

**Diseño asistido por computadora de un macromodelo para facilitar el aprendizaje del
efecto ferrule desde la mirada de actores claves**

**Karen Melissa García Quiroga, Paula Liseth Gámez Ardila, María Alejandra Castro
Martínez**

Trabajo de grado para optar el título de Odontólogo

Director

Mario Andrés Guerrero Torres

Especialista en Periodoncia

Universidad Santo Tomás, Bucaramanga

División ciencias de la salud

Odontología

2025

Contenido

1. Introducción	11
1.1 Planteamiento del problema	13
1.2 Justificación	15
2. Marco Teórico	16
2.1. Efecto Ferrule	16
2.1.1 Importancia del Efecto Ferrule en dientes tratados endodónticamente.....	17
2.1.2 Altura y espesor del Efecto Ferrule	17
2.1.4 Protección contra microfiltración y recontaminación	18
2.2. Prótesis fija	19
2.2.1 Reemplazo de la estructura dentaria	19
2.2.2 Retención del material restaurador	20
2.2.3 Refuerzo de la estructura dentaria remanente.....	20
2.3. Diente tratado endodónticamente	21
2.3.1. Éxito en el tratamiento endodóntico	22
2.3.2. Fracaso en el tratamiento endodóntico.....	22
2.4.2. Adaptación y retención de los retenedores intrarradiculares.....	24
2.4.3. Distribución de las fuerzas y resistencia a las fracturas.....	25
2.5 Aumento de corona clínica.....	27
2.5.1. Parámetros para la selección de la técnica de aumento de corona clínica	28
2.5.2. Pronóstico dental.....	29
2.6. Teorías del aprendizaje	30

2.6.1. Proceso evolutivo de la educación.....	30
2.6.2. El Constructivismo y el Aprendizaje Activo.....	31
2.6.3. Aprendizaje Didáctico.....	31
2.6.4. Innovación Educativa.....	32
2.7. Educación y su integración con el diseño y manufactura asistida por computadora.....	33
3. Objetivos.....	34
3.1 Objetivos generales.....	34
3.2 Objetivos específicos.....	34
4. Metodología.....	35
4.1 Tipo de estudio.....	35
4.2 Definición de los sujetos participantes.....	36
4.3 Criterios de selección.....	36
4.3.1 Criterios de inclusión.....	36
4.3.2 Criterios de exclusión.....	36
4.4 Descripción de procedimiento.....	37
4.5 Elementos necesarios para la realización de los grupos focales.....	37
4.6 Plan de análisis.....	38
4.7 Rigor metodológico en el proceso de la investigación cualitativa.....	39
4.8 Consideraciones éticas.....	40
4.9 Cronograma.....	40
5. Resultados.....	42
5.1 Caracterización de los expertos.....	42

5.2 Descripción protocolar	43
5.3 Análisis de resultados primer ciclo interactivo.....	45
5.3.1 La crisis del modelo pedagógico y el impacto en la formación odontológica	47
5.3.2 La construcción de la identidad profesional: roles, trazos y emociones.....	50
5.3.3 La naturaleza del saber odontológico: ciencia, arte y ética	51
5.3.4 El macromodelo como artefacto pedagógico y cultural.....	55
5.4. Prediseño del primer ciclo	57
5.5 Prediseño del segundo ciclo y final	63
5.6 Reconstrucción y Análisis de la Experiencia.....	69
5.7 La crisis del modelo pedagógico y el impacto en la formación.....	71
5.8 La construcción de la identidad profesional: roles, trazos y emociones.....	72
5.9 La naturaleza del saber odontológico: entre la ciencia, el arte y la ética.....	72
5.10 El macromodelo como artefacto pedagógico y cultural	73
6. Discusión.....	73
6.1. Conclusiones.....	75
6.2. Recomendaciones	76
Referencias	78

Lista de tablas

Tabla 1. <i>Cronograma</i>	40
Tabla 2. <i>Presupuesto general</i>	41
Tabla 3. <i>Descripción de los gastos personales</i>	41
Tabla 4. <i>Descripción de los equipos y software</i>	42
Tabla 5. <i>Descripción gastos de papelería</i>	42

Lista de figuras

Figura 1. <i>Primera categoría emergente.</i>	46
Figura 2. <i>Segunda categoría emergente.</i>	46
Figura 3. <i>Tercera categoría emergente.</i>	47
Figura 4. <i>Cuarta categoría emergente.</i>	47
Figura 5. <i>Diseño del diente 11 junto con tejidos de soporte (hueso alveolar y encía).</i>	58
Figura 6. <i>Diseño del diente junto con el hueso alveolar.</i>	58
Figura 7. <i>Diseño del diente donde se observa el hueso trabeculado.</i>	59
Figura 8. <i>Diseño de preparación del muñón y del Efecto Ferrule.</i>	59
Figura 9. <i>Diseño del retenedor intrarradicular y adaptación a la raíz.</i>	60
Figura 10. <i>Diseño del Efecto Ferrule en el diente con retenedor intrarradicular.</i>	60
Figura 11. <i>Diseño del muñón adaptado junto con la corona definitiva.</i>	61
Figura 12. <i>Diseño de fractura coronaria.</i>	61
Figura 13. <i>Diseño de fractura coronaria, vista sagital.</i>	62
Figura 14. <i>Diseño del remanente dental con osteotomía.</i>	62
Figura 15. <i>Diseño del remanente dental con aumento de corona clínica.</i>	63
Figura 16. <i>Fractura coronaria con proporciones ideales.</i>	65
Figura 17. <i>Vista sagital con retenedor intrarradicular, muñón y gutapercha.</i>	65
Figura 18. <i>Vista sagital con retenedor intrarradicular, muñón y gutapercha junto con corona definitiva.</i>	66
Figura 19. <i>Proporción corona-raíz invertida.</i>	66
Figura 20. <i>Proporción corona-raíz 1-1</i>	67

MACROMODELO DEL EFECTO FERRULE

- Figura 21.** *Proporción corona-raíz invertida con hueso trabeculado y encía.....67*
- Figura 22.** *Diente con proporción corona-raíz invertida y tratamiento endodóntico.....68*
- Figura 23.** *Diente con proporción corona-raíz inadecuada y retenedor intrarradicular.68*
- Figura 24.** *Diferencia de los tres modelos con relación en la proporción corono radicular69*

Lista de apéndices

Apéndice A. *Consentimiento informado* 84

Resumen

Introducción: El Efecto Ferrule es un principio fundamental en odontología restauradora porque refuerza los dientes tratados endodónticamente, mejora la distribución de fuerzas y aumenta la longevidad de las restauraciones. En la Universidad Santo Tomás se identifica una dificultad en su enseñanza debido a que las imágenes que se presentan en las aulas no sustituyen la práctica directa, lo que limita la comprensión de los estudiantes. Ante esta problemática, se propone el diseño de un macromodelo con tecnología CAD-CAM que permita un aprendizaje más práctico y significativo. **Objetivo:** Diseñar y crear un macromodelo que facilite el aprendizaje del concepto del Efecto Ferrule y que se ajuste a las necesidades de los odontólogos en formación, con base en las opiniones de expertos y usuarios de la facultad de Odontología de la Universidad Santo Tomás, 2025. **Materiales y métodos:** El estudio es cualitativo, de tipo investigación-acción, y se centra en la sistematización de experiencias. Participan docentes especialistas y estudiantes de pregrado de odontología mediante grupos focales y entrevistas semiestructuradas. La intervención consiste en el diseño participativo de un macromodelo a partir de revisión bibliográfica y modelado en software, considerando variables como la comprensión del concepto, la percepción pedagógica y la utilidad del recurso. La investigación se clasifica como sin riesgo, ya respeta la confidencialidad de los participantes y cuenta con consentimiento informado. **Resultados:** Los hallazgos muestran que la enseñanza del Efecto Ferrule se percibe fragmentada y memorística, lo que genera una brecha entre teoría y práctica. El macromodelo diseñado se reconoce como una herramienta innovadora que facilita la visualización tridimensional del concepto, promueve la interdisciplinariedad entre Rehabilitación, Endodoncia y Periodoncia, y fortalece la transición de los conocimientos teóricos hacia la práctica clínica. **Conclusión:** El macromodelo constituye una herramienta pedagógica eficaz que integra teoría y práctica, optimiza la comprensión del Efecto Ferrule y contribuye a mejorar la formación preclínica en Rehabilitación Oral, respaldando su valor como recurso didáctico en odontología.

Palabras Claves: CAD-CAM, Efecto Ferrule, Odontología Restaurativa, Educación Didáctica, Grupos Focales

Abstract

Introduction: The ferrule effect is a fundamental principle in restorative dentistry because it strengthens endodontically treated teeth, improves force distribution, and increases the longevity of restorations. At Santo Tomás University, a difficulty in teaching this concept has been identified because the images presented in the classroom do not replace hands-on practice, which limits students' understanding. In view of this problem, the design of a macro model using CAD-CAM technology is proposed to enable more practical and meaningful learning. **Objective:** To design and create a macro model that facilitates learning about the ferrule effect and meets the needs of dentists in training, based on the opinions of experts and users from the Faculty of Dentistry at Santo Tomás University, 2025. **Materials and methods:** The study is qualitative, action research-based, and focuses on the systematization of experiences. Specialist teachers and undergraduate dentistry students participate through focus groups and semi-structured interviews. The intervention consists of the participatory design of a macro model based on a literature review and software modeling, considering variables such as understanding of the concept, pedagogical perception, and usefulness of the resource. The research is classified as risk-free, as it respects the confidentiality of the participants and has informed consent. **Results:** The findings show that the teaching of the ferrule effect is perceived as fragmented and rote, creating a gap between theory and practice. The macro model designed is recognized as an innovative tool that facilitates three-dimensional visualization of the concept, promotes interdisciplinarity between rehabilitation, endodontics, and periodontics, and strengthens the transition from theoretical knowledge to clinical practice. **Conclusion:** The macromodel is an effective pedagogical tool that integrates theory and practice, optimizes understanding of the ferrule effect, and contributes to improving preclinical training in oral rehabilitation, supporting its value as a teaching resource in dentistry.

Keywords: CAD-CAM, Ferrule Effect, Restorative Dentistry, Didactic Education, Focus Groups

1. Introducción

Un macromodelo en odontología es una herramienta de simulación a gran escala que representa la estructura de la cavidad oral o de partes específicas de un diente. Se utiliza ampliamente en la educación de pregrado y posgrado, permitiendo a los estudiantes de odontología observar y practicar técnicas clínicas de manera segura y realista antes de enfrentarse a casos clínicos en pacientes reales. Gracias a la tecnología CAD-CAM, los macromodelos pueden diseñarse y fabricarse con alta precisión, replicando los detalles anatómicos necesarios para prácticas odontológicas complejas, como la restauración dental y los tratamientos de endodoncia. Esta tecnología es especialmente útil para representar aspectos como el espacio periodontal, los tejidos de soporte y estructuras críticas, lo cual facilita el aprendizaje visual y táctil en la formación de los estudiantes (García, et ál., 2021) (Smith y Johnson, 2020).

El Efecto Ferrule es un concepto fundamental en la odontología restauradora, especialmente en el tratamiento de dientes endodónticamente comprometidos. Este término se refiere a una banda de tejido dental sano que rodea la preparación de la restauración y se emplea en coronas y postes para reforzar el diente tratado. La presencia de esta banda o "ferrule" mejora la distribución de fuerzas masticatorias y reduce la probabilidad de fracturas, aumentando la estabilidad de las restauraciones y prolongando su vida útil. Este concepto es vital en la formación de los estudiantes de odontología, pues su comprensión permite optimizar los resultados clínicos y la conservación de los dientes tratados (Valdivia, et ál., 2018) (Singh y Kumar, 2019).

El objetivo principal del Efecto Ferrule es mejorar la resistencia estructural del diente ante las fuerzas de oclusión. Estudios han demostrado que una altura de ferrule de al menos 1.5 a 2 mm incrementa significativamente la resistencia de los dientes tratados endodónticamente,

especialmente cuando se emplean coronas y postes de refuerzo. Además, el ferrule distribuye las tensiones generadas por la masticación de manera más uniforme en el diente, lo cual no solo previene fracturas en la raíz, sino que también contribuye a la adhesión de la restauración, preservando la estructura dental remanente (Rodríguez y Lee, 2020) (Silva-Sousa, et ál., 2020).

Aunque existen modelos tridimensionales virtuales para el estudio del Efecto Ferrule, estos se han implementado en su mayoría para la visualización y análisis en software especializados, permitiendo a los estudiantes y profesionales comprender mejor cómo este refuerzo impacta en la biomecánica de los dientes restaurados. Los modelos virtuales han demostrado ser efectivos en la enseñanza, especialmente durante la pandemia, permitiendo un aprendizaje a distancia e interactivo de conceptos complejos, pero carecen del componente práctico que permite a los estudiantes practicar directamente con una réplica física de la cavidad oral (Montagut y García Álvarez, 2022).

La incorporación de un macromodelo físico que simule el Efecto Ferrule en la Universidad Santo Tomás ofrecerá a los estudiantes de pregrado en odontología una experiencia de aprendizaje enriquecedora y práctica. Este modelo permitirá a los estudiantes desarrollar habilidades esenciales en la preparación de restauraciones dentales, optimizando su comprensión del Efecto Ferrule y su importancia en la odontología restauradora. Además, el uso de este modelo facilitará la transición de conocimientos teóricos a habilidades clínicas, reduciendo la curva de aprendizaje en un entorno controlado y seguro (Sánchez, et ál., 2023) (Zicari, et ál., 2012).

Si bien el objetivo inicial de este proyecto fue el diseño y la creación de un artefacto pedagógico para resolver una necesidad didáctica específica, el proceso participativo llevado a cabo a través del grupo focal reveló una riqueza inesperada que trascendió el propósito

MACROMODELO DEL EFECTO FERRULE

instrumental. El diálogo con expertos y estudiantes no solo aportó ideas para la confección del macromodelo, sino que se convirtió en una experiencia de reflexión crítica sobre las brechas existentes entre la teoría y la práctica en la formación odontológica. Por esta razón, el presente trabajo reorienta su enfoque hacia una *sistematización de experiencias*, buscando interpretar y comprender el proceso vivido para extraer aprendizajes significativos que aporten a la discusión sobre la innovación educativa en la odontología. Más que presentar un producto final, esta tesis busca desentrañar y valorar el conocimiento emergente que surgió del propio camino para su creación.

1.1 Planteamiento del problema

El Efecto Ferrule etimológicamente, procede del término latino «ferrum» (hierro) y «viriola» (virola). Comúnmente, se hace referencia a este término cuando se hace alusión a la estructura dental remanente localizada sobre la línea de terminación de la preparación protésica. No obstante, el Efecto Ferrule se define como el verdadero refuerzo de la corona protésica sobre la estructura dentaria. Es decir, la protección de la estructura dental (Zubizarreta, et ál., 2012).

Por lo tanto, el aprendizaje de lo que es el Efecto Ferrule puede representar una problemática para estudiantes de odontología en el inicio de su formación clínica debido a la comprensión teórica del concepto, a no tener la suficiente experiencia práctica, y a menudo, maximizar el Efecto Ferrule implica trabajar con otras especialidades, como Periodoncia, lo que requiere coordinación entre distintas áreas del conocimiento. Esta coordinación y la planificación interdisciplinaria pueden ser complicadas para los estudiantes que recién comienzan.

Además, existen varios factores vinculados con la resistencia a la fractura en un órgano dental con un tratamiento de endodoncia, entre ellos encontramos el espesor de la estructura

remanente, el Efecto Ferrule deseado, el tipo de diente y la posición del mismo en la arcada dentaria. Es importante como odontólogos tener el conocimiento necesario acerca de este principio biomecánico que nos ayudará en la resistencia y retención de la restauración final, de no tener en cuenta este principio podría llevar al fracaso de la prótesis.

Actualmente, la Universidad Santo Tomás no cuenta con un macromodelo que los docentes puedan utilizar en los espacios preclínicos para enseñar qué es el Efecto Ferrule de una manera más didáctica, sensible y perceptible por los estudiantes. Por otra parte, identificar las estructuras presentes en un diente sometido a endodoncia y que requiere retenedor intrarradicular es complejo ya que no se cuenta con un modelo macroscópico que facilite su comprensión.

Frente a esta problemática pedagógica, el punto de partida de este trabajo fue la experiencia de diseñar una herramienta didáctica con tecnología CAD-CAM para la enseñanza del Efecto Ferrule. Sin embargo, el valor de este proyecto trascendió la creación del artefacto para centrarse en el propio proceso participativo con docentes y estudiantes. Este se convirtió en una fuente rica de reflexiones y diálogos que revelaron aspectos profundos sobre la formación odontológica. Por ello, el presente estudio se enfoca en la sistematización de dicha experiencia, estableciendo como eje central la siguiente pregunta de investigación:

¿Qué aprendizajes sobre las brechas existentes entre la formación teórica y la práctica clínica en odontología emergen de la sistematización de la experiencia del diseño participativo de un macromodelo con tecnología CAD-CAM?

MACROMODELO DEL EFECTO FERRULE

1.2 Justificación

El Efecto Ferrule es un principio clave en la odontología restauradora, que implica la preservación de tejido dentario para mejorar la resistencia y durabilidad de las restauraciones dentales, especialmente en dientes tratados endodónticamente (Delgado, 2014). La enseñanza adecuada de este concepto es esencial para que los futuros odontólogos puedan aplicarlo correctamente en la práctica clínica. El diseño de un macromodelo con tecnología CAD-CAM para el aprendizaje de este concepto responde a varias necesidades pedagógicas y técnicas en la educación odontológica (Asmussen, et ál., 2008).

La experiencia de debatir cómo representar la anatomía y biomecánica del diente restaurado en un macromodelo CAD-CAM permitió un análisis ampliado de las dificultades conceptuales de los estudiantes. Se hizo evidente que los modelos tradicionales a escala real no logran transmitir los aspectos clave del Efecto Ferrule, como la distribución de tensiones y la integridad estructural. Por lo tanto, sistematizar el diálogo que buscaba solucionar esta carencia es fundamental, ya que en él se manifestó cómo los estudiantes y expertos negocian y construyen los conceptos teóricos para su posterior aplicación clínica (Oliveira, et ál., 2020).

La experiencia de diseñar el macromodelo CAD-CAM brindó una oportunidad única para reflexionar sobre el desarrollo de habilidades técnicas en un entorno seguro y conceptual, sin el riesgo de errores clínicos. El diálogo con expertos sobre las variaciones del diseño ferrule y cómo pequeñas modificaciones afectan la durabilidad de las restauraciones se convirtió en un ejercicio de criterio clínico. Sistematizar estas conversaciones es valioso porque permite entender cómo los estudiantes pueden desarrollar una mejor comprensión de los principios técnicos para aplicarlos en situaciones de clínicas reales (Alharbi, et ál., 2019).

Durante el proceso de diseño, la discusión sobre cómo personalizar el nivel de complejidad del macromodelo fue un punto clave. Esta deliberación, donde los participantes con diferentes niveles de destreza y comprensión negociaron las características del modelo, se convirtió en una manifestación de aprendizaje individualizado. Analizar esta experiencia es crucial, ya que ofrece pistas sobre cómo optimizar los resultados de la enseñanza y permitir que los estudiantes avancen a su propio ritmo (Patel y Goyal, 2020).

Finalmente, el debate sobre la estandarización del modelo expuso un desafío central de la enseñanza tradicional: la variabilidad en la calidad de los modelos dentales utilizados. La búsqueda de un diseño replicable con precisión en CAD-CAM generó una discusión sobre las ventajas de una evaluación más objetiva del desempeño del estudiante. Sistematizar esta experiencia es importante, pues no solo aborda las ventajas de la reducción de costos a largo plazo, sino que también revela las tensiones pedagógicas entre enseñar un "caso ideal" estandarizado y preparar a los estudiantes para la variabilidad clínica del mundo real (Reitemeier, et ál., 2021).

2. Marco Teórico

2.1 Efecto Ferrule

Es un elemento primordial en la preparación del diente pilar, es el encargado de incorporar las fuerzas oclusales que se van a distribuir uniformemente protegiendo a la raíz de posibles fracturas para lograr una correcta de la corona sobre la dentina (Oñate, 2022).

MACROMODELO DEL EFECTO FERRULE

2.1.1 Importancia del Efecto Ferrule en dientes tratados endodónticamente

La restauración de dientes tratados endodónticamente representa uno de los mayores desafíos en odontología restauradora, debido a la estructura debilitada que presentan estos dientes tras la endodoncia. El concepto del Efecto Ferrule es fundamental para asegurar la longevidad y el éxito de la restauración en estos dientes. Se define como el refuerzo estructural que se logra cuando el material restaurador (por ejemplo, una corona) envuelve y rodea la estructura dental remanente, creando una “banda” que mejora la resistencia del diente frente a las fuerzas oclusales y reduce la posibilidad de fracturas verticales (Delgado, 2014).

Los dientes tratados con endodoncia sufren una pérdida significativa de tejido dental durante la preparación de acceso y la instrumentación del canal, lo que reduce su resistencia y aumenta su fragilidad. Además, la pérdida de hidratación posterior al tratamiento endodóntico contribuye a su debilitamiento, dejándolos más susceptibles a fracturas en comparación con dientes vitales. El Efecto Ferrule se convierte en una medida de protección esencial.

La incorporación de un ferrule adecuado alrededor del diente ayuda a distribuir las fuerzas de masticación y oclusión de manera uniforme, lo que evita concentraciones de estrés en áreas vulnerables del diente y minimiza el riesgo de fracturas catastróficas (Oñate, 2022).

2.1.2 Altura y espesor del Efecto Ferrule

La efectividad del ferrule depende en gran medida de la altura y el espesor de la banda circunferencial. Investigaciones han demostrado que una altura mínima de 1,5-2 mm en el ferrule es ideal para maximizar la resistencia del diente restaurado. Un ferrule insuficiente o demasiado

corto reduce la capacidad del diente para resistir las fuerzas laterales y puede llevar a la fractura o pérdida de la restauración (Delgado, 2014).

El espesor también es un factor importante, ya que un ferrule más grueso mejora la retención y estabilidad de la restauración. El aumento en el espesor del ferrule proporciona un soporte adicional, mejorando la resistencia del diente tratado frente a las fuerzas funcionales (Sahafi, et ál., 2005).

2.1.3 Distribución de las fuerzas y reducción de las fracturas

Uno de los beneficios clave del Efecto Ferrule es la distribución uniforme de las fuerzas oclusales, lo que reduce el riesgo de fracturas verticales en dientes debilitados. El ferrule actúa como un “anillo de soporte” que rodea el diente y mantiene unidas las estructuras remanentes, minimizando el movimiento lateral y las fracturas radiculares. Esta distribución de fuerzas es especialmente importante en dientes posteriores, que soportan fuerzas oclusales mayores debido a su ubicación en la cavidad oral. La presencia de un ferrule bien diseñado puede, por tanto, mejorar significativamente el pronóstico de los dientes con endodoncia al reducir la posibilidad de fracturas verticales, las cuales, de ocurrir, suelen resultar en la extracción del diente afectado (Pierrisnard, et ál., 2002).

2.1.4 Protección contra microfiltración y recontaminación

El ferrule no solo contribuye a la resistencia estructural del diente, sino que también ofrece una protección adicional contra la microfiltración. Las restauraciones que incluyen un ferrule adecuado presentan una mejor adaptación marginal, lo que disminuye el riesgo de filtración de

MACROMODELO DEL EFECTO FERRULE

microorganismos hacia el conducto radicular y, en consecuencia, previene la recontaminación. Este efectivo sellado es fundamental para el éxito a largo plazo de la restauración, ya que las bacterias que penetran el canal radicular pueden provocar infecciones y afectar la integridad de la restauración (Sahafi, et ál., 2005).

2.2 Prótesis fija

Antes de iniciar cualquier tipo de tratamiento restaurador definitivo es necesario evaluar la endodoncia realizada, no se realizará ningún tratamiento restaurador sobre una endodoncia con un pronóstico dudoso. Se deben resolver tres problemas fundamentales (Monardes, et ál., 2016).

2.2.1 Reemplazo de la estructura dentaria

La pérdida de estructura dental puede ser abordada de dos maneras: la primera es mediante una restauración directa que proporciona la anatomía definitiva del diente; la segunda consiste en realizar una preparación que permitirá posteriormente la elaboración de una restauración indirecta. La opción elegida dependerá de la cantidad de estructura dental restante. Para determinar la mejor alternativa, es necesario evaluar cuidadosamente cuánto diente se conserva (Monardes, et ál., 2016).

En este contexto, es esencial considerar el Efecto Ferrule. Este término suele referirse a la cantidad de diente sano que se encuentra por encima del margen gingival. El ferrule se reconoce como un elemento clave para la estabilidad de las restauraciones en dientes tratados endodónticamente y, por lo tanto, influye en su pronóstico. Contar con suficiente altura y anchura de tejido sano es crucial para lograr un sistema restaurador fiable.

En situaciones donde no existe suficiente estructura dental remanente para crear un ferrule apropiado, se puede evaluar la opción de alargamiento coronario o tracción ortodóntica para obtener los dos milímetros de altura requeridos para restaurar el diente (Monardes, et ál., 2016).

2.2.2 Retención del material restaurador

El uso de postes en dientes que han recibido un tratamiento de endodoncia ha sido un asunto ampliamente debatido y polémico. Durante años, se pensó que los postes eran útiles para incrementar la resistencia de la raíz o para compensar la falta de ferrule. No obstante, actualmente entendemos que la única función de un poste es facilitar la retención del material de restauración (Monardes, et ál., 2016).

2.2.3 Refuerzo de la estructura dentaria remanente

El refuerzo de la estructura dental remanente debe considerarse desde el inicio de la endodoncia. Es fundamental eliminar solo la cantidad mínima de tejido dental necesaria para lograr una apertura y acceso adecuados a los conductos, ya que esto es la mejor forma de fortalecer un diente sin vitalidad. No obstante, hay situaciones en las que la remoción de esmalte y/o dentina es necesaria para proteger la estructura restante. Actualmente, sabemos que la protección de las cúspides disminuye el riesgo de fracaso biomecánico (Monardes, et ál., 2016).

Los estudios epidemiológicos y retrospectivos indican que los dientes restaurados con cobertura de cúspide tienen tasas de supervivencia más altas. Sin embargo, esta conclusión es objeto de debate, ya que los pocos estudios prospectivos controlados que comparan restauraciones

MACROMODELO DEL EFECTO FERRULE

directas e indirectas en dientes tratados con endodoncia muestran tasas de éxito clínico similares para ambos métodos (Monardes, et ál., 2016).

2.3 Diente tratado endodónticamente

El objetivo fundamental del tratamiento endodóntico es evitar la entrada de microorganismos y toxinas al periápice. Para crear un entorno que favorezca y mantenga la reparación de los tejidos periapicales, es crucial que el cuidado sea adecuado no solo durante la limpieza, conformación y obturación del sistema de conductos, sino también en el proceso de restauración de la corona (Hernández, et ál., 2017).

Por lo tanto, la restauración permanente de los dientes sometidos a tratamiento endodóntico es esencial para garantizar el éxito del procedimiento, además de proteger de manera duradera la estructura dental remanente. La restauración debe asegurar un sellado hermético de la cavidad de acceso al sistema de conductos radiculares, evitando así la filtración marginal, lo que afecta sin duda el resultado final del tratamiento y garantiza la funcionalidad del diente. La importancia de una restauración meticulosa se evidencia en que muchos dientes tratados endodónticamente experimentan problemas o se pierden no por fallas en el tratamiento endodóntico, sino por dificultades en su restauración. Lo ideal sería planificar la restauración del diente antes de llevar a cabo el tratamiento endodóntico (Hernández, et ál., 2017).

Después del tratamiento endodóntico, es importante proteger los dientes debido al riesgo de fractura, especialmente en la zona cervical, que es más susceptible al estrés. Se ha comprobado que la dentina experimenta alteraciones no solo en sus características fisiológicas, sino también en sus propiedades físicas, como una reducción en los niveles de colágeno maduro (lo que disminuye

su dureza y resistencia al corte), así como deshidratación que afecta el módulo de Young, y la pérdida de sustancia dental residual (Pierrisnard, et ál., 2002).

2.3.1 Éxito en el tratamiento endodóntico

El éxito del tratamiento endodóntico se relaciona positivamente con los criterios de una buena técnica en la calidad de la obturación, ya que garantiza un sellado eficaz del sistema de conductos. En cambio, un sellado deficiente, que a menudo se presenta con una filtración extensa y continúa debido a una restauración coronaria inadecuada o ausente, expone el acceso a los conductos a fluidos, toxinas y bacterias de la boca. Por lo tanto, la restauración coronaria actúa como la primera defensa contra la filtración bacteriana (Ray, HA. y Trope, M., 1995).

La invasión bacteriana en el periápice provocará la periodontitis apical. Un pronóstico favorable para esta condición ocurrirá cuando haya un sellado radicular adecuado (una buena obturación del sistema de conductos) y un tratamiento eficaz de la restauración coronal. En cambio, si el sellado radicular es correcto, pero la restauración coronal es inadecuada, el pronóstico clínico del tratamiento endodóntico será bastante desfavorable (Vidalón Pinto y Huertas Mogollón, 2017).

2.3.2 Fracaso en el tratamiento endodóntico

La infección bacteriana en el sistema de conductos radiculares se considera uno de los factores etiológicos más relevantes en el fracaso del tratamiento endodóntico. Esto es generalmente aceptado y está relacionado con la calidad de las obturaciones coronal y radicular. Para lograr este objetivo, es fundamental llevar a cabo una limpieza y conformación completa de los conductos

MACROMODELO DEL EFECTO FERRULE

radiculares, ya que es una parte esencial para la reparación o cicatrización periapical. Además, se señala que la restauración del diente sometido a tratamiento endodóntico no solo recupera su funcionalidad, sino que también previene la filtración coronaria (Vidalón Pinto y Huertas Mogollón, 2017).

2.4 Retenedores intrarradiculares

Son utilizados para proporcionar soporte y retención a los dientes que han sido sometidos a tratamientos endodónticos, ya que al haber perdido tejido debido a la preparación del conducto, se debilita la pieza dental. También son conocidos como postes o núcleos y pueden ser fabricados de distintos materiales como metal, fibra de vidrio y cerámicos, su selección depende de la estética, la ubicación del diente y el tipo de fuerza que soporte. El uso de un retenedor intrarradicular es fundamental para mejorar la durabilidad de la restauración y reducir el riesgo de los dientes tratados endodónticamente (Oñate, 2022).

2.4.1 Principios de selección de los retenedores intrarradiculares con relación al Efecto Ferrule

El diseño del retenedor intrarradicular debe adaptarse a la cantidad de estructura dental remanente para maximizar el Efecto Ferrule. En dientes con suficiente altura y grosor de estructura dental. Se suelen utilizar postes menos rígidos, como los de fibra de vidrio o cuarzo, debido a su capacidad para distribuir las fuerzas de manera más uniforme, evitando tensiones excesivas en las

paredes del conducto radicular. Estos postes también son preferidos en dientes anteriores, donde la estética y una distribución equilibrada de las fuerzas son esenciales. Al estar bien distribuidas las fuerzas oclusales, los postes de fibra en combinación con un ferrule adecuado ayudan a reducir la probabilidad de fractura (Mohan, Gowda, y Shashidhar, 2015).

En dientes donde la estructura remanente es limitada y el Efecto Ferrule es mínimo o inexistente, el tipo de retenedor intrarradicular debe proporcionar mayor resistencia mecánica. En estos casos, los postes metálicos o colados se consideran debido a su capacidad de ofrecer soporte en situaciones donde la estructura del diente está comprometida. Aunque estos postes pueden generar concentraciones de estrés debido a su rigidez, es crucial para minimizar las tensiones en las paredes del conducto y mejorar la resistencia de la restauración.

Los postes metálicos pueden aumentar el riesgo de fractura radicular, por lo que deben ser empleados con precaución y cuando sea posible, combinados con procedimientos para incrementar el soporte estructural (Fokkinga, et ál., 2004).

2.4.2 Adaptación y retención de los retenedores intrarradiculares

La adaptación de los postes depende en gran medida de la técnica de preparación del conducto y del diseño. Los postes colados, presentan una ventaja significativa en cuanto a adaptación, ya que se moldean específicamente para ajustarse a la anatomía del canal radicular de cada paciente. Este ajuste personalizado reduce significativamente el espacio entre el poste y las paredes del conducto, optimizando la distribución de las fuerzas y minimizando el riesgo de desalajo del poste. Sin embargo, los postes colados requieren más tiempo y un proceso clínico y

MACROMODELO DEL EFECTO FERRULE

de laboratorio más complejo, lo que aumenta los costos y el número de sesiones clínicas necesarias (Naumann, et ál., 2005).

La retención está influenciada tanto por la longitud del poste como por el tipo de cemento utilizado. La longitud del poste idealmente debe ser al menos igual a la altura de la corona, ya que una mayor longitud mejora la retención y estabilidad de la restauración al distribuir las fuerzas a lo largo de un área mayor del conducto. Sin embargo, es esencial dejar suficiente tejido apical intacto para evitar comprometer la integridad de la raíz. La retención también se optimiza mediante el uso de cementos resinosos de alta resistencia, que mejoran la adherencia entre el poste y la estructura dental (Fokkinga, et ál., 2004).

Un factor importante para mejorar tanto la retención como la adaptación es el uso del Efecto Ferrule, que consiste en un collarín de tejido dental circundante de al menos 1.5-2 mm alrededor de la restauración. Este efecto actúa como un refuerzo adicional y ayuda a distribuir las fuerzas de manera uniforme en el diente, lo que reduce significativamente el riesgo de fractura y mejora la estabilidad del poste. Cuando se combina un ferrule adecuado con un poste bien adaptado y cementado, el riesgo de desalajo del poste disminuye y se optimiza la función del diente restaurado (Akkayan y Gülmez, 2002).

2.4.3 Distribución de las fuerzas y resistencia a las fracturas

El Efecto Ferrule es un principio fundamental en la distribución de fuerzas y la resistencia a la fractura en dientes tratados endodónticamente, se refiere a una banda de tejido dental remanente en la circunferencia del diente, la cual envuelve y refuerza la restauración. Este "collar" de dentina alrededor del diente actúa como un amortiguador que ayuda a distribuir las fuerzas

oclusales a lo largo de la estructura dental, reduciendo el riesgo de fractura. Este efecto es especialmente relevante en dientes con una estructura radicular debilitada, ya que permite una mejor resistencia a las fuerzas que actúan sobre el diente en múltiples direcciones (Akkayan y Gülmez, 2002).

La longitud del poste también influye en la distribución de fuerzas y en la resistencia a la fractura. Los estudios indican que una mayor longitud del poste mejora la retención y estabilidad de la restauración, ya que las fuerzas se distribuyen a lo largo de un área mayor del conducto. Sin embargo, la longitud del poste debe balancearse con la necesidad de preservar suficiente estructura apical para mantener la integridad de la raíz. Los postes más largos ofrecen un mejor soporte, pero si el poste se extiende demasiado, puede comprometer la raíz, especialmente en dientes con raíces finas o curvas. La preparación del canal debe ser cuidadosa para lograr una adaptación adecuada del poste sin debilitar en exceso la estructura radicular (Naumann, et ál., 2005).

Es importante considerar también el diseño de la corona final en la distribución de fuerzas y la resistencia a la fractura. Una corona bien ajustada y diseñada adecuadamente ayuda a proteger el diente subyacente al redirigir las fuerzas de manera equilibrada, mientras que las coronas mal ajustadas o con puntos de contacto inadecuados pueden generar cargas excéntricas y aumentar el riesgo de fractura. El uso de coronas de materiales resistentes y bien ajustadas sobre el poste y el Efecto Ferrule mejora la capacidad de la restauración para soportar las fuerzas masticatorias y aumenta la longevidad de la restauración (Akkayan y Gülmez, 2002).

2.5 Aumento de corona clínica

El aumento de corona clínica, también llamado como “Crown Lengthening”, es una cirugía que tiene como propósito, aumentar el tamaño coronal de una estructura dentaria para poder instalar una restauración adecuada, como son las prótesis fijas, coronas o cualquier otro elemento restaurador en la cavidad oral (Escudero-Castaño, et ál., 2007).

Este procedimiento conlleva la eliminación del tejido periodontal, lo que puede llevar a incluir a veces hueso alveolar, o tejido gingival, y esto se realiza con la finalidad de poder exponer más estructura dental, y en muchas ocasiones poder realizar una buena rehabilitación estética y funcional del diente afectado, esta intervención quirúrgica no solo se realiza en dientes con poco remanente dentario sino también en aquellos que tienen un exceso de encía adherida, lo que muchas veces complica la colocación de restauraciones definitivas y estéticas (Vázquez, et ál., 2020).

La decisión de realizar un aumento de corona se basa en la evaluación clínica completa donde se valora la profundidad del surco gingival, ancho biológico, nivel de cresta ósea, compromiso pulpar del diente que se le va a realizar el aumento, salud gingival del diente y su entorno periodontal. Su éxito va a depender de factores como la eliminación adecuada del hueso alveolar y el manejo adecuado de los tejidos periodontales alrededor del diente al igual que salud periodontal (Cohen, 2010).

El principal objetivo del aumento de corona clínica es poder brindar suficiente estructura dental para la colocación de una restauración definitiva, en muchos casos los dientes pueden haber perdido demasiado remanente dental, debido a caries extensas, traumas, fracturas, erupción pasiva alterada, perforaciones en superficies radiculares y reabsorciones radiculares externas, lo que crea

que no haya suficiente remanente para colocar una restauración final, al realizar este procedimiento del aumento de corona clínica, se mejora la retención de las coronas, la función de la restauración y estética dental (Fugazzotto, 2011).

Igualmente mejora el resultado de procedimientos endodónticos, ya que proporciona un espacio adecuado para la colocación de coronas que sellan eficazmente la cavidad endodóntica, evitando la filtración bacteriana y el fracaso de la restauración. Además, puede reducir las complicaciones derivadas de una restauración inadecuada, como infecciones y pérdida ósea adicional (Escudero, et ál., 2007).

Los principales beneficios de este procedimiento es que mejora la duración de las restauraciones, evitando que la acumulación de bacterias en los márgenes restaurativos cause problemas futuros. Además, al crear un margen más accesible para las coronas, también se facilita la higiene oral y la prevención de enfermedades periodontales, lo que garantiza una mayor estabilidad a largo plazo ((Escudero-Castaño, et ál., 2007).

2.5.1 Parámetros para la selección de la técnica de aumento de corona clínica

Los parámetros para realizar un aumento de corona clínica requieren una evaluación detallada anatómica y funcional, ya que este procedimiento tiene un impacto significativo en la salud periodontal y el éxito protésico, el parámetro más importante es la preservación del ancho biológico, es decir, un espacio fisiológico que se extiende desde el margen gingival hasta la cresta ósea y está conformada por tres elementos: las fibras supracrestales, el epitelio de unión y el surco gingival (Rossi, 2004).

MACROMODELO DEL EFECTO FERRULE

Este espacio si es invadido generalmente de más de 0.3mm, puede provocar inflamación crónica, recesión gingival y pérdida ósea. Por tanto, es indispensable medir el nivel de la cresta ósea antes de realizar cualquier intervención y planificar el procedimiento para evitar estas complicaciones, es importante la evaluación de los tejidos blandos y duros, un examen crucial para tener en cuenta también, es la profundidad al sondaje ya que con profundidades al sondaje mayores a 4mm, primeramente, se necesitan terapias (Barboza, et ál., 2009).

Otro factor fundamental es la valoración de los tejidos, tanto blandos como duros, la profundidad al sondaje ayuda a establecer la distancia desde el margen gingival hasta la cresta ósea, lo que facilita la determinación de si se necesita un tratamiento exclusivo de tejidos blandos (gingivectomía) o si se requiere un procedimiento quirúrgico más invasivo como la osteotomía. Además, es necesario regular la ubicación del margen óseo para asegurar la estabilidad y el rendimiento de la restauración. En esta línea, la implementación de directrices quirúrgicas que puede mejorar los resultados estéticos y funcionales en situaciones de exposición gingival excesiva o coronas clínicamente cortas (UNAM, 2023) (Canut, et ál., 1996).

2.5.2 Pronóstico dental

El pronóstico dental después de un procedimiento de aumento de corona clínica se centra en varios factores, incluyendo la relación corono-radicular, la salud periodontal previa, la habilidad de cicatrización de los tejidos y el método quirúrgico utilizado. La relación corono-radicular, que se refiere a la proporción entre la longitud de la corona clínica mostrada y la longitud de la raíz residual en el hueso, es especialmente importante ya que establece la estabilidad biomecánica del diente, para asegurar un pronóstico positivo, esta relación debería ser de al menos 1:1, dado que

proporciones más bajas incrementan el peligro de movilidad y fractura dental (Ong, Tseng, y Wang, 2011).

2.6 Teorías del aprendizaje

2.6.1 Proceso evolutivo de la educación

La educación tiene sus raíces en la filosofía clásica. Platón y Aristóteles se preocuparon profundamente por el papel de los sentidos en la adquisición y, aún más importante, en la generación del conocimiento. Si bien las opiniones de Platón han favorecido a menudo la idea de restando importancia a la experiencia sensorial del conocimiento, y esta idea ha sido ampliamente aceptada y mantenida hasta la era moderna, las ideas de la clásica aristotélica han recobrado visibilidad popular y fuerza en la era moderna gracias a pensadores como Francis Bacon y John Locke. Tanto Bacon como Locke defendieron que el conocimiento comienza, en última instancia, con la percepción del mundo externo a través de nuestros sentidos.

En general, el desarrollo de la psicología en el siglo XIX permitió el surgimiento de diversas teorías sobre el aprendizaje. Entre las cuales las opiniones sobre la centración de la atención en la conducta observada y la activa adquisición de nueva información se dividieron. Por lo tanto, el conductismo observa la primera, y el constructivismo es su opuesto. Al mismo tiempo, las realidades del desarrollo del aprendizaje produjeron otras perspectivas. A lo largo de las décadas, los conceptos pueden explicar cómo adquirimos conocimientos, habilidades y actitudes.

MACROMODELO DEL EFECTO FERRULE

Sin embargo, tan importante como los aspectos de cómo las personas procesan, internalizan y usan la información (Deese, 1952).

2.6.2 El Constructivismo y el Aprendizaje Activo

El constructivismo afirma que el aprendizaje es un proceso dinámico en el que una persona crea su propia experiencia basada en experiencias pasadas y la interacción con el medio ambiente. Por lo tanto, el ambiente de aprendizaje siempre debería estar lleno de experiencias y abarcar varias perspectivas y formas de interpretar la realidad. A diferencia de otras teorías que priorizan la transferencia de información del maestro al estudiante, el constructivismo presta mucha atención a la creación activa de conocimiento por parte del aprendiz. En este sentido, el aprendizaje debe ser activo, y los estudiantes deben construir su propio conocimiento (McGuinness, 2011).

2.6.3 Aprendizaje Didáctico

La didáctica, cuyo origen etimológico se encuentra en el griego "didaskhein" (enseñar, instruir), se ocupa del estudio y la aplicación de métodos y técnicas para optimizar la enseñanza y el aprendizaje. Se divide en dos ramas principales: la didáctica general y la didáctica especial.

La didáctica general se centra en los fundamentos y principios generales de la enseñanza, como las técnicas, modelos y estrategias aplicables a diversos contextos educativos. Por otro lado, la didáctica especial se enfoca en los contenidos curriculares de áreas de conocimiento específicas, adaptando las estrategias de enseñanza a las particularidades de cada disciplina (Rodríguez Sandoval, et ál., 2022).

En la planificación didáctica, es crucial que el docente considere las características y necesidades de los estudiantes según su edad y nivel de desarrollo. Esto implica adaptar las estrategias de enseñanza para lograr un mayor aprovechamiento del proceso de aprendizaje, la planificación didáctica no solo permite identificar dificultades en el aprendizaje, sino que también ayuda a reorientar el proceso de forma más eficaz. En este sentido, el docente debe estar dispuesto a adaptarse a los cambios sociales y tecnológicos, incorporando nuevas herramientas y enfoques a su práctica educativa (Rodríguez Sandoval, et ál., 2022).

La investigación didáctica juega un papel fundamental en la mejora de la calidad de la enseñanza y el aprendizaje. A través de proyectos de innovación, los docentes pueden investigar su propia práctica, identificar áreas de mejora e implementar nuevas estrategias. Estos proyectos suelen partir de una "preocupación temática" del docente, es decir, un aspecto de su práctica que desea mejorar. La metodología de investigación-acción, que incluye la planificación, implementación y evaluación de la estrategia didáctica, guía el proceso de innovación (Hernández, et ál., 2022).

2.6.4 Innovación Educativa

La innovación educativa implica la introducción de cambios que mejoren los procesos de enseñanza y aprendizaje. Puede consistir en la adopción de prácticas externas a la escuela o en la creación de nuevas soluciones para responder a necesidades internas. En cualquier caso, la innovación implica la incorporación de algo nuevo que modifica la realidad educativa existente. La innovación educativa no se limita a la incorporación de nuevas tecnologías, sino que implica un cambio de mentalidad en el profesorado y el alumnado. Se trata de transformar las creencias,

MACROMODELO DEL EFECTO FERRULE

valores e ideas que subyacen a la práctica educativa, buscando nuevas formas de enseñar y aprender (Kopcha, et ál., 2015).

Es importante destacar que la innovación educativa no debe centrarse únicamente en los recursos tecnológicos, por muy atractivos que sean. El foco debe estar en el desarrollo de un enfoque pedagógico que promueva aprendizajes significativos, en cuanto al rol del docente en la innovación, es fundamental evitar las posturas extremas de tecnofilia y tecnofobia. La tecnofilia. la clave está en integrar la tecnología de forma crítica y reflexiva, buscando un equilibrio entre la innovación y la tradición, y siempre teniendo como objetivo principal el desarrollo integral del estudiante (Kopcha, et ál., 2015).

2.6 Educación y su integración con el diseño y manufactura asistida por computadora

La evolución de la educación en diseño y manufactura asistida por computadora (CAD/CAM) ha sido un fenómeno notable en diversas disciplinas, reflejando la creciente integración de tecnologías digitales en los procesos educativos y profesionales. La tecnología CAD/CAM (Diseño Asistido por Computadora/Fabricación Asistida por Computadora) ha revolucionado diversos campos, y la salud no es la excepción. Su incorporación en la educación en salud presenta un enorme potencial para la innovación, mejorando la formación de los futuros profesionales y, en última instancia, la atención a los pacientes (Niece, 2019).

Uno de los aspectos más destacados del CAD/CAM en la educación es su capacidad para crear simulaciones realistas. Los estudiantes pueden interactuar con modelos virtuales de anatomía humana, órganos o tejidos, practicar procedimientos complejos e incluso "operar" en pacientes virtuales sin riesgo alguno. Esto permite un aprendizaje más profundo y experiencial, que

complementa la formación tradicional con práctica virtual antes de enfrentarse a casos reales (Vernon, et ál., 2002).

Además, el CAD/CAM facilita la personalización del aprendizaje. Cada estudiante puede avanzar a su propio ritmo, repasar conceptos o profundizar en áreas de interés específico. Las plataformas de aprendizaje basadas en CAD/CAM ofrecen herramientas interactivas, modelos 3D personalizables y retroalimentación inmediata, adaptándose a las necesidades individuales de cada estudiante. La tecnología CAD/CAM también fomenta la interdisciplinariedad en la educación en salud. Permite a estudiantes de diferentes disciplinas, como medicina, odontología, enfermería o fisioterapia, colaborar en proyectos comunes y comprender las interrelaciones entre sus áreas. Esto promueve un enfoque holístico de la atención al paciente y una mejor comunicación entre profesionales (Alcántara, et ál., 2021).

3. Objetivos

3.1 Objetivo general

Diseñar y crear un macromodelo que facilite el aprendizaje del concepto del Efecto Ferrule y que se ajuste a las necesidades de los odontólogos en formación, con base en las opiniones de expertos y usuarios de la facultad de Odontología de la Universidad Santo Tomás, 2025.

3.2 Objetivos específicos

- Reconstruir la experiencia del diseño participativo del macromodelo, describiendo los momentos clave del proceso.

MACROMODELO DEL EFECTO FERRULE

- Entrevistar a los expertos sobre las características ideales de un macromodelo sobre el Efecto Ferrule.
- Confeccionar un macromodelo con tecnología CAD-CAM con base a los resultados de los expertos participantes en el grupo focal.

3. Metodología

4.1 Tipo de estudio

El presente es un estudio de enfoque cualitativo, enmarcado en la metodología de la Sistematización de Experiencias. Esta metodología se concibe como un proceso de reflexión crítica sobre una práctica concreta, con el fin de producir conocimientos y aprendizajes que permitan comprenderla en profundidad para mejorarla a futuro. A diferencia de la investigación tradicional que busca comprobar una hipótesis, la sistematización interpreta la lógica del proceso vivido, los factores que intervinieron en él y las lecciones que se derivan de la propia experiencia.

Para este trabajo, el objeto de la sistematización es la experiencia del diseño participativo de un macromodelo didáctico sobre el efecto ferrule, la cual fue llevada a cabo con docentes especialistas y estudiantes de la Facultad de Odontología. El propósito es analizar este proceso no para evaluar el producto final, sino para desentrañar los aprendizajes emergentes sobre las brechas pedagógicas entre la teoría y la práctica, la construcción del conocimiento clínico y el valor de la co-creación de herramientas didácticas en la formación odontológica (Prieto y March, 2002).

4.2 Definición de los sujetos participantes

La población de este estudio estuvo conformada por docentes especialistas en Rehabilitación Oral, Endodoncia y Periodoncia vinculados a la facultad de odontología de la Universidad Santo Tomás en el primer semestre del 2025, estudiantes de último semestre de odontología cursando profundización de Rehabilitación Oral y Endodoncia.

4.3 Criterios de selección

4.3.1 Criterios de inclusión

- Docentes especialistas en Rehabilitación Oral que se encuentren activos en pregrado de la universidad.
- Estudiantes del último semestre de odontología cursando profundización en Rehabilitación Oral.

4.3.2 Criterios de exclusión

- Profesionales y estudiantes que no tengan relación con la Rehabilitación Oral.
- Personas que no puedan asistir a las sesiones de grupo focal o que no acepten participar en la investigación.

MACROMODELO DEL EFECTO FERRULE

4.4 Descripción de procedimiento

Se inició con una revisión completa de la literatura con el fin de recolectar información para el contenido teórico que sirvió como fuente para la base del diseño del macromodelo. Este diseño didáctico y creativo tuvo como principal objetivo ser una ayuda que facilitará a la enseñanza y el aprendizaje del Efecto Ferrule.

Posteriormente, se procedió con el diseño del macromodelo utilizando la información recolectada. El diseño del modelo se llevó a cabo mediante la tecnología CAD-CAM en el programa Blender versión 4.2.3. El proceso del diseño fue desarrollado por el director del presente trabajo, el odontólogo especialista en Periodoncia Mario Guerrero.

4.5 Elementos necesarios para la realización de los grupos focales

Se realizaron grupos focales y entrevistas semiestructuradas con expertos en Rehabilitación Oral, Endodoncia, Periodoncia y estudiantes del último semestre de odontología que cursaban profundización en Rehabilitación Oral, con el fin de explorar temas relacionados con el Efecto Ferrule.

Estos grupos focales se realizaron en un lugar cómodo que facilitó el intercambio de experiencias de los expertos y estudiantes, libre de distracciones. Igualmente se buscaron alternativas de realización de los grupos focales mediante herramientas remotas (Teams).

Se hizo una presentación breve del proyecto, los alcances y los objetivos. Se informó que los resultados estarían disponibles para la población participante del estudio. Se contó con la firma del consentimiento informado para los participantes del estudio.

Se tuvo a mano la grabadora y se aseguró en todo momento su buen funcionamiento durante toda la sesión. En el caso de herramientas remotas, se verificó la buena conexión a internet y de que la sesión quedara bien grabada.

Los grupos focales facilitaron el intercambio de experiencias entre el moderador y las personas participantes, permitiendo la generación de preguntas complementarias o emergentes.

Se complementó la información recogida con notas de observación de las impresiones ocurridas durante las entrevistas con la población participante.

4.6 Plan de análisis

Los grupos focales fueron grabados en audio (mp3) y transcritos literalmente en Word para su posterior análisis. En primer lugar, se hizo una lectura inicial de los datos y se segmentaron manualmente, identificando fragmentos elocuentes y atribuyendo significados para posteriormente hacer un análisis narrativo de contenido (Vásquez, et ál., 2011).

En el programa Mindomo se creó una unidad hermenéutica donde se organizaron las macrocategorías y subcategorías de análisis. Estas categorías fueron definidas por el grupo investigador, teniendo en cuenta también las categorías emergentes derivadas del componente subjetivo presente en la información.

Dado que el número de participantes fue reducido, el ordenamiento y la clasificación pudieron realizarse de manera manual dentro de la herramienta. El estudio de las percepciones de los participantes se abordó desde una perspectiva histórico-social, entendida como una construcción continua de significados en el espacio-tiempo (Orozco, 2017).

MACROMODELO DEL EFECTO FERRULE

Y desde una perspectiva antropológica, fue la forma de conducta que percibió el proceso de selección y elaboración simbólica de la experiencia humana, que tuvo como límites las capacidades biológicas y el desarrollo de la cualidad innata del hombre para la producción de símbolos. Por medio de la vivencia, la percepción atribuyó características cualitativas a los objetos o circunstancias del entorno, mediante referentes que se elaboraron desde sistemas culturales e ideológicos específicos, construidos y reconstruidos por un grupo social, lo cual permitió generar evidencias sobre la realidad.

Finalmente, este proceso de categorización y análisis no buscó únicamente describir las percepciones de los participantes, sino que constituyó la base para la fase interpretativa de la sistematización. El objetivo fue reconstruir la experiencia vivida y realizar una reflexión crítica sobre ella. Por lo tanto, las categorías emergentes fueron tratadas como los ejes centrales de los aprendizajes que surgieron del proceso de diseño participativo. De este modo, el análisis culminó en la elaboración de un relato ordenado y crítico que explicó la lógica de la experiencia, permitiendo extraer lecciones y conocimientos prácticos que pudieron aportar a la mejora de la formación en odontología, cumpliendo así con el propósito fundamental de la sistematización de experiencias.

4.7 Rigor metodológico en el proceso de la investigación cualitativa

El aspecto cualitativo asume unos juicios para garantizar la calidad en la recolección de la información, y en el análisis de los datos que son alternos a la investigación cuantitativa dada su perspectiva epistemológica. Se garantiza criterios de calidad como por ejemplo la adecuación epistemológica (calidad en la formulación del problema y coherencia metodológica, entendida

como: la relación directa entre las preguntas, los objetivos, las técnicas y los procedimientos), la validez de los datos y su relevancia en el contexto social y la flexibilidad (conduce a una mejor descripción del mundo social, en la medida que hace explícitas las perspectivas y puntos de vistas del grupo investigador).

4.8 Consideraciones éticas

El proyecto siguió las pautas establecidas en la resolución 8430 de 1993, que establece las normativas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud. Según lo estipulado en el artículo 11, esta investigación se clasificó como una investigación sin riesgo, ya que se utilizaron técnicas de investigación documental retrospectiva sin intervenir en aspectos biológicos, fisiológicos o sociales de los expertos.

En su lugar, se consideró su observación académica en relación con el macromodelo para el aprendizaje del Efecto Ferrule en cuestión. En el transcurso del estudio, se mantuvo la confidencialidad de la información proporcionada por los expertos en el tema. Esto significa que no se divulgaron públicamente los nombres de los expertos al registrar los resultados; en su lugar, se describieron mediante códigos para preservar su anonimato y confidencialidad.

4.9 Cronograma

Tabla 1. *Cronograma*

Actividad

	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre
<i>Prueba piloto</i>			X						

MACROMODELO DEL EFECTO FERRULE

<i>Ajuste de procedimiento de la prueba piloto</i>	X			
<i>Recolección de la información</i>		X		
<i>Construcción de los resultados</i>			X	
<i>Entrega de los resultados</i>			X	
<i>Discusión, conclusión y recomendaciones</i>	y			X
<i>Envío a jurados evaluadores y correcciones</i>	y			X
<i>Sustentación</i>				X

Tabla 2. *Presupuesto general*

Rubros	Fuentes	
	<i>Investigador</i>	<i>Total</i>
<i>Personal</i>	300.000	300.000
<i>Equipos y software</i>	9.000.000	9.000.000
<i>Papelería</i>	10.000	10.000
<i>Total</i>	9.060.000	9.060.000

Tabla 3. *Descripción de los gastos personales*

Formación	Función en el proyecto	Actividades relacionadas	Valor	Dedicación horas		Fuentes	
				H/ semana	Meses	Investigadores	Total

<i>Estudiante de odontología 1</i>	Investigador	Administra, digitador y recolector	30.000	4	18	300.000	330.000
<i>Estudiante de odontología 2</i>	Investigador	Administra, digitador y recolector	30.000	4	18	300.000	330.000
<i>Estudiante de odontología 3</i>	Investigador	Administra, digitador y recolector	30.000	4	18	300.000	330.000

Tabla 4. Descripción de los equipos y software

Equipos o Software	Justificación	Fuentes	
		Investigadores	Total
<i>Computador portátil</i>	Elaboración de documento, digitalización y creación de diseño	3.000.000	9.000.000

Tabla 5. Descripción gastos de papelería

Papelería	Justificación	Fuentes	
		Investigadores	Total
Lapiceros	Lapiceros, lápiz y borrador	10.000	30.000

5. Resultados

5.1 Caracterización de los expertos

El rango de las personas participantes en el grupo focal oscilo entre los 22 y 47 años. En los que participaron cuatro mujeres y tres hombres, los cuales cuentan con experiencias desde sus diferentes ámbitos odontológicos, como estudiante de último semestre, rehabilitador, endodoncista, periodoncista, y estudiantes de octavo semestre, que actualmente residen en Bucaramanga y su área metropolitana. En la tabla 1 se aprecian las características de los especialistas.

MACROMODELO DEL EFECTO FERRULE

Tabla 6. *Caracterización de los participantes*

Participante	Sexo	Tipo de experiencia	Años de experiencia
Rehabilitador	M	Consulta privada-EPS	14 años
Periodoncista	M	Consulta privada	4 años
Endodoncista	M	Consulta Privada	5 años
Estudiante de 10 S	F	Clínica universitaria	-
Estudiante de 8 - 1 S	F	Clínica universitaria	-
Estudiante de 8 - 2 S	F	Clínica universitaria	-
Estudiante de 8 - 3 S	F	Clínica universitaria	-

5.2 Descripción protocolar

A continuación, se presenta la descripción de la experiencia vivida por todos los especialistas y los estudiantes de pregrado de odontología que surgieron a través del grupo focal.

5.2.1 Experiencia R1

Rehabilitador oral con 14 años de experiencia profesional. A lo largo de su trayectoria ha trabajado en diversos ámbitos, incluyendo entidades prestadoras de salud (EPS) y consultorios privados en distintas regiones del país. Actualmente se desempeña como docente en la Universidad Santo Tomás, donde orienta el área de rehabilitación oral en las clínicas de pregrado y posgrado. Su sólida experiencia clínica y académica le ha permitido consolidar un perfil integral, comprometido con la formación de futuros profesionales y con la excelencia en la práctica odontológica.

5.2.2 Experiencia E1

Endodoncista desde hace cuatro años, cuenta con una trayectoria de cuatro años en el ejercicio de la endodoncia. Ha desarrollado su labor en diferentes escenarios, entre ellos entidades prestadoras de salud (EPS), consultorio particular y en alianza con instituciones como Alianza Diagnóstica y Nueva EPS. Actualmente se desempeña en la práctica privada, además de ejercer como docente en la Universidad Santo Tomás, que inició en febrero de 2022. Esta experiencia le ha permitido consolidar una formación integral tanto en el ámbito clínico como en el académico.

5.2.3 Experiencia P1

Periodoncista desde hace cuatro años con una trayectoria profesional de cuatro años. Actualmente cursa estudios de doctorado en odontología y cuenta con amplia experiencia en dirección de proyectos de investigación en los niveles de pregrado y posgrado. Ha realizado publicaciones en revistas internacionales, derivadas de investigaciones de carácter cuantitativo y cualitativo. Se desempeña también como docente en la Universidad Santo Tomás desde hace dos años, tanto en programas de pregrado como de posgrado. Además, ha ejercido como periodoncista en la práctica privada, consolidando una formación integral en los ámbitos clínico, académico e investigativo.

5.2.4 Experiencia S10

Es estudiante de décimo semestre de odontología, cuya experiencia clínica se ha desarrollado en el ámbito universitario. Se ha destacado como una de las mejores estudiantes de su semestre, sobresaliendo por su compromiso académico y por la solidez de sus conocimientos en el área de rehabilitación oral y endodoncia donde también realizó una profundización, lo que le

MACROMODELO DEL EFECTO FERRULE

ha permitido fortalecer su formación clínica y proyectarse como una futura profesional con altas competencias en estas disciplinas.

5.2.5 Experiencia S8-1, S8-2, S8-3

Estudiantes de octavo semestre de odontología, cuya experiencia se ha desarrollado en la clínica universitaria. Se destacan por su desempeño académico, su compromiso con el aprendizaje continuo y su entusiasmo por adquirir nuevos conocimientos y habilidades. Su dedicación y disciplina reflejan el propósito de formarse como profesionales integrales, con una sólida preparación clínica y una visión orientada a la excelencia en el ejercicio de la odontología.

5.3 Análisis de resultados primer ciclo interactivo

Figura 1. Primera categoría emergente.

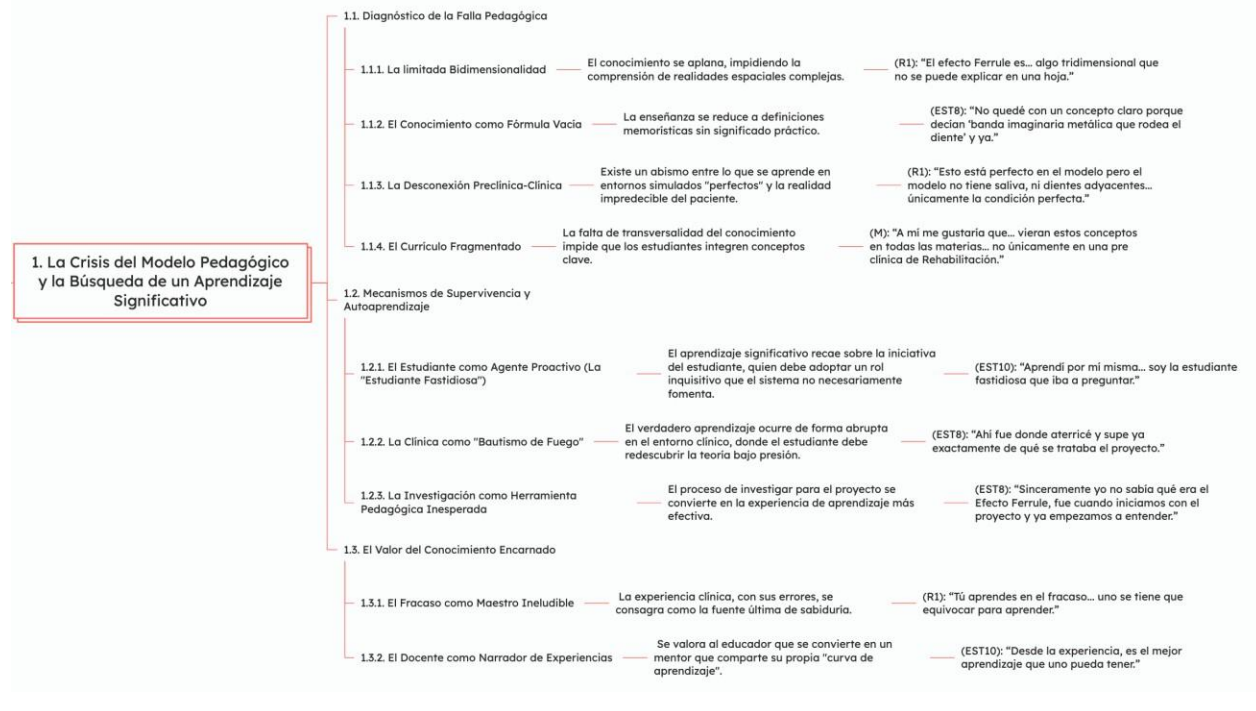
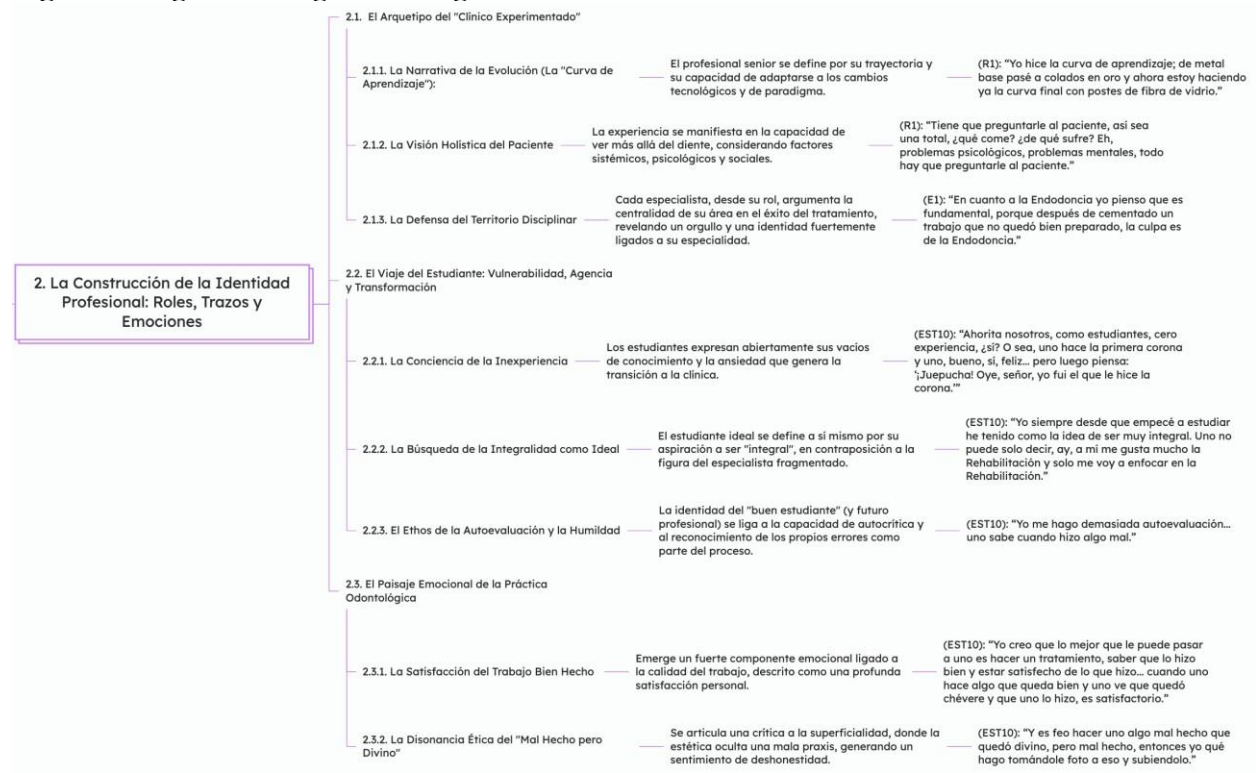


Figura 2. Segunda categoría emergente.



MACROMODELO DEL EFECTO FERRULE

Figura 3. Tercera categoría emergente.

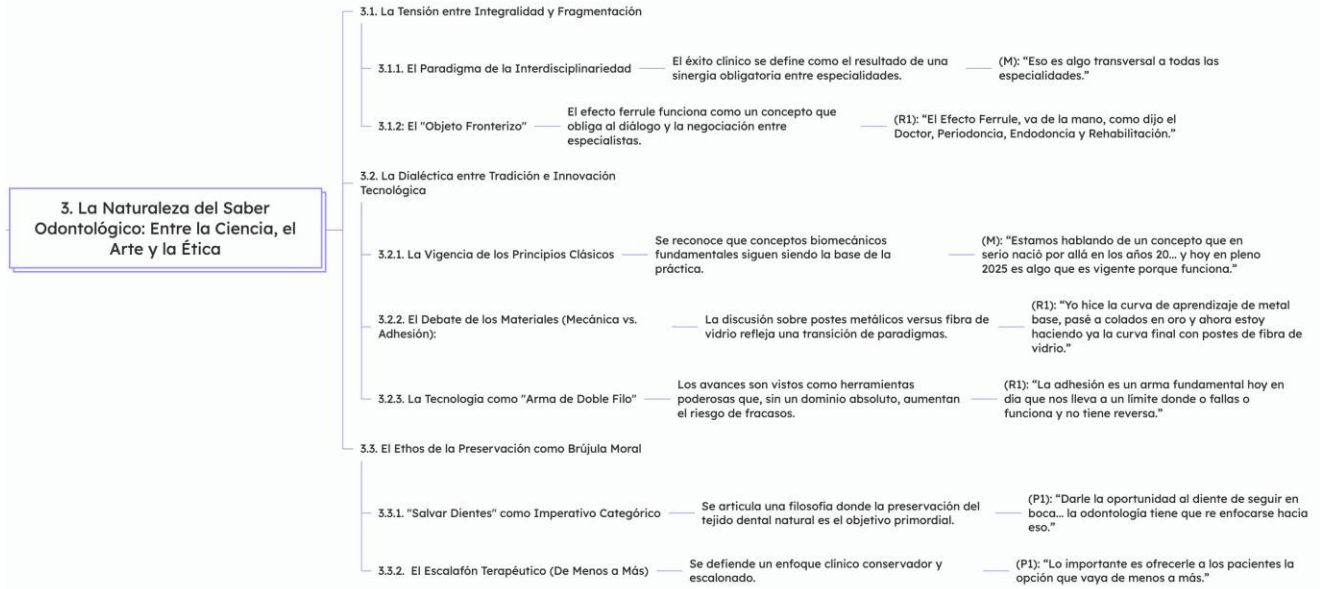
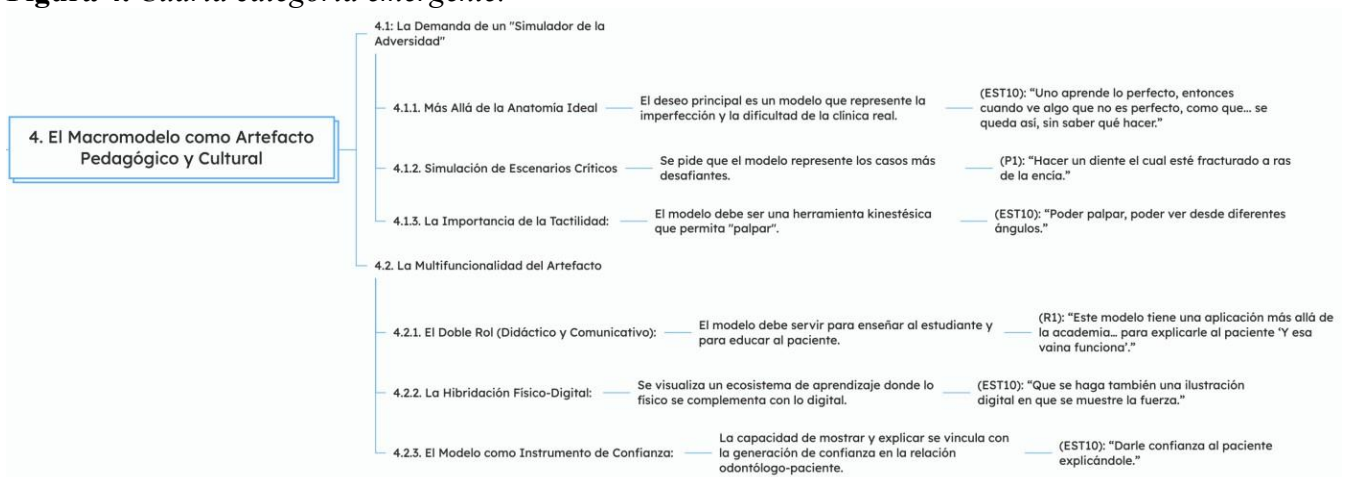


Figura 4. Cuarta categoría emergente.



5.3.1 La crisis del modelo pedagógico y el impacto en la formación odontológica

5.3.1.1 Diagnóstico de la falla pedagógica. Se evidenció que los participantes perciben una profunda brecha entre la enseñanza teórica y la práctica clínica real. Las narrativas resaltan la bidimensionalidad del conocimiento, su carácter memorístico y la falta de transversalidad en el currículo:

[R1] “El efecto Ferrule es... algo tridimensional que no se puede explicar en una hoja.”

[R1] “No quedé con un concepto claro porque decían ‘banda imaginaria metálica que rodea el diente’ y ya.”

[EST8] “Esto está perfecto en el modelo pero el modelo no tiene saliva sin dientes adyacentes... únicamente la condición perfecta.”

[R1] “A mí me gustaría que... vieran estos conceptos en todas las materias... no únicamente en una pre clínica de rehabilitación.” [M]

Los testimonios reflejan que los estudiantes enfrentan un conocimiento teórico que no logra proyectarse a la práctica. La enseñanza fragmentada impide la integración conceptual y la preparación para escenarios clínicos reales, generando lo que ellos llaman una formación “idealizada”.

5.3.1.2 Mecanismo de supervivencia y autoaprendizaje. Los estudiantes han desarrollado estrategias autónomas para suplir las deficiencias del sistema educativo. La investigación aplicada y la experiencia clínica emergen como los espacios donde se consolida el aprendizaje significativo:

[EST10] “Aprendí por mí misma... soy la estudiante fastidiosa que iba a preguntar.”

[EST8] “Ahí fue donde aterricé y supe ya exactamente de qué se trataba el proyecto.”

MACROMODELO DEL EFECTO FERRULE

[EST8] “Sinceramente yo no sabía que era el Efecto Ferrule, fue cuando iniciamos con el proyecto y ya empezamos a entender.”

Los relatos revelan que el aprendizaje significativo ocurre fuera de las aulas, en espacios de práctica clínica o a partir de investigaciones complementarias. Este fenómeno indica que el sistema no provee los mecanismos suficientes para garantizar la comprensión profunda durante la etapa preclínica.

5.3.1.3 El valor del conocimiento encarnado. Los discursos revelan que la equivocación durante la práctica clínica no es percibida como un obstáculo, sino como una oportunidad para aprender y afianzar competencias. El error se convierte en un recurso pedagógico que fortalece la autonomía y el criterio profesional:

[R1] “Tú aprendes en el fracaso... uno se tiene que equivocar para aprender.”

Este testimonio ilustra la resignificación del error como elemento constitutivo del proceso formativo, en contraste con el modelo tradicional que lo penaliza. El aprendizaje situado en la práctica, acompañado de reflexión, permite consolidar habilidades imposibles de adquirir en entornos simulados.

Los estudiantes valoran altamente al docente que trasciende la transmisión memorística para convertirse en un mentor que comparte experiencias reales. Esta dimensión relacional legitima el conocimiento, al articularlo con vivencias clínicas que dotan de sentido los conceptos:

[EST10] “Desde la experiencia, es el mejor aprendizaje que uno pueda tener... decir... A mí me ha pasado que...”

Este relato evidencia que la autoridad docente se construye no solo en la competencia técnica, sino en la capacidad de humanizar la enseñanza a través de narrativas que revelan la dimensión práctica y ética de la profesión.

5.3.2 La construcción de la identidad profesional: roles, trazos y emociones

5.3.2.1 El arquitecto del “clínico experimentado”. Los profesionales se autodefinen a partir de su trayectoria, la capacidad de adaptación tecnológica y la visión integral del paciente:

[R1] “Yo hice la curva de aprendizaje de metal base, pasé a colados en oro y ahora estoy haciendo ya la curva final con postes de fibra de vidrio.”

[R1] “Tiene que preguntarle al paciente, así sea una total, ¿qué come? ¿De qué sufre? Eh, problemas psicológicos, problemas mentales, todo hay que preguntarle al paciente.”

El conocimiento clínico adquiere sentido cuando se materializa en la práctica. Los participantes asocian la competencia profesional no solo con la técnica, sino con la capacidad de reflexionar sobre el error y transformarlo en aprendizaje.

5.3.2.2 El viaje del estudiante: vulnerabilidad, agencia y transformación. Los estudiantes manifiestan ansiedad ante su falta de experiencia, pero también muestran un ethos reflexivo y un deseo de integralidad profesional:

[EST10] "Ahorita nosotros como estudiantes, cero experiencia, ¿sí? O sea, uno hace la primera corona y uno, bueno, sí, feliz... pero luego piensa: ‘¡Juepucha! Oye, señor, yo fui el que le hice la corona”.

[EST10] “Yo siempre desde que empecé a estudiar he tenido como la idea de ser muy integral.”

MACROMODELO DEL EFECTO FERRULE

La identidad profesional en construcción se debate entre la vulnerabilidad y la aspiración. El estudiante ideal se define por la autoevaluación y la humildad, reconociendo que el error es parte del proceso.

Emerge un sentimiento de orgullo y bienestar personal asociado a la correcta ejecución de un tratamiento. Los estudiantes describen esta experiencia como un momento de validación de sus competencias y del esfuerzo invertido en la formación:

[EST10] “Yo creo que lo mejor que le puede pasar a uno es hacer un tratamiento, saber que lo hizo bien y estar satisfecho de lo que hizo... cuando uno hace algo que queda bien y uno ve que quedó chévere y que uno lo hizo es satisfactorio.”

Este testimonio refleja cómo la práctica clínica no solo tiene un valor instrumental, sino también emocional, constituyéndose en un indicador del sentido profesional.

Junto a la satisfacción, aparece una crítica explícita hacia la superficialidad estética que se promueve en entornos sociales y digitales. El relato cuestiona la práctica donde la apariencia se prioriza sobre la calidad técnica, generando una sensación de deshonestidad profesional:

[EST10] “Y es feo hacer uno algo mal hecho que quedó divino pero mal hecho, entonces yo qué hago tomándole foto a eso y subiéndolo.”

Este fragmento pone en evidencia el conflicto moral entre la ética clínica y la cultura de la imagen, en la que las redes sociales amplifican prácticas que privilegian la estética por encima de la funcionalidad y la honestidad profesional.

5.3.3 La naturaleza del saber odontológico: ciencia, arte y ética

5.3.3.1 La tensión entre integralidad y fragmentación. Los participantes señalan que el éxito clínico depende de la integración de diferentes áreas del saber odontológico. El tratamiento restaurador no se concibe como una acción individual, sino como una sinergia que exige la cooperación entre diversas especialidades:

[M] “Eso es algo transversal a todas las especialidades.”

Esta afirmación refleja la conciencia de que la práctica odontológica actual no puede sostenerse desde compartimentos estancos. La interdisciplinariedad emerge como un principio rector que orienta la toma de decisiones clínicas y, al mismo tiempo, como una demanda formativa aún no resuelta en el currículo.

El concepto de Efecto Ferrule se configura en el discurso como un punto de convergencia que obliga al diálogo entre especialidades. Lejos de ser un tema exclusivo de rehabilitación, se percibe como una noción que atraviesa múltiples disciplinas:

[R1] “El Efecto Ferrule, va de la mano como dijo el doctor Periodoncia, Endodoncia y Rehabilitación.”

Esta cita evidencia cómo el Efecto Ferrule opera como un “objeto fronterizo”, es decir, un concepto que circula entre distintas áreas, obligando a negociar saberes y establecer acuerdos terapéuticos.

5.3.3.2 La dialéctica entre tradición e innovación tecnológica. Los discursos señalan que el tratamiento restaurador no se concibe como un proceso aislado, sino como un esfuerzo colectivo que requiere la participación de varias disciplinas. La planificación integral es percibida como un componente indispensable para alcanzar resultados funcionales y estéticos:

MACROMODELO DEL EFECTO FERRULE

[M] “Eso es algo transversal a todas las especialidades.”

Esta afirmación refleja la conciencia de que la odontología contemporánea no puede sostenerse en compartimentos estancos. La interdisciplinariedad emerge como un principio rector para la toma de decisiones, pero también como una deuda en la formación universitaria, donde el currículo se presenta fragmentado y sin estrategias que promuevan la cooperación efectiva entre áreas.

El análisis muestra que el concepto de Efecto Ferrule se constituye en el discurso como un nodo articulador, que obliga al diálogo entre especialistas para garantizar la estabilidad biomecánica de las restauraciones. Este concepto, lejos de ser exclusivo de rehabilitación oral, se interpreta como un elemento transversal que implica a múltiples disciplinas:

[R1] “El Efecto Ferrule, va de la mano como dijo el doctor Periodoncia, Endodoncia y Rehabilitación.”

Este testimonio ilustra cómo el Efecto Ferrule funciona como un “objeto fronterizo”: una noción que transita entre áreas de conocimiento y que, para su aplicación correcta, demanda acuerdos interdisciplinarios. En otras palabras, el Ferrule actúa como un recordatorio de que la práctica clínica no puede reducirse a la lógica de la especialización, sino que requiere una visión holística del diente y del paciente.

5.3.3.3 El Ethos de la preservación como brújula moral. Los discursos señalan que el tratamiento restaurador no se concibe como un proceso aislado, sino como un esfuerzo colectivo que requiere la participación de varias especialidades. La planificación interdisciplinaria se

describe como un elemento indispensable para asegurar el éxito del tratamiento y preservar la salud integral del paciente:

[M] “Eso es algo transversal a todas las especialidades.”

Esta declaración evidencia la conciencia de que la odontología moderna no puede sostenerse sobre prácticas independientes o compartimentos estancos. La interdisciplinariedad emerge no solo como una práctica deseable, sino como una necesidad ética y técnica que oriente las decisiones clínicas. No obstante, los mismos relatos sugieren que esta visión integral aún no está suficientemente incorporada en la formación universitaria, donde el currículo se percibe fragmentado y con pocas oportunidades para el trabajo colaborativo.

El concepto de Efecto Ferrule se identifica en los discursos como un punto de convergencia que articula el diálogo entre diferentes disciplinas, especialmente rehabilitación, endodoncia y periodoncia. Lejos de ser un tema exclusivo de una sola especialidad, se interpreta como un elemento común que requiere la negociación de saberes y la construcción conjunta de criterios clínicos:

[R1] “El Efecto Ferrule, va de la mano como dijo el doctor Periodoncia, Endodoncia y Rehabilitación.”

Este testimonio ilustra cómo el Efecto Ferrule opera como un “objeto fronterizo”, es decir, un concepto que cruza los límites disciplinares, generando espacios de cooperación obligatoria. En este sentido, el ferrule se convierte en una metáfora de la unidad del diente y, por extensión, del paciente, recordando que la práctica odontológica no debe reducirse a la lógica fragmentada que impone la especialización.

5.3.4 El macromodelo como artefacto pedagógico y cultural

5.3.4.1 La demanda de un simulador de la adversidad. Los discursos señalan que el tratamiento restaurador no se concibe como un proceso aislado, sino como un esfuerzo colectivo que requiere la participación de varias especialidades. La planificación interdisciplinaria se percibe como un componente indispensable para asegurar la funcionalidad y la estética del tratamiento:

[M] “Eso es algo transversal a todas las especialidades.”

Este testimonio refleja la conciencia de que la odontología moderna no puede sostenerse sobre prácticas fragmentadas o compartimentos estancos. La interdisciplinaria emerge como un principio rector que orienta la toma de decisiones clínicas, convirtiéndose no solo en una práctica deseable, sino en una necesidad ética y técnica. Sin embargo, los mismos relatos sugieren que esta concepción aún no se refleja en el modelo educativo universitario, caracterizado por un currículo segmentado que dificulta la colaboración efectiva entre áreas.

El concepto de Efecto Ferrule aparece en los discursos como un punto de convergencia que articula el diálogo entre diferentes disciplinas, especialmente Rehabilitación, Periodoncia y Endodoncia. Este concepto, lejos de ser exclusivo de una sola área, se interpreta como un elemento transversal que exige acuerdos interdisciplinarios para su correcta implementación:

[R1] “El Efecto Ferrule, va de la mano como dijo el doctor Periodoncia, Endodoncia y Rehabilitación.”

Este relato muestra cómo el Efecto Ferrule funciona como un “objeto fronterizo”, es decir, un concepto que cruza los límites disciplinares, obligando a generar cooperación y negociación

entre especialistas. De este modo, se convierte en un recordatorio simbólico de que el paciente y sus estructuras no son compartimentos aislados, sino una unidad que requiere abordajes integrales.

5.3.4.2 La multifuncionalidad del artefacto. Los participantes destacan que el modelo debe cumplir con una función dual: por un lado, actuar como instrumento pedagógico para el estudiante; por otro, servir como recurso explicativo para el paciente, facilitando la comprensión de procedimientos complejos y la toma de decisiones informadas:

[R1] “Este modelo tiene una aplicación más allá de la académica... para explicarle al paciente ‘Y esa vaina funciona’.”

Este testimonio evidencia que el macromodelo trasciende la esfera académica, adquiriendo un valor comunicativo que humaniza la atención odontológica y promueve la participación del paciente en su tratamiento.

El discurso estudiantil sugiere la necesidad de integrar el modelo físico con recursos digitales, configurando un ecosistema de aprendizaje que combine lo tangible y lo virtual. Esta complementariedad se asocia con la posibilidad de representar fuerzas, tensiones y dinámicas que no son visibles a simple vista:

[EST10] “Que se haga también una ilustración digital en que se muestre la fuerza.”

Esta propuesta revela una comprensión avanzada del aprendizaje contemporáneo, en el que la simulación física y la visualización digital se conciben como herramientas complementarias para potenciar la comprensión conceptual y la toma de decisiones clínicas.

MACROMODELO DEL EFECTO FERRULE

Además de su función técnica, el macromodelo se percibe como un recurso que contribuye a la construcción de confianza entre odontólogo y paciente. Al permitir explicar procedimientos de manera visual y comprensible, el modelo genera seguridad y refuerza la relación terapéutica:

[EST10] “Darle confianza al paciente, explicándole.”

Este testimonio enfatiza el carácter relacional del macromodelo, que no solo transmite información, sino que fortalece la comunicación ética y empática, aspectos fundamentales para una práctica profesional centrada en el paciente.

5.4 Prediseño del primer ciclo

Con base en el grupo focal y empleando el software Blender, se llevó a cabo el primer prediseño atendiendo a las características y dimensiones sugeridas por los especialistas. Todo ello con el propósito de que el macromodelo facilite a los estudiantes una mejor comprensión del Efecto Ferrule y contribuya al fortalecimiento de sus conceptos para el desarrollo clínico. En este proceso surgieron dos casos para la elaboración del modelo: uno que representa un diente con características normales y proporciones ideales y otro en el que se requiere un aumento de corona clínica y osteotomía debido a que el remanente dental es muy reducido.

Figura 5. *Diseño del diente 11 junto con tejidos de soporte (hueso alveolar y encía).*

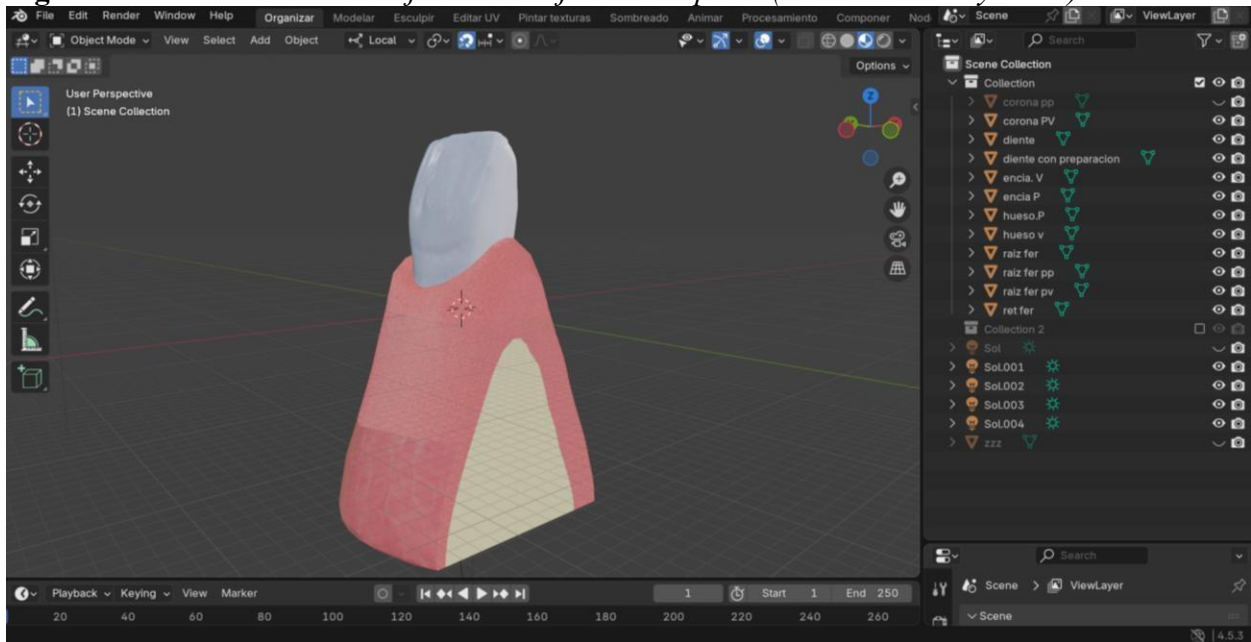
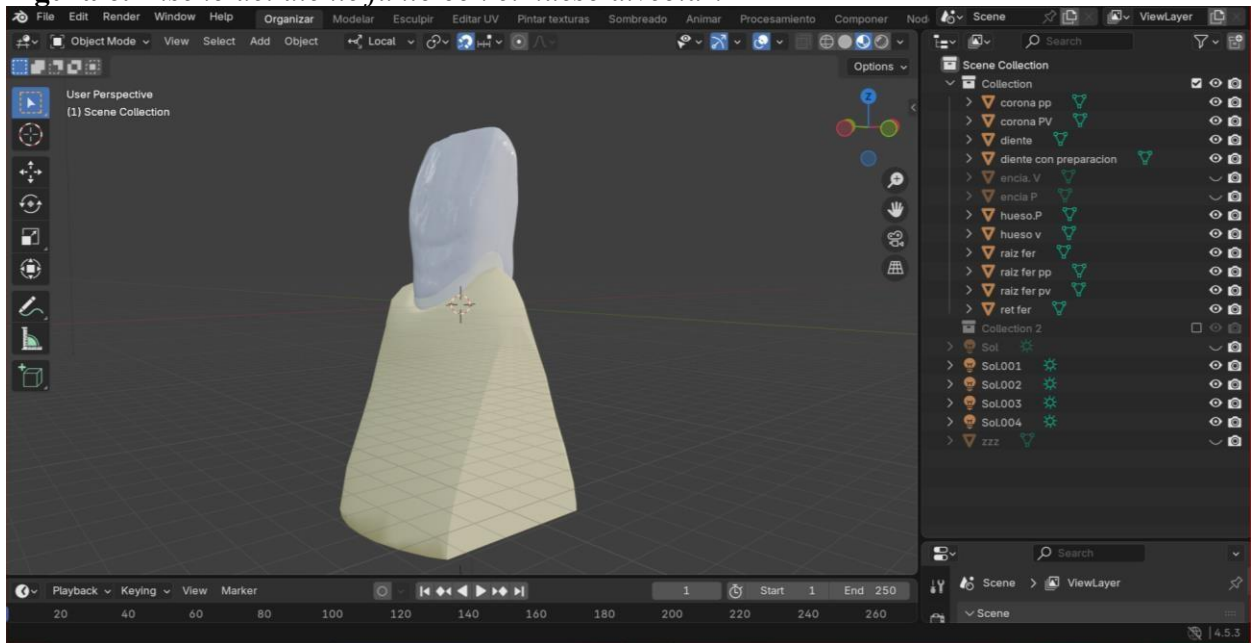


Figura 6. *Diseño del diente junto con el hueso alveolar.*



MACROMODELO DEL EFECTO FERRULE

Figura 7. *Diseño del diente donde se observa el hueso trabeculado.*

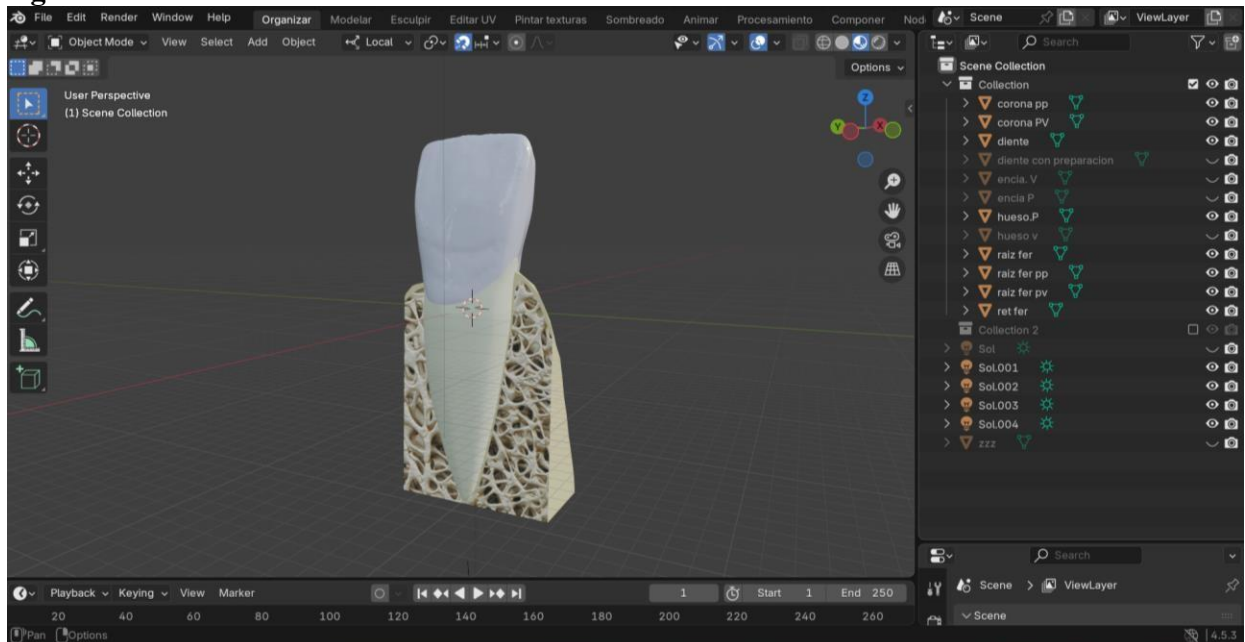


Figura 8. *Diseño de preparación del muñón y del Efecto Ferrule.*

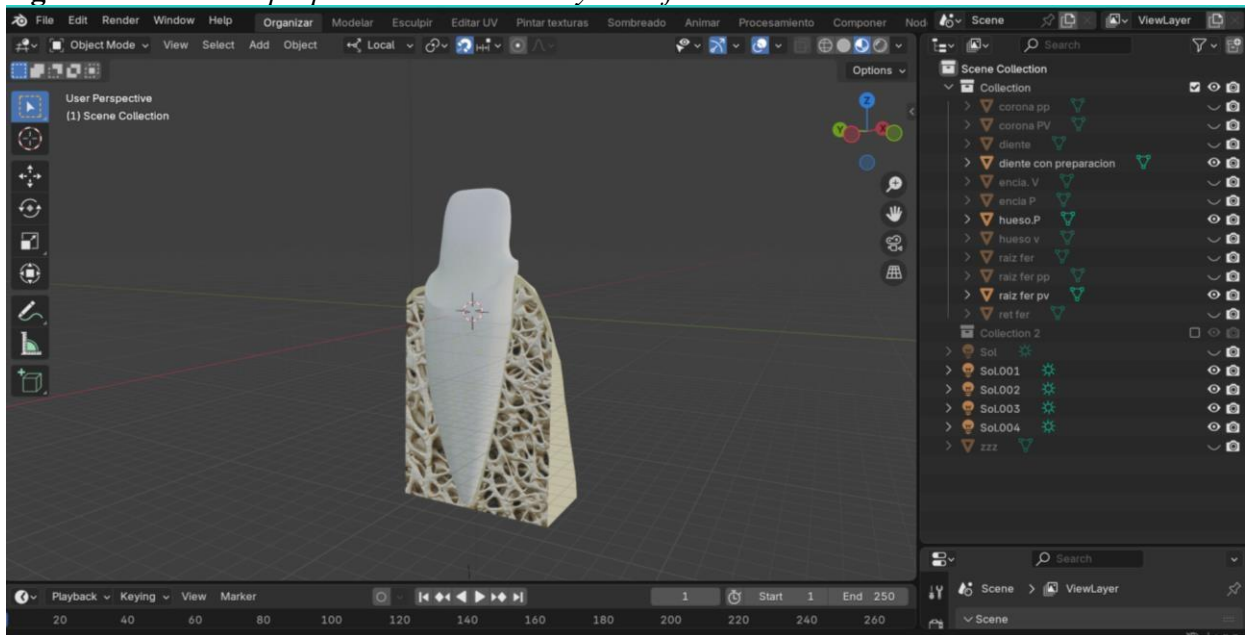


Figura 9. *Diseño del retenedor intrarradicular y adaptación a la raíz.*

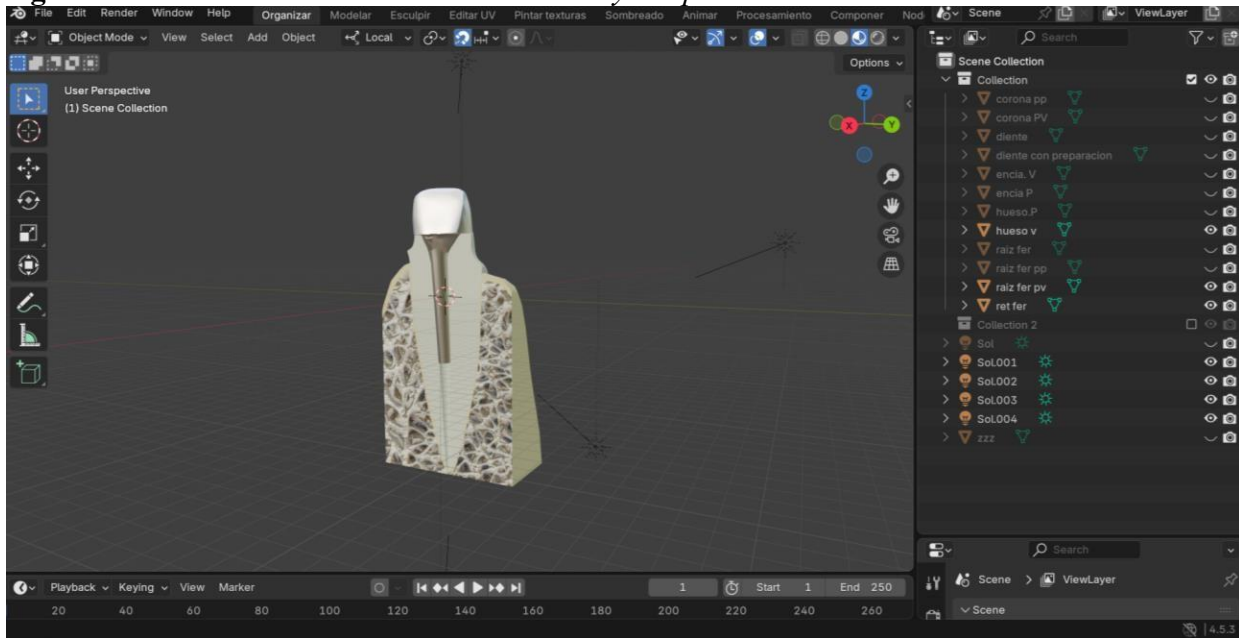
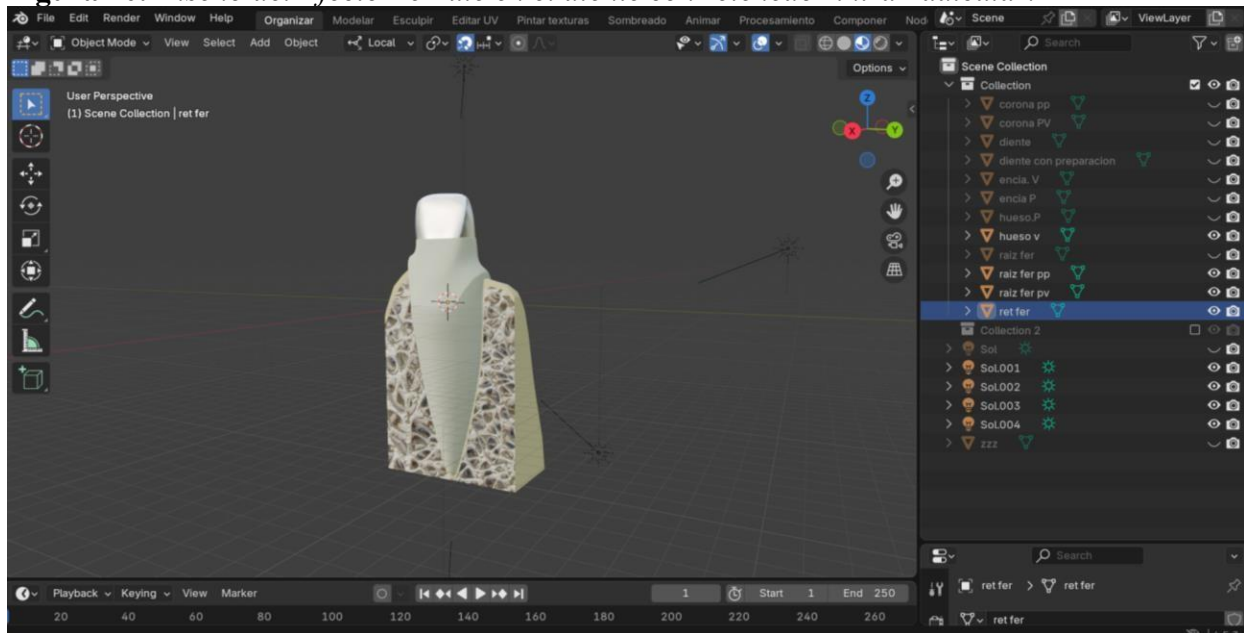


Figura 10. *Diseño del Efecto Ferrule en el diente con retenedor intrarradicular.*



MACROMODELO DEL EFECTO FERRULE

Figura 11. *Diseño del muñón adaptado junto con la corona definitiva.*

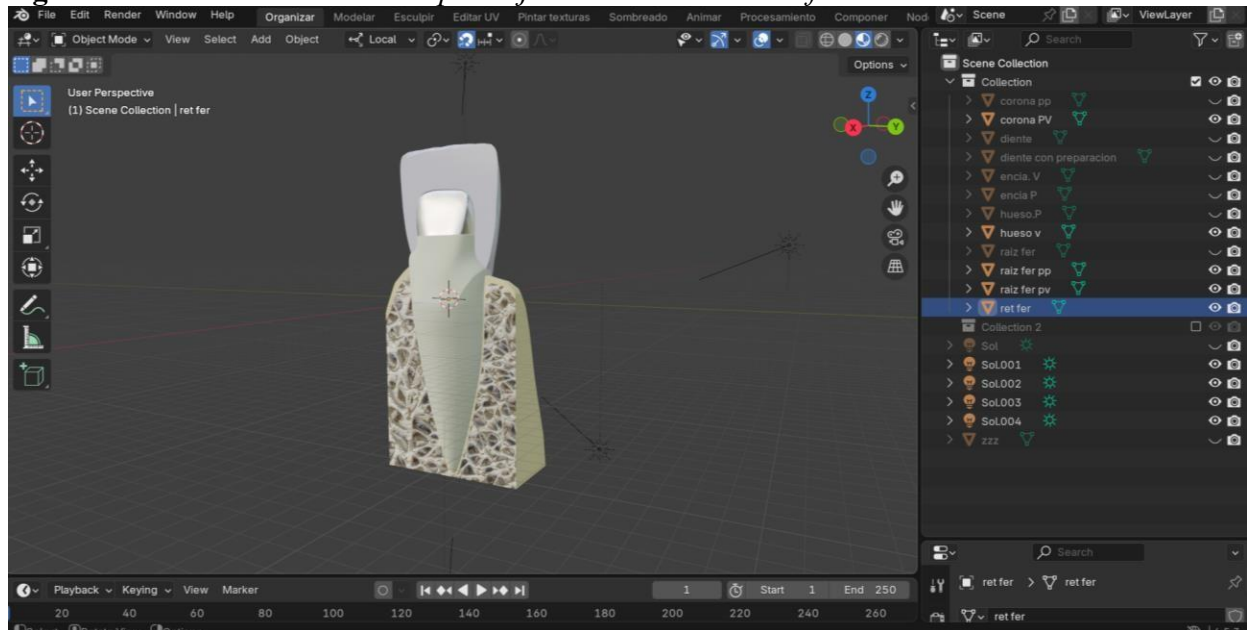


Figura 12. *Diseño de fractura coronaria.*

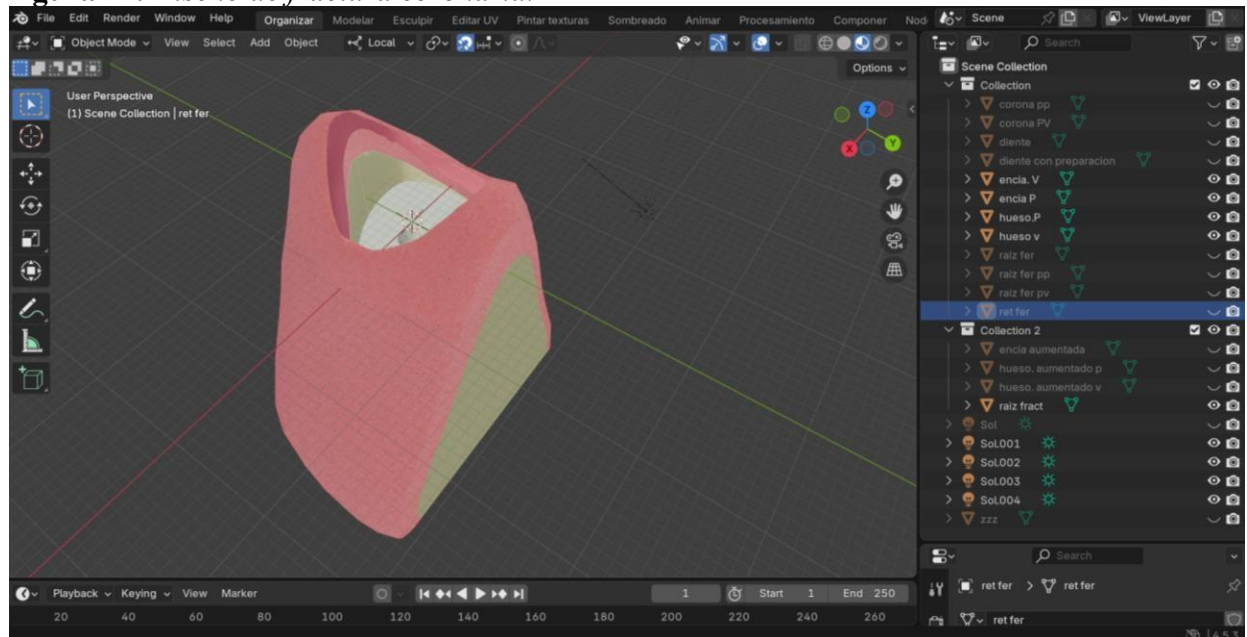


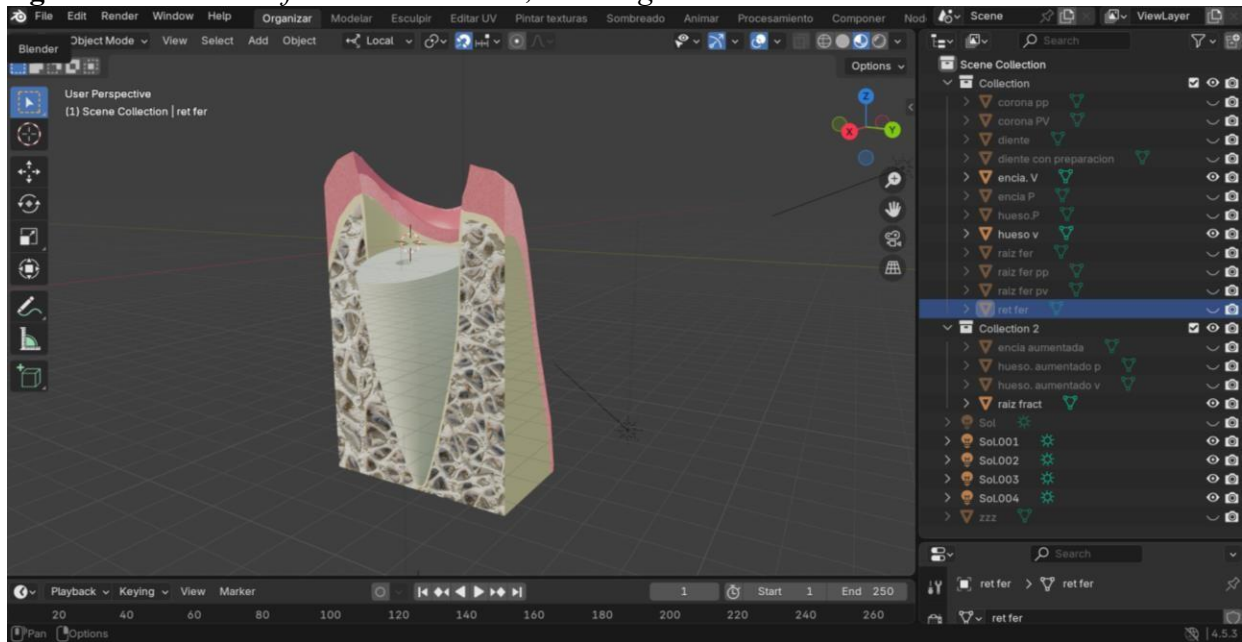
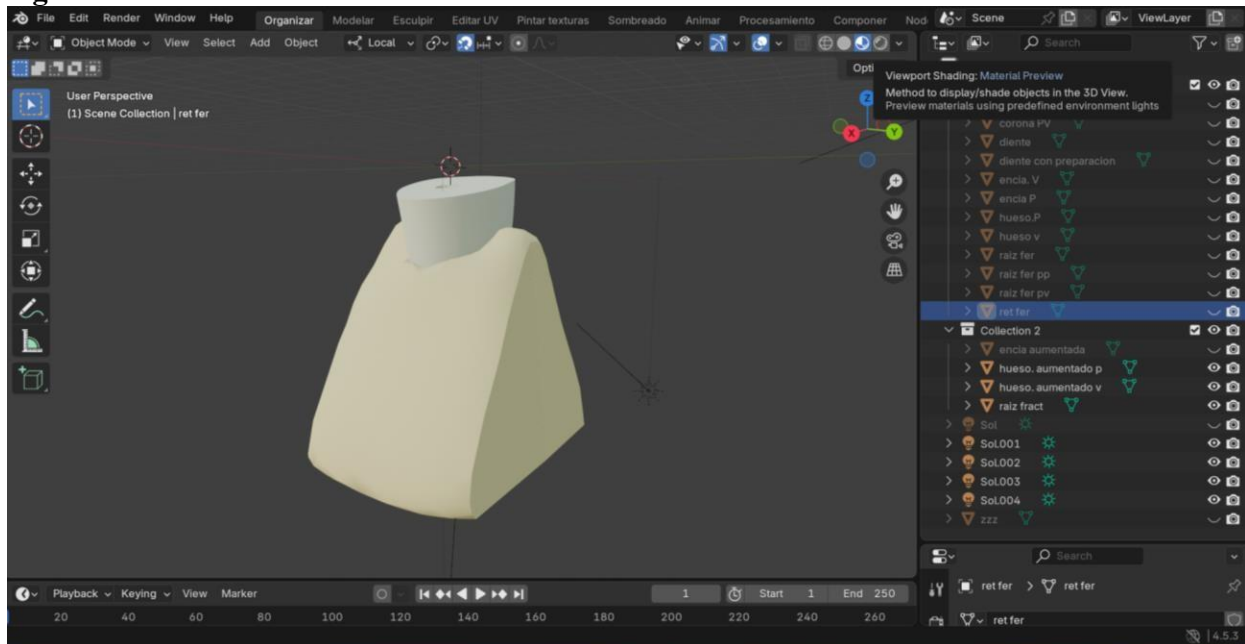
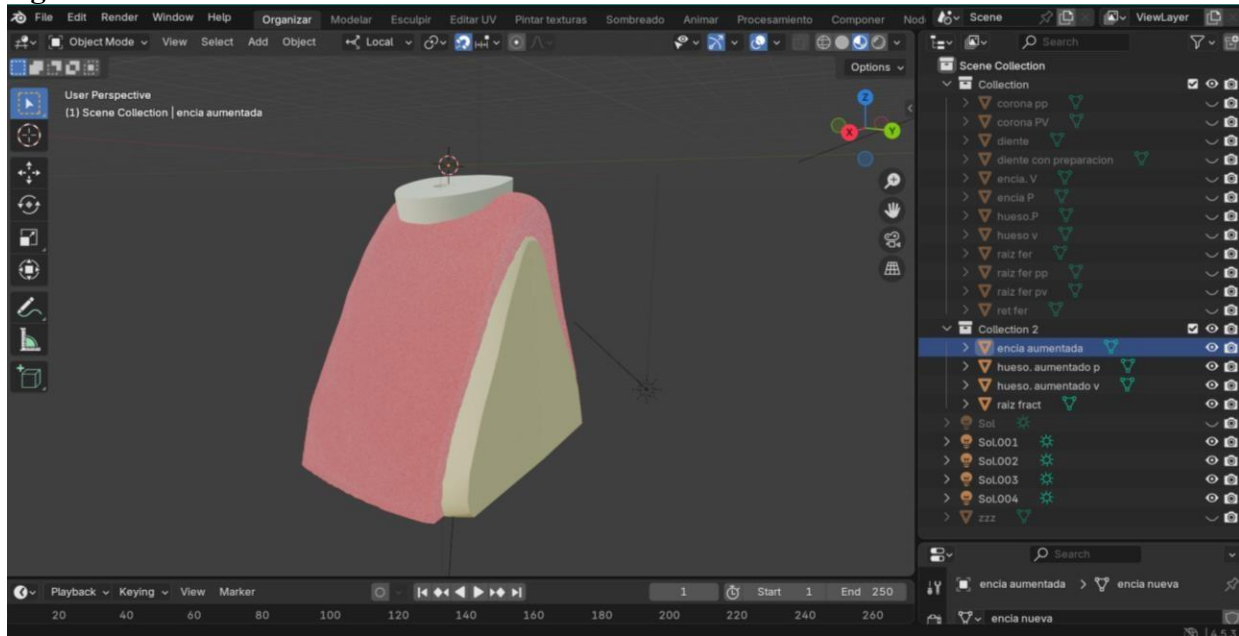
Figura 13. *Diseño de fractura coronaria, vista sagital.***Figura 14.** *Diseño del remanente dental con osteotomía.*

Figura 15. *Diseño del remanente dental con aumento de corona clínica.*



5.5 Prediseño del segundo ciclo y final

Con base en la retroalimentación obtenida durante el grupo focal y tomando como referencia el primer prediseño desarrollado en el software Blender, se llevó a cabo el segundo ciclo interactivo del proceso de diseño del macromodelo didáctico. En esta fase, se analizaron de manera minuciosa las observaciones formuladas por los participantes, quienes identificaron aspectos susceptibles de mejora relacionados con la morfología, las proporciones anatómicas y el nivel de detalle estructural del modelo inicial.

Las sugerencias fueron incorporadas al nuevo diseño, implementando ajustes que optimizaron la representación de los tejidos dentales y periodontales, así como la visualización del área de retención coronaria. Estas modificaciones permitieron mejorar la precisión anatómica y la

funcionalidad pedagógica del macromodelo, garantizando una mayor correspondencia con los principios biomecánicos del Efecto Ferrule.

Asimismo, en este segundo ciclo se añadieron dos nuevos casos clínicos al diseño: uno en el que la proporción corona-raíz es adecuada, representando una condición clínica favorable para la aplicación del Efecto Ferrule, y otro en el que dicha proporción no es adecuada, evidenciando las limitaciones estructurales que pueden comprometer el pronóstico rehabilitador.

La inclusión de estos casos permitió ampliar el alcance didáctico del macromodelo, facilitando la comparación entre escenarios clínicos contrastantes y fortaleciendo el proceso de análisis y toma de decisiones en la práctica académica.

De esta manera, el segundo ciclo correspondió a la fase final del desarrollo del macromodelo, consolidando un recurso didáctico validado a través de la interacción con los expertos y orientado a potenciar la comprensión integral de los fundamentos clínicos y biomecánicos del Efecto Ferrule en la Rehabilitación Oral.

MACROMODELO DEL EFECTO FERRULE

Figura 16. *Fractura coronaria con proporciones ideales.*

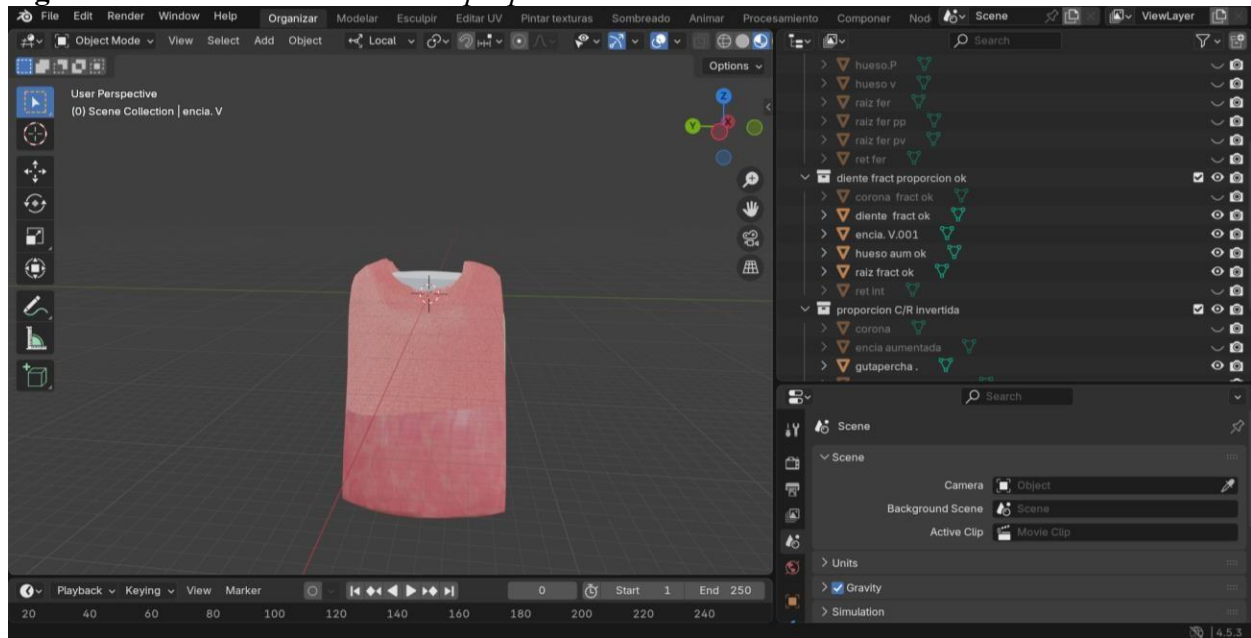


Figura 17. *Vista sagital con retenedor intraradicular, muñón y gutapercha.*

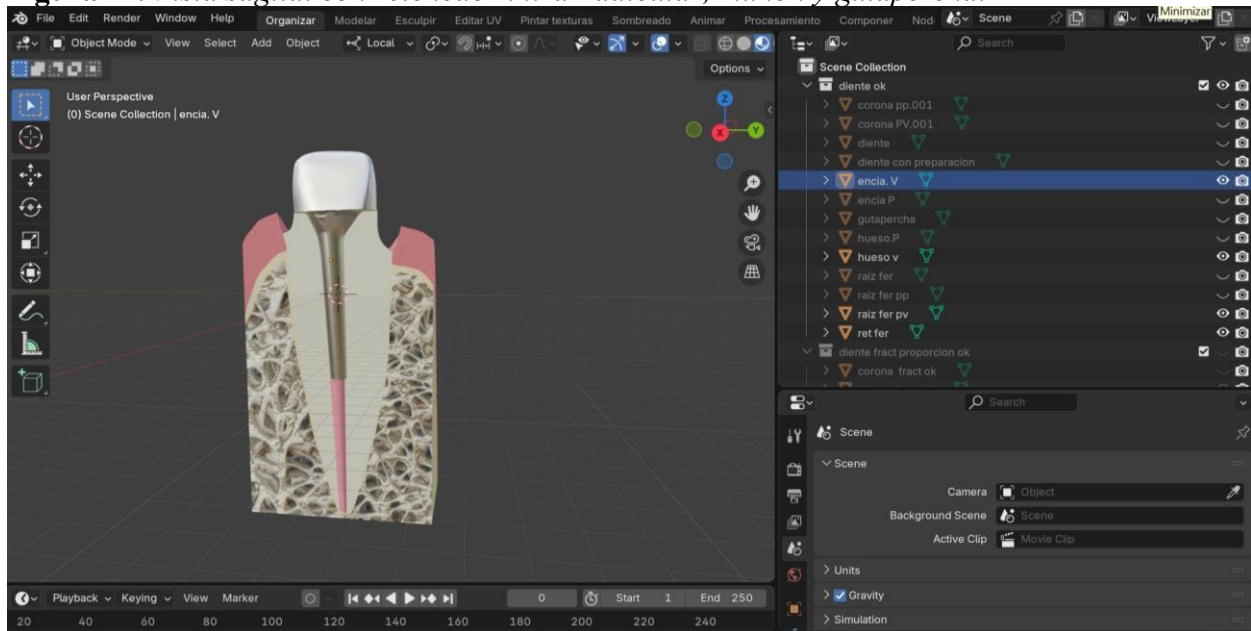


Figura 18. Vista sagital con retenedor intrarradicular, muñón y gutapercha junto con corona definitiva.

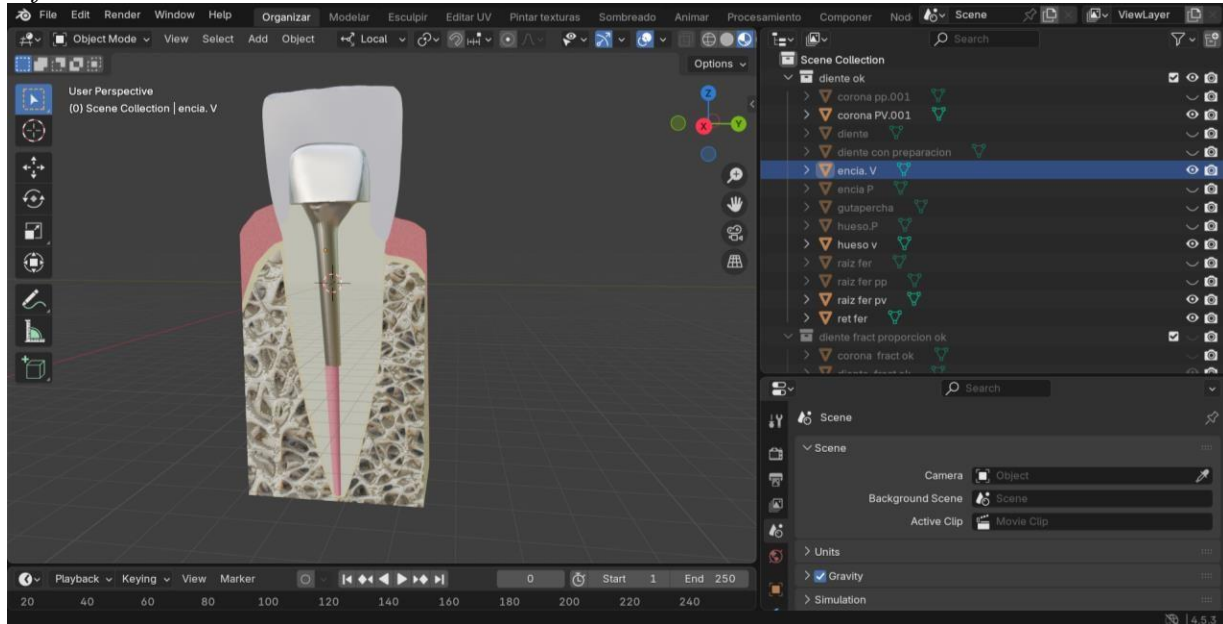
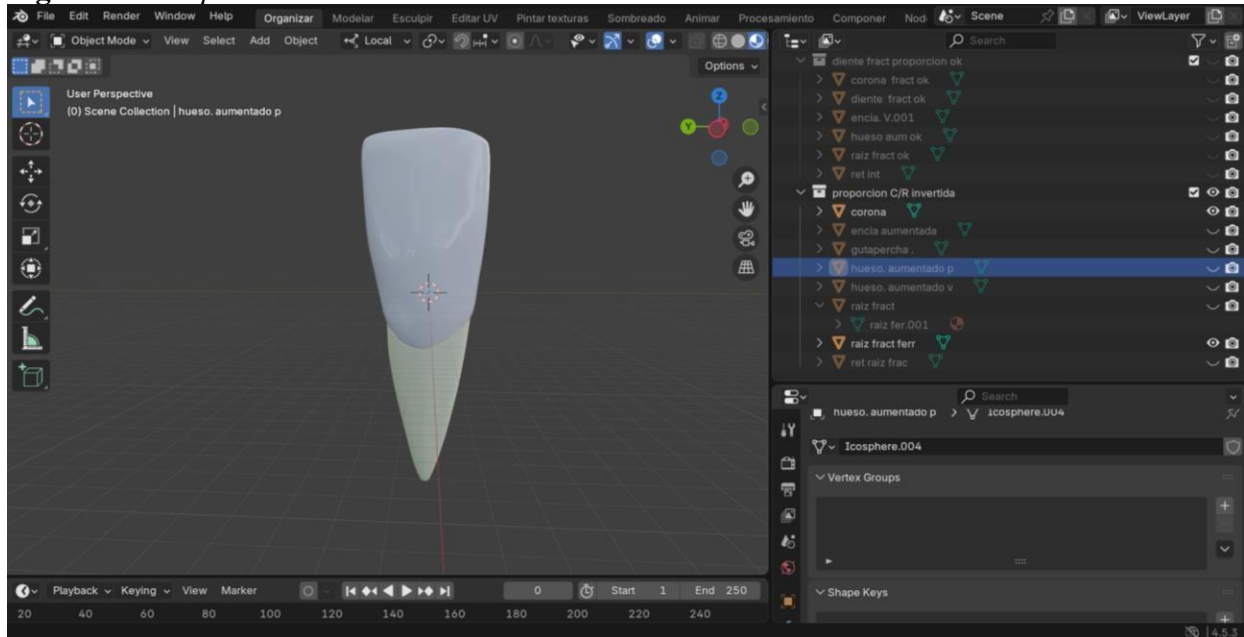


Figura 19. Proporción corona-raíz invertida.



MACROMODELO DEL EFECTO FERRULE

Figura 20. *Proporción corona-raíz 1-1.*

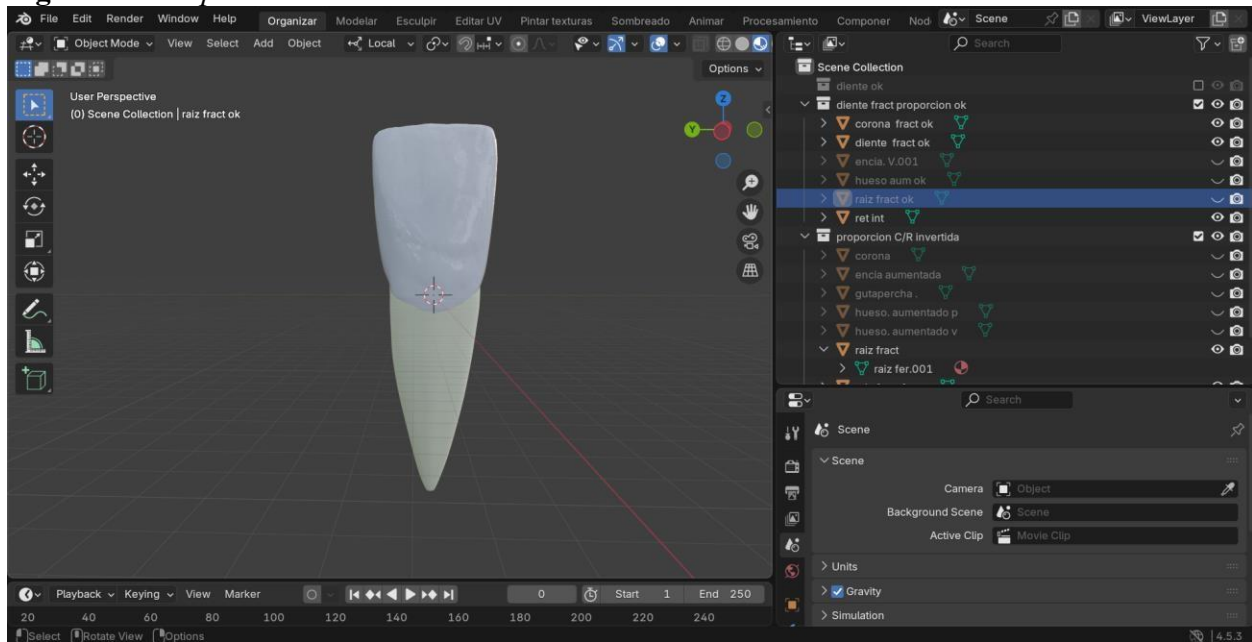


Figura 21. *Proporción corona-raíz invertida con hueso trabeculado y encía.*

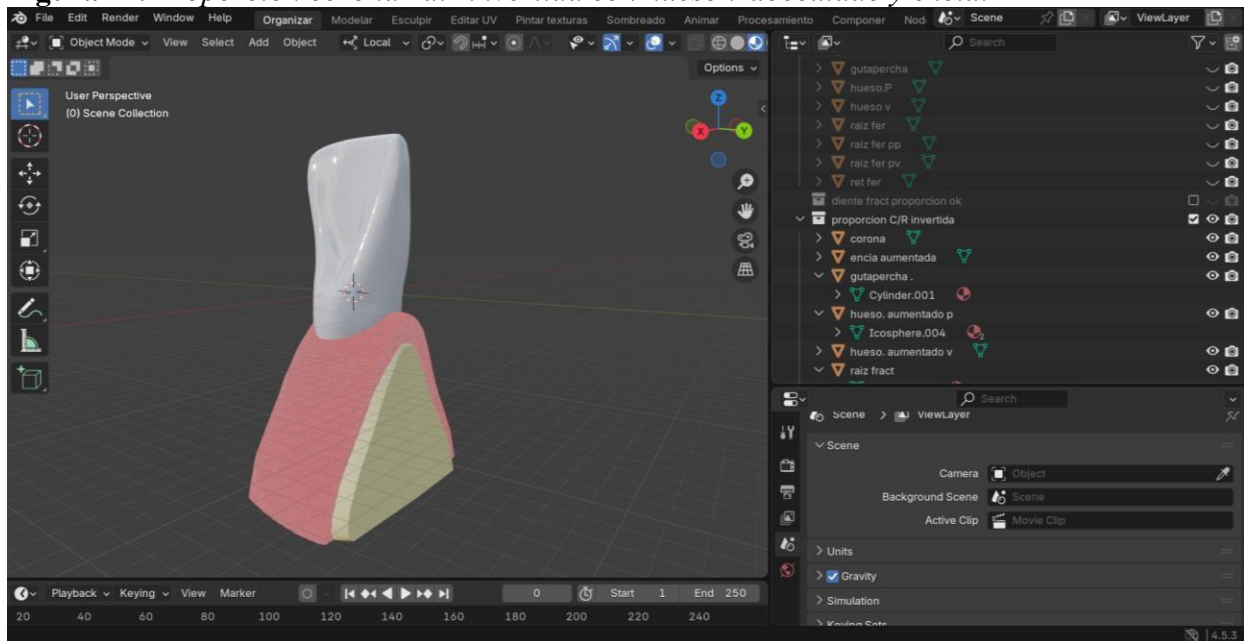


Figura 22. *Diente con proporción corona-raíz invertida y tratamiento endodóntico.*

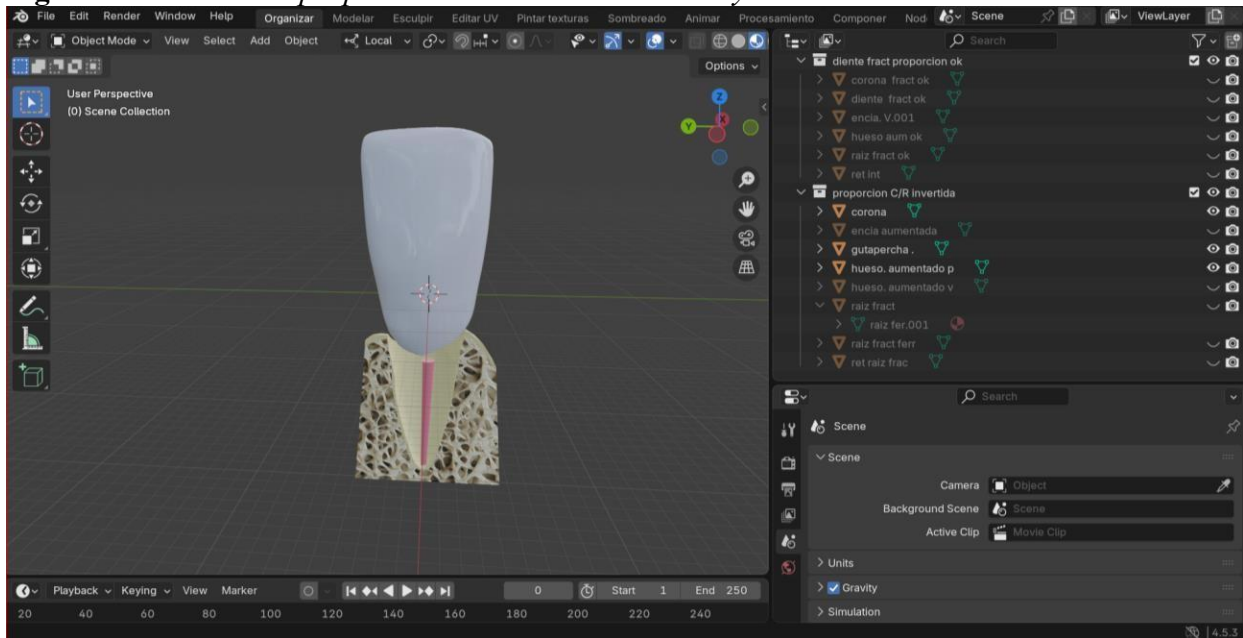


Figura 23. *Diente con proporción corona-raíz inadecuada y retenedor intrarradicular.*

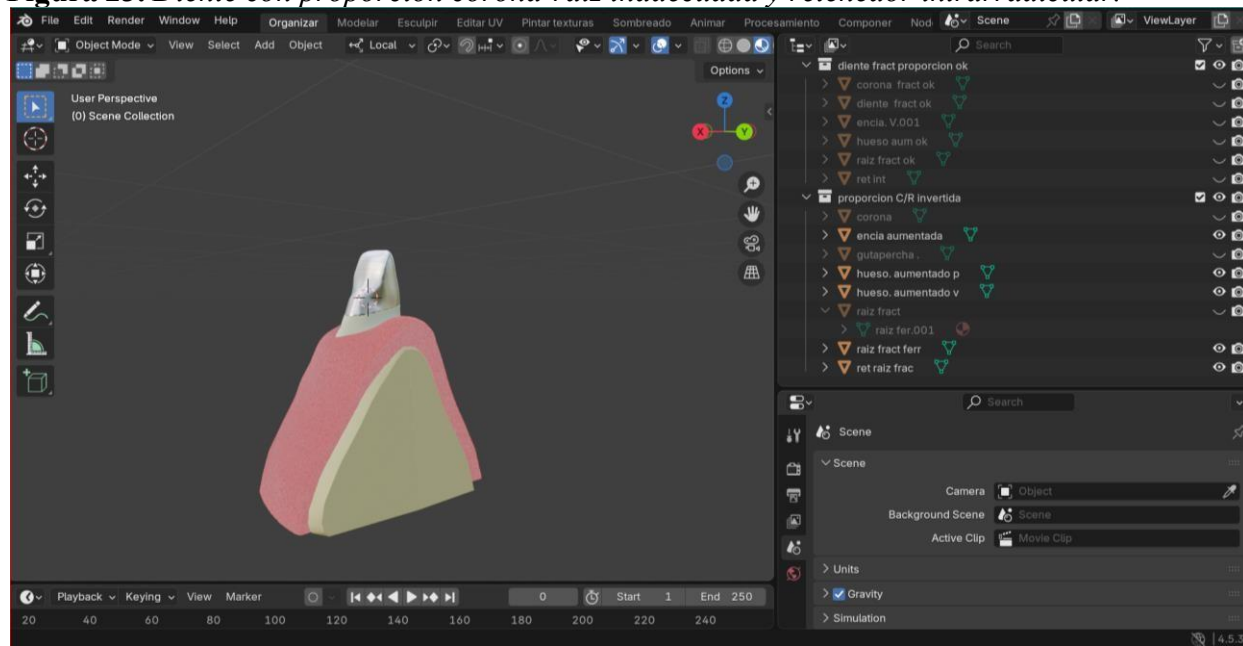
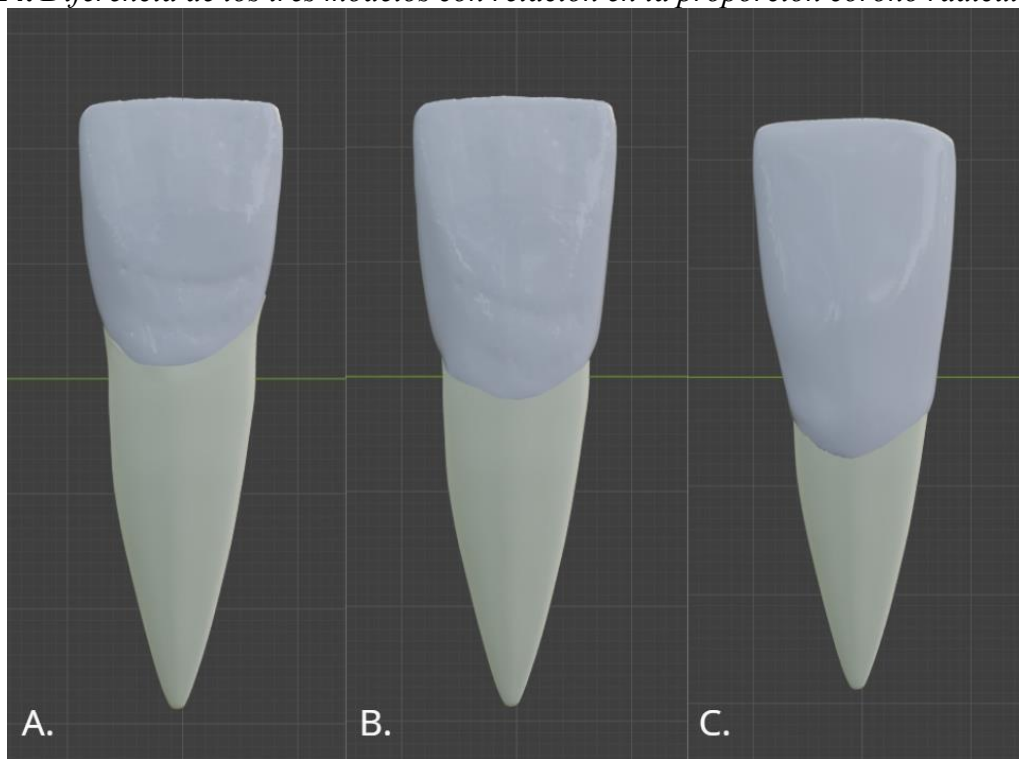


Figura 24. *Diferencia de los tres modelos con relación en la proporción corono radicular.*



5.6 Reconstrucción y Análisis de la Experiencia

El punto de partida de esta sistematización fue la convocatoria a un grupo focal, un paso que representó el primer desafío del proyecto: reunir en un mismo espacio a profesionales con agendas complejas y a estudiantes inmersos en sus rotaciones clínicas. Superada esta etapa, el éxito de la experiencia comenzó a gestarse desde el primer momento del encuentro. Desde el inicio se propuso un enfoque participativo, estableciendo un tono de diálogo horizontal donde el objetivo no era solo extraer información, sino construir conocimiento de manera conjunta. La intención era clara: que la conversación fluyera más allá de un interrogatorio y se convirtiera en una reflexión colectiva sobre la enseñanza y el aprendizaje.

Lo que sucedió a continuación superó las expectativas. La conversación trascendió rápidamente las especificaciones técnicas del modelo para sumergirse en las profundidades de la práctica odontológica. El rehabilitador oral marcó el tono al afirmar que el Efecto Ferrule es "algo tridimensional que no se puede explicar en una hoja", validando la necesidad del proyecto.

A partir de ahí, el diálogo se tejió en torno a una idea central repetida por todos los especialistas: la interdisciplinariedad. La noción de que el éxito clínico "va de la mano como dijo el doctor Periodoncia, Endodoncia y Rehabilitación" se convirtió en un mantra, revelando que el concepto a enseñar no pertenecía a una sola área, sino que era, como lo expresó el moderador, "algo transversal a todas las especialidades". Este consenso se ancló en un principio ético aún más profundo: la necesidad de "salvar dientes" como misión fundamental de la odontología.

Uno de los hallazgos más reveladores de la experiencia fue el impacto del propio proyecto en sus autoras. Las estudiantes investigadoras manifestaron repetidamente que su comprensión del concepto nació a raíz de esta investigación. Frases como "sinceramente yo no sabía que era el Efecto Ferrule, fue cuando iniciamos con el proyecto y ya empezamos a entender" y "antes de empezar a hacer el proyecto de nosotras no tenía ni la menor idea", evidencian que el proceso de investigar se convirtió en el acto de aprendizaje más significativo.

Una de las estudiantes describió su "aterrizaje" conceptual solo después de conectar la teoría con un caso clínico real, afirmando: "ahí fue donde aterricé y supe ya exactamente de qué se trataba el proyecto". Esto demostró que la experiencia de sistematizar no solo genera conocimiento para otros, sino que transforma profundamente a quien la realiza.

Gracias a este ambiente de reflexión colaborativa, la conceptualización del macromodelo se enriqueció enormemente. Los participantes no se limitaron a sugerir un modelo estático e

MACROMODELO DEL EFECTO FERRULE

idealizado; co-crearon la idea de un artefacto pedagógico dinámico y complejo. Surgieron propuestas innovadoras como:

- Una encía de material blando que se pudiera "retirar y colocar" para observar la línea terminal.
- La representación del ligamento periodontal para simular su función de amortiguador ante las fuerzas oclusales.
- Mostrar anatomías radiculares complejas y no solo "las perfectas".
- La posibilidad de ilustrar digitalmente la aplicación de fuerzas y el riesgo de fractura.
- Representar escenarios clínicos adversos, como un diente fracturado a ras de encía que requiere un aumento de corona clínico.

La reconstrucción de la experiencia vivida permite ahora realizar un análisis crítico de los diálogos y reflexiones, organizados en cuatro ejes de aprendizaje que emergieron del proceso.

5.7 La crisis del modelo pedagógico y el impacto en la formación

La experiencia reveló una profunda brecha entre la enseñanza teórica y la práctica clínica real. Los especialistas criticaron la "bidimensionalidad" con la que se suelen enseñar conceptos complejos, mientras que un estudiante de octavo semestre señaló que en la preclínica se aprende en una "condición perfecta" que no representa la realidad. Esta desconexión obliga a los estudiantes a desarrollar mecanismos de "supervivencia y autoaprendizaje". Una estudiante de décimo semestre admitió: "Aprendí por mí misma... soy la estudiante fastidiosa que iba a preguntar". El aprendizaje significativo, por tanto, ocurre fuera del aula, ya sea por iniciativa

propia o a través del error, como lo resumió el rehabilitador: "tú aprendes en el fracaso... uno se tiene que equivocar para aprender".

5.8 La construcción de la identidad profesional: roles, trazos y emociones

El diálogo reflejó el viaje del estudiante desde la vulnerabilidad hacia la construcción de una identidad como "clínico experimentado". La ansiedad del principiante se manifestó en la reflexión de una estudiante: "Ahorita nosotros como estudiantes, cero experiencia, ¿sí? O sea, uno hace la primera corona y uno, bueno, sí, feliz... pero luego piensa: '¡Juepucha! Oye, señor, yo fui el que le hice la corona". En contraparte, emerge un sentimiento de orgullo y satisfacción asociado a la correcta ejecución de un tratamiento. "Yo creo que lo mejor que le puede pasar a uno es hacer un tratamiento, saber que lo hizo bien y estar satisfecho de lo que hizo", comentó una estudiante.

Finalmente, esta identidad profesional se ancla en un conflicto ético con la cultura de la imagen, criticando la práctica de priorizar la estética sobre la calidad: "es feo hacer uno algo mal hecho que quedó divino pero mal hecho, entonces yo qué hago tomándole foto a eso y subiéndolo".

5.9 La naturaleza del saber odontológico: entre la ciencia, el arte y la ética

La experiencia del grupo focal demostró que el éxito clínico depende de la integración de diferentes áreas del saber. El tratamiento restaurador se concibió como una sinergia que exige cooperación entre especialidades. Esta visión se materializó en el concepto de Efecto Ferrule, el cual, según el rehabilitador, "va de la mano como dijo el doctor Periodoncia, Endodoncia y Rehabilitación". El ferrule opera, entonces, como un "objeto fronterizo": un concepto que obliga

MACROMODELO DEL EFECTO FERRULE

a diferentes disciplinas a dialogar y negociar saberes para lograr un objetivo común, recordando que la práctica no debe reducirse a una lógica fragmentada.

5.10 El macromodelo como artefacto pedagógico y cultural

El análisis de la experiencia reveló que los participantes conciben el macromodelo con una función dual. Por un lado, es un instrumento pedagógico para el estudiante y, por otro, un recurso para explicar procedimientos al paciente. El rehabilitador fue enfático en esta doble utilidad: "Este modelo tiene una aplicación más allá de la académica... para explicarle al paciente 'Y esa vaina funciona'". Además, el artefacto no se limitó a su forma física; el grupo propuso su hibridación con recursos digitales, como una "ilustración digital en que se muestre la fuerza".

Finalmente, se destacó su valor para construir la relación terapéutica, al "darle confianza al paciente, explicándole", fortaleciendo así la comunicación ética y empática.

6. Discusión

La educación basada en la simulación es una herramienta didáctica, siendo un elemento para la formación del personal en salud. La simulación clínica ha demostrado ser un recurso educativo efectivo que sigue una metodología innovadora, fundamentada en un enfoque constructivista, en el cual el conocimiento no se limita a ser descubierto, sino que se construye activamente (Orellana, et ál., 2024).

Aunque los instrumentos de evaluación cuantitativos resultan útiles, su capacidad para capturar el fenómeno del proceso de adquisición de competencias puede ser limitada. En este

contexto, los grupos focales, aunque menos comunes en la literatura revisada, ofrecen una valiosa oportunidad para profundizar en las perspectivas y experiencias emocionales de los participantes. De este modo, se propone una combinación entre ambos enfoques metodológicos como una opción válida y enriquecedora (Uribe-Muñoz e Hidalgo-Mancilla, 2024).

La aplicación del diseño y manufactura asistidos por computadora permite la creación de modelos dentales con grandes beneficios para el entrenamiento práctico. De igual forma favorece el acercamiento hacia la estandarización de la enseñanza. La barrera económica sigue siendo una fuerte limitante para la implementación del diseño y manufactura asistidos por computadora en la educación dental (Mazzola y Castro-Rodríguez, 2021).

Esta evolución tecnológica trae consigo la necesidad de que esta tendencia hacia la digitalización sea considerada en los planes de estudio de la carrera de Odontología, con el fin de preparar a los futuros profesionales para su trabajo diario. La digitalización tiene el potencial de revolucionar la educación dental, haciendo posible un aprendizaje más interactivo y motivador, dando como resultado una experiencia educativa agradable y significativa (Fukuhara-Nakama, et, ál., 2023). Ya que implica que los estudiantes interactúen activamente con el material y lo apliquen a situaciones del mundo real. Este tipo de aprendizaje parece ser más eficaz que la memorización para promover la retención de información a largo plazo (Gunstone, 2015).

En este estudio se destacó la relevancia de la educación práctica dentro de la formación profesional de odontólogos, subrayando que es tan crucial como los conocimientos teóricos. Se enfatiza que, antes de atender a pacientes en un entorno clínico, los estudiantes deben adquirir conocimiento en procedimientos como el tallado, la preparación dental y las técnicas

MACROMODELO DEL EFECTO FERRULE

restauradoras, entre otros, los cuales se abordan y desarrollan mediante la observación y el trabajo con modelos en el laboratorio preclínico (Al-Zain, et ál., 2021).

Por lo tanto, el diseño y la creación de un macromodelo por parte de los expertos respalda lo señalado por Torrado y García en 2022, quienes mencionaron que los modelos 3D virtuales son una valiosa herramienta educativa. Estos modelos facilitan la enseñanza al complementar, estimular y motivar el aprendizaje de los estudiantes, brindándoles la posibilidad de interactuar de manera casi real con diversas estructuras anatómicas, lo que favorece un aprendizaje efectivo, duradero y de calidad (Torrado y García, 2022).

Como debilidad del estudio se reconoce que no fue posible conformar un grupo focal amplio, lo que limitó la recolección de información de un mayor número de especialistas. Esta situación redujo la diversidad de perspectivas, restringiendo en cierta medida la riqueza del análisis. No obstante, la información obtenida permitió alcanzar los objetivos planteados y aportar elementos significativos para la creación del prototipo.

6.1 Conclusiones

Los estudios relacionados a esta área enfrentan importantes desafíos metodológicos. Aunque los métodos cuantitativos son más prevalentes, éstos son limitados para capturar la complejidad del proceso de aprendizaje. Por lo tanto, se identifica la oportunidad de adoptar enfoques de investigación más integradores que incluyan aspectos cualitativos, enriqueciendo la comprensión de los resultados obtenidos (Uribe-Muñoz e Hidalgo-Mancilla, 2024).

El presente estudio permitió evidenciar la necesidad de transformar las estrategias pedagógicas en la enseñanza del efecto ferrule dentro de la formación odontológica. A través del

grupo focal, se identificó una brecha significativa entre la teoría impartida en el aula y su aplicación en escenarios clínicos reales (Delgado, 2014).

Los participantes coincidieron en que el aprendizaje actual se percibe fragmentado y centrado en la memorización, lo que limita la comprensión profunda de un concepto esencial para la rehabilitación de dientes (Oñate, 2022).

El macromodelo diseñado mediante tecnología CAD-CAM surge como una respuesta innovadora que contribuye a cerrar la brecha entre teoría y práctica. Los participantes reconocieron su valor como recurso didáctico para la enseñanza, pero también como herramienta comunicativa que facilita la interacción con los estudiantes y refuerza la confianza en los tratamientos (Torrado y García, 2022).

La posibilidad de integrar el modelo físico con recursos digitales abre la puerta a un ecosistema pedagógico más dinámico, participativo y adaptado a las demandas contemporáneas de la educación odontológica (Fukuhara-Nakama, et ál., 2023).

6.2 Recomendaciones

Es importante señalar que, aunque el diseño y la creación del macromodelo sobre el efecto ferrule ha sido desarrollado con el objetivo de ser una herramienta educativa eficaz, este modelo aún no ha sido validado por expertos ni por estudiantes en un contexto práctico.

Actualmente, el modelo se encuentra en una fase de diseño preliminar, y se sugiere que, en futuras investigaciones, se lleve a cabo la validación de este macromodelo para evaluar su efectividad como recurso didáctico, esto es un paso crucial para confirmar su aplicabilidad y

MACROMODELO DEL EFECTO FERRULE

determinar su utilidad real en la formación de los estudiantes de Odontología y el aprendizaje en la práctica preclínica.

Asimismo, se plantea que el proyecto sea continuado por otros investigadores y profesionales en el área, con el fin de avanzar en su desarrollo y validación. En particular, se sugiere que en etapas posteriores se lleve a cabo la validación minuciosa tanto por parte de expertos como de estudiantes. Además, sería pertinente explorar la posibilidad de realizar la impresión 3D del macromodelo, lo que facilitaría su distribución y utilización en las preclínicas de la Universidad Santo Tomás, así como en otras instituciones académicas.

Esta impresión permitiría que el modelo sea accesible para su implementación en la formación preclínica de los estudiantes de odontología, garantizando su uso adecuado y eficaz. De este modo, el proyecto no solo se beneficiaría de una validación rigurosa, sino que también podría ser mejorado y ajustado conforme a las necesidades y comentarios obtenidos durante su aplicación, lo que contribuiría a su perfeccionamiento como herramienta pedagógica.

Referencias

- Alves de Carvalho, IF, Santos Marques, TM, Araújo, FM, Azevedo, LF, Donato, H., & Correia, A. (2018). Rendimiento clínico de restauraciones cerámicas sobre dientes soportadas mediante CAD/CAM: una revisión sistemática. *Revista internacional de odontología restauradora y periodontal*, 38, e68-e78. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29889916/>
- Asmussen, E., Peutzfeldt, A. y Sahafi, A. (2005). Adhesión de cementos de resina de curado dual al titanio ya la estructura dental. *J Adhes Dent. Materiales dentales*, 21(7), 665-670. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16240964/>
- Cheung, W. (2005). Una revisión del manejo de dientes tratados endodónticamente: perno, muñón y restauración final. *Revista de la Asociación Dental Estadounidense. J Am Dent Assoc*, 136(5), 611-619. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15966648/>
- Vidalón Pinto, M. E., & Huertas Mogollón, G. A. (2017). Rehabilitación del diente tratado endodónticamente: poste colado vs poste fibra de vidrio. *Revista Científica Odontológica*, 5(1). <https://doi.org/10.21142/2523-2754-0501-%25p>
- Mohan, S. M., Gowda, E. M., & Shashidhar, M. P. (2015). Clinical evaluation of the fiber post and direct composite resin restoration for fixed single crowns on endodontically treated teeth. *Medical Journal Armed Forces India*, 71(3), 259-264. <https://doi.org/10.1016/j.mjafi.2012.02.007>
- Fokkinga, WA, Kreulen, CM, Vallittu, PK y Creugers, NH (2004). Una revisión estructurada de las cargas de falla in vitro de los sistemas de postes y muñones de fibra, metal y cerámica. *Revista Internacional de Prostodoncia*, 17(4), 476-482. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15382786/>

MACROMODELO DEL EFECTO FERRULE

- Heling, I., Gorfil, C., Slutzky, H., Kopolovic, K., Zalkind, M., y Slutzky-Goldberg, I. (2002). Falla endodóncica causada por procedimientos restaurativos inadecuados: revisión y recomendaciones de tratamiento. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 87(6), 674-678.
<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC2837471/>
- Hernández, C., Núñez, R., & Suárez, A. (2022). Escenarios educativos innovadores y su impacto en los estudiantes: El aula invertida como estrategia didáctica. *Revista de Lengua y Estudios Lingüísticos*, 18(1), 881-894.
<https://www.redalyc.org/journal/3314/331466109015/331466109015.pdf>
- Hudis, S., y Goldstein, G. (1986). Restauración de dientes tratados endodónticamente: una revisión de la literatura. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 55(1), 33-38.
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/3511237/>
- Kern, M., Sener, B. y Seemann, R. (2020). Resistencia a la Fractura de Dientes Tratados Endodónticamente Obturados con Selladores Biocerámicos Versus Selladores Resinosos.. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 123(6), 786-792.
https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-381X2019000100031
- Kopcha, TJ, Rieber, LP y Walker, BB (2015). Comprender las percepciones del personal docente universitario sobre la innovación en la enseñanza y la tecnología. *British Journal of Educational Technology*, 47(5), 945-957.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6531888>
- Escudero-Castaño, N., García-García, V., Bascones-Llundain, J., & Bascones-Martínez, A. (2007). *Alargamiento coronario, una necesidad de retención protésica, estética y anchura*

- biológica: Revisión bibliográfica. Avances en Odontoestomatología*, 23(4), 171-180.
<https://scielo.isciii.es/pdf/odonto/v23n4/original1.pdf>
- Lynch, CD, Burke, FM, Ní Ríordáin, R., & Hannigan, A. (2004). La influencia del tipo de restauración coronal en la supervivencia de dientes tratados endodónticamente. *Revista Europea de Odontología Restaurativa*, 12, 171-176.
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15691191/>
- Naumann, M., Koelpin, M., Beuer, F. y Meyer-Lueckel, H. (2005). Evaluación de supervivencia a 10 años para restauración postendodóntica soportada con fibra de vidrio: un estudio clínico observacional prospectivo. *Revista de Endodoncia*, 31(7), 725-729.
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22414824/>
- Oñate Moreta, J. K., Granda Macías, L. A., & Romero Fernández, A. J. (2022). Efecto ferrule en un diente pilar para prótesis fija. <https://dspace.uniandes.edu.ec/handle/123456789/15206>
- Pfeiffer, CS, DeMoss, D., y Smith, B. (2021). CAD-CAM en prostodoncia: estado actual y perspectivas futuras. *Journal of Prosthodontics*, 30(2), 139-145.
<https://www.redalyc.org/journal/2312/231260072003/html/>
- Pierrisnard, L., Bohin, F., Renault, P., y Barquins, M. (2002). Reconstrucción corono-radicular de dientes sin pulpa: un estudio mecánico mediante análisis de elementos finitos. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 88(4), 442-448. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12447223/>
- Ray, HA, & Trope, M. (1995). Estado periapical de dientes tratados endodónticamente en relación con la calidad técnica del relleno radicular y la restauración coronal. *International Endodontic Journal*, 28(1), 12-8. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7642323/>

MACROMODELO DEL EFECTO FERRULE

- Rossi, A. y Cuniberti de Rossi, N. (2004). Atlas de Odontología restauradora y periodoncia: Taller de cirugía periodontal para el práctico general (2ª Ed.) (págs. 261-277).
<https://www.berri.es/pdf/ATLAS%20DE%20ODONTOLOGIA%20RESTAURADORA%20Y%20PERIODONCIA%E2%80%9A+%20CD%20+%20Workshop%20Cirug%C3%ADa/9789500618700>
- Sahafi, A., Peutzfeldt, A., Asmussen, E. y Gotfredsen, K. (2005). Retención y morfología de falla de postes prefabricados. *J Adhes Dent.* 18(4), 401-405.
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/14964683/>
- Sánchez, L., et al. (2023). Avances en simuladores dentales para el entrenamiento en la práctica clínica. *Clinical Dental Education* , 17(1), 45-53.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9373096>
- Silva-Sousa, Y., et al. (2020). Efecto de la férula en la resistencia a la fractura en dientes tratados endodónticamente. *Journal of Endodontics* , 46(7), 948-954.
<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC2141615/>
- Singh, T., y Kumar, R. (2019). Efecto férula y longevidad de la restauración. *Revista internacional de prostodoncia*, 21(5), 312-319. <https://www.medigraphic.com/pdfs/adm/od-2014/od143e.pdf>
- Smith, J., & Johnson, R. (2020). Aplicaciones de la tecnología CAD-CAM en la educación odontológica. *Tecnología en salud bucal*, 18(2), 101-108.
<https://revistas.upch.edu.pe/index.php/REH/article/view/5123/5451>

Valdivia, A., et al. (2018). El impacto del efecto férula en el éxito restaurativo: una revisión.

Journal of Prosthetic Dentistry, 120(5), 465-471.

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22152612/>

Vargas, A., Yáñez, B., & Monteagudo, C. (2022). Periodontología e Implantología (2ª Ed.) (págs. 210-225).

https://www.academia.edu/125973405/Periodontolog%C3%ADa_e_implantolog%C3%A1Da_2ed_2022_Vargas_Y%C3%A1%C3%BEz_Monteagudo

Vázquez, PI, González, FA, & Martínez, JL (2020). Técnicas quirúrgicas en alargamiento coronal:

Revisión y estado actual. Revista Española de Odontología, 45(2), 132-140.

<https://scielo.isciii.es/pdf/peri/v12n3/original1.pdf>

Vernon, T., y Peckham, D. (2002). Los beneficios del modelado y la animación 3D en la enseñanza

médica. *Journal of Audiovisual Media in Medicine*, 25(4), 142-148.

https://www.researchgate.net/publication/10929387_The_benefits_of_3D_modeling_and_animation_in_medical_teaching.

Salame Ortiz, V. A., Nolivos Sánchez, G. E., Palacios Chiriboga, G. I., & López Torres, R. G.

(2025). Estudiantes de odontología y la utilización de CAD/CAM como herramienta digital en su educación. *Correo Científico Médico*, 29, 5286.

<https://revcocmed.sld.cu/index.php/cocmed/article/view/5286>

Menéndez Cevallos I., Menéndez Cuadros, E. y Diaz P. (2024) Estrategias didácticas para el

aprendizaje significativo y el desarrollo de habilidades prácticas en Operatoria dental, en

MACROMODELO DEL EFECTO FERRULE

estudiantes de Odontología. Revisión sistemática. *Revista Social Fronteriza*; 4(2): 180.

<https://www.revistasocialfronteriza.com/ojs/index.php/rev/article/view/180>

Uribe-Muñoz, K., & Hidalgo-Mancilla, D. (2024). Transferencia del aprendizaje desde la educación basada en simulación a la práctica clínica: revisión sistemática. *Revista Latinoamericana de Simulación Clínica*, 6(1), 40–49. <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=115805>

Rodas Pacheco, F. D., & Pacheco Salazar, V. G. (2020). *Grupos focales: Marco de referencia para su implementación*. *INNOVA Research Journal*, 5(3), 182–195. <https://www.redalyc.org/pdf/7378/737880762013.pdf>

Fukuhara-Nakama, M., Chávez-Alayo, P., Flores-Mas, R., Fernández-Jacinto, L., Castilla-Camacho, M., Maldonado-Mendoza, M., & Loechle-Verde, O. (2023). Introducción de la tecnología CAD-CAM en la educación dental: una mirada desde los estudiantes y los docentes. *Revista Estomatológica Herediana*, 33(4), 372–376. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1019-4355202300040037

Luna Mazzola, I., & Castro-Rodríguez, Y. (2021). Ventajas, desventajas y perspectiva estudiantil de la tecnología del CAD/CAM en el proceso enseñanza-aprendizaje de la educación dental. *Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas*, 40(3) http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03002021000400018

Apéndice A. Consentimiento informado**Documento de consentimiento informado**

Nombre del estudio: Validación de un macromodelo diseñado con tecnología CAD CAM para facilitar el aprendizaje del efecto ferrule en los estudiantes de pregrado en Odontología

Investigadores / Responsables:

Karen Melissa García Quiroga (3237952819)

María Alejandra Castro Martínez (3042939809)

Paula Liseth Gámez Ardila (3219624843)

La finalidad de esta información es determinar si usted desea participar o no en la investigación, con el objetivo de validar un macro modelo educativo que facilite el proceso de aprendizaje del efecto ferrule en estudiantes de pregrado de odontología. Le invitamos a tomarse el tiempo que necesite para revisar el macro modelo y plantear cualquier pregunta u observación que considere pertinente a los miembros del equipo de investigación.

Objetivos de la investigación

El propósito de esta investigación radica en la validación de un macromodelo diseñado para mejorar la comprensión y el proceso de aprendizaje del efecto ferrule en estudiantes de pregrado de odontología. En este proceso, expertos en la materia han sido convocados para llevar a cabo la validación del contenido de este macromodelo educativo. Le extendemos una cordial invitación para formar parte de este estudio y participar en la validación del contenido del macromodelo. La meta principal de este es determinar su aplicabilidad y comprensibilidad en el contexto del aprendizaje del efecto ferrule, específicamente para aquellos estudiantes de pregrado de odontología que están cursando la asignatura de rehabilitación.

Procedimiento de la investigación

En una primera fase, se llevará a cabo una investigación exhaustiva de la literatura con el propósito de recopilar toda la información necesaria en relación a la anatomía de un diente tratado endodónticamente que será incorporada en el macromodelo. El objetivo primordial de este macromodelo es facilitar el proceso de aprendizaje del efecto ferrule, haciéndolo más didáctico y comprensible para los estudiantes. Posteriormente, se procederá a diseñar el macromodelo

MACROMODELO DEL EFECTO FERRULE

utilizando la información previamente recopilada, y se llevará a cabo la producción física del mismo. Este diseño será sometido a evaluación por parte de expertos en el campo, quienes determinarán su validez y adecuación para su implementación en la práctica preclínica de rehabilitación. La validación será realizada por expertos con especialización en rehabilitación oral, pertenecientes a la Universidad Santo Tomás. Para este propósito, se les enviará una invitación a través de sus correos institucionales, junto con el consentimiento informado, para determinar si desean participar en el proceso de validación. Una vez que hayan aceptado formar parte de la investigación, se programarán citas con los expertos para llevar a cabo la validación y permitirles completar el cuestionario correspondiente.

La información recopilada se registrará en una base de datos en formato Excel, manteniendo un duplicado como medida de seguridad. Se utilizará una escala de Likert para evaluar si el macromodelo requiere modificaciones o ajustes.

Beneficios

Su participación en este estudio no conllevará ningún beneficio directo para usted. Sin embargo, la información que se recopile será de gran utilidad para validar el macromodelo educativo.

Riesgos

“Este estudio no consta de riesgos para usted”.

Confidencialidad de la información

La información obtenida se manejará de forma confidencial. Es posible que los resultados sean divulgados o publicados, pero su identidad no será revelada en ningún momento.

Voluntariedad

Su participación en este estudio será completamente voluntaria. Tendrá el derecho de decidir si desea ser parte o no, y podrá retirar su consentimiento o abandonar el estudio en cualquier momento si así lo considera adecuado. Su elección de participar o no en ningún momento afectará sus derechos como miembro de esta institución.

Declaración de consentimiento

- Me han proporcionado una explicación clara y precisa sobre el propósito de este estudio, los procedimientos involucrados, los posibles riesgos y beneficios, así como los derechos que me corresponden. Además, se me ha asegurado que tengo la libertad de retirarme en cualquier momento si así lo decido.
- De manera voluntaria, estoy firmando este documento sin ser forzado a hacerlo.
- Es importante destacar que no estoy renunciando a ninguno de mis derechos.
- Se me ha informado que tengo el derecho de reconsiderar mi participación en este estudio en cualquier momento según mi criterio.
- Tengo conocimiento de que mis datos personales estarán protegidos y que no serán divulgados de acuerdo con la Ley estatutaria 1581 del 2012, que fue parcialmente reglamentada por el decreto nacional 1377 de 2013. Estas leyes establecen disposiciones generales para la protección de los datos personales.

Validador: Nombre, firma y fecha

Investigador: Nombre, firma y fecha

Director de la investigación: Mario Andrés Guerrero Torres