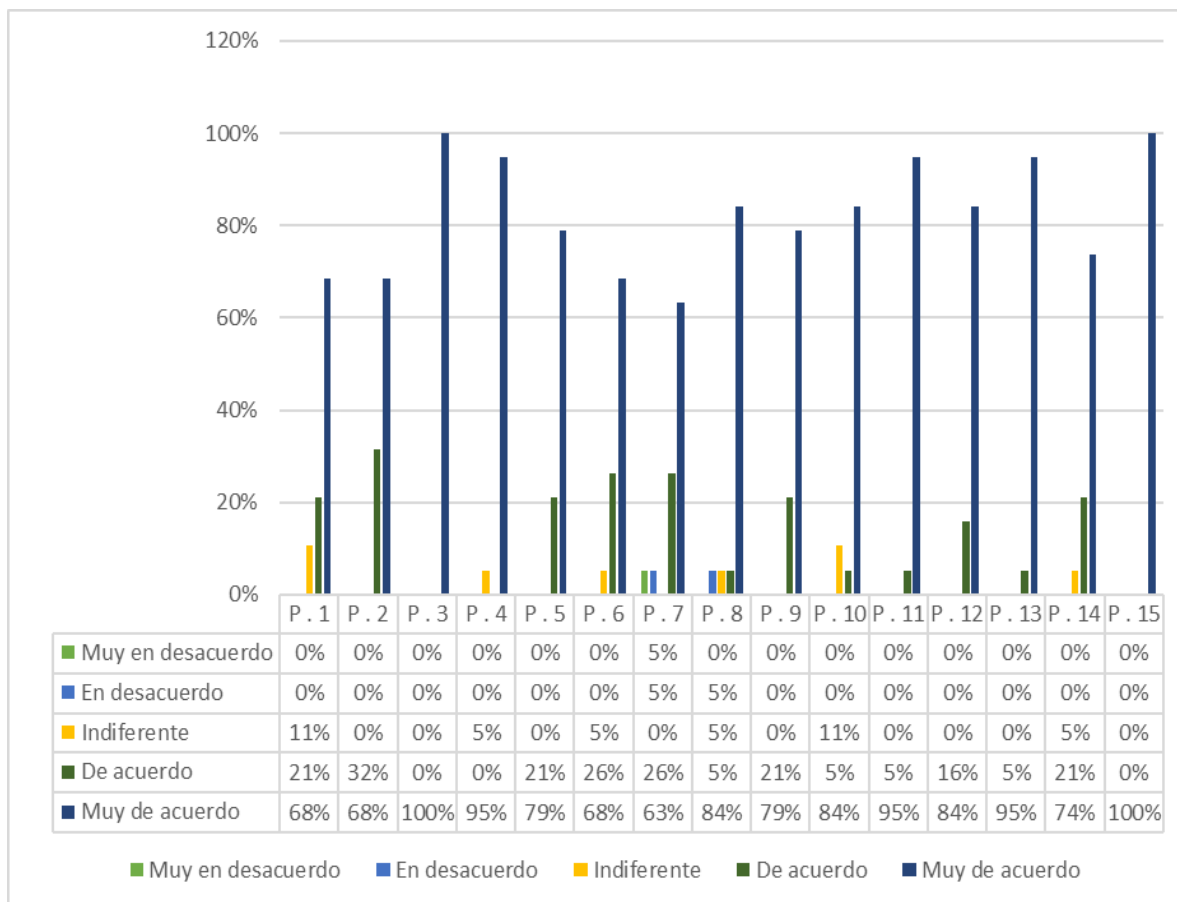


Fig. A.8. Resultados de la encuesta contestada por alumnos de 4to año de la carrera de Odontología.

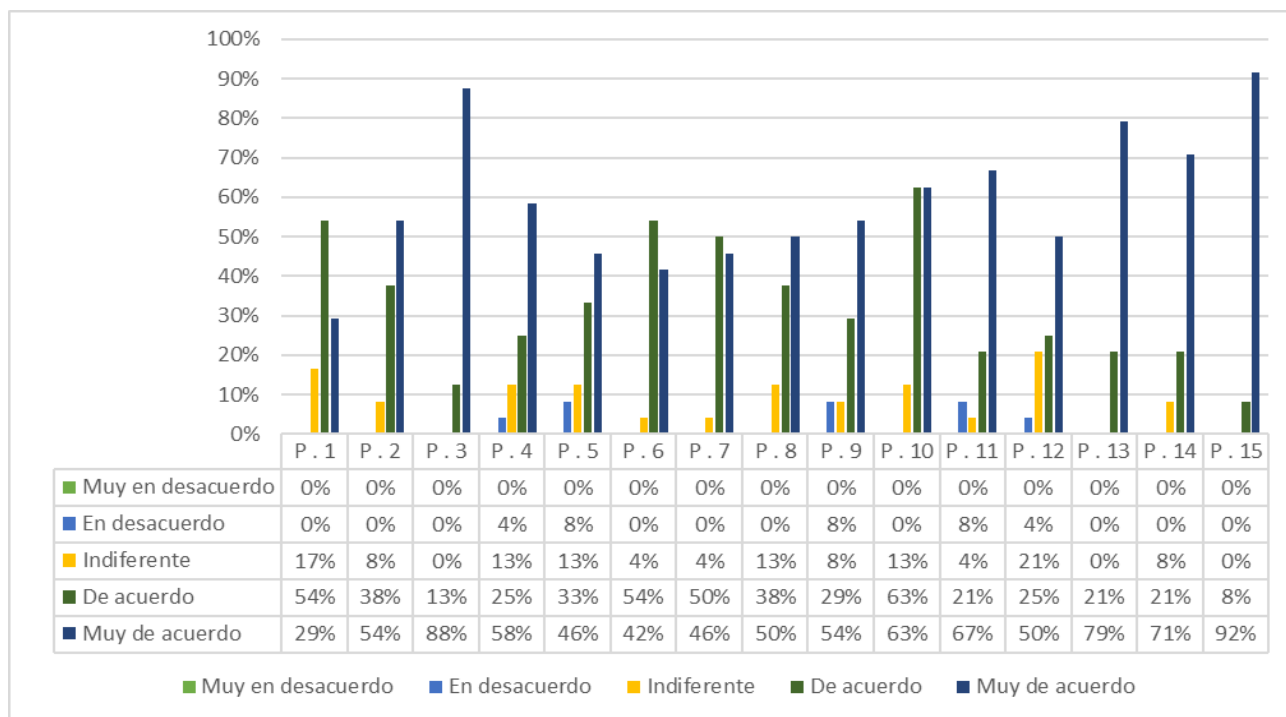


Fig. A.9. Resultados de la encuesta contestada por alumnos de 5to año de la carrera de Odontología.



**UNIVERSIDAD DE CONCEPCION – FACULTAD DE INGENIERIA
RESUMEN DE MEMORIA DE TITULO**

Departamento : Departamento de Ingeniería Eléctrica.
Carrera : Ingeniería Civil Biomédica.
Nombre del memorista : Aníbal Ignacio Barrales Navarrete.
Título de la memoria : Modelo Dental Pediátrico para Enseñanza en Odontología.
Fecha de la presentación oral: 29/08/2022.

Profesor(es) Guía : Esteban Pino Q, Claudia Fierro M.
Profesor(es) Revisor(es) : Pamela Guevara A.
Concepto :
Calificación :

Resumen

El presente trabajo de memoria de título tiene como objetivo el diseñar y fabricar un sistema que ayude a enseñar el cómo administrar de manera correcta una inyección anestésica en niños. Este sistema lleva el nombre de simulador odontopediátrico, el cual es destinado a la enseñanza de las técnicas anestésicas que adormecen los nervios alveolares superiores e inferiores. El sistema posee un sistema de retroalimentación sonora al momento de lograr con éxito el contacto con alguna de las 13 zonas presentes en el modelo. Para realizar esto se consta de una base ya existente de un previo simulador pediátrico, el cual fue fabricado en el año 2019.

Para validar su uso se prueba la funcionabilidad del modelo con la ayuda de 43 estudiantes de la carrera de Odontología de la Universidad de Concepción. Luego de la evaluación, el producto es catalogado con un puntaje sobre 4.0 en todas las preguntas evaluadas, en una escala del 1 al 5. Según lo anterior, el modelo se considera un aparato útil para la práctica de las técnicas odontopediátricas.