



Universidad de Concepción

**FACULTAD DE MEDICINA
DEPARTAMENTO DE EDUCACIÓN MÉDICA**

**Repercusión de la simulación háptica como herramienta pedagógica
en residentes de Implantología BMF, UdeC.**

Por

Luis Felipe Uribe Seguel

**Tesina presentada al Departamento de Educación Médica de la Facultad de Medicina de la
Universidad de Concepción para optar al grado académico de
Magíster en Educación para las Ciencias de la Salud**

Profesor guía

NANCY BASTÍAS VEGA

Profesor co-guía

SOLEDAD ARMIJO RIVERA

**Julio 2026
Concepción · Chile**

© 2026 LUIS FELIPE URIBE SEGUEL

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

**REPERCUSIÓN DE LA SIMULACIÓN HÁPTICA COMO HERRAMIENTA PEDAGÓGICA
EN RESIDENTES DE IMPLANTOLOGIA BMF, UDEC**

**"IMPACT OF HAPTIC SIMULATION AS A PEDAGOGICAL TOOL ON ORAL AND
MAXILLOFACIAL IMPLANTOLOGY RESIDENTS, UDEC"**

Por

LUIS FELIPE URIBE SEGUEL

Profesor guía

NANCY BASTÍAS VEGA

Profesor Co-guía

SOLEDAD ARMIJO RIVERA

*Dedicado a mis padres por su infaltable apoyo.
Su esfuerzo y sacrificio han sido un ejemplo para mi vida.*

AGRADECIMIENTOS

A mis padres Ximena y Luis, por la educación que me permitieron recibir.

A mis hermanos Juan Pablo y Benjamín por su apoyo.

A Carolina por su amor incondicional

A las grandes amistades que pude formar en Jaime, Sebastián y Luis.

*A mis amigos por sus constantes muestras de afecto y apoyo durante el transcurso de mis estudios, no
tendría espacio para nombrarlos a todo.*

A la doctora Soledad Armijo por su guía en este proceso.

*A todos los docentes que tuve la oportunidad de conocer durante el magister, de todos me puedo llevar
algo positivo para aplicar en el ejercicio docente.*

RESUMEN / ABSTRACT

Introducción: La formación en Implantología Buco Maxilofacial exige el desarrollo de competencias quirúrgicas de alta precisión. Históricamente, el entrenamiento en modelos inanimados de baja fidelidad o directamente sobre pacientes reales ha generado un profundo dilema ético, vulnerando el principio bioético de no maleficencia debido a los riesgos propios de la curva de aprendizaje inicial. Ante esto, la incorporación de la simulación háptica con retroalimentación de fuerza, complementada con un análisis reflexivo (*debriefing*), surge como una solución tecnológica y pedagógica fundamental para garantizar un entrenamiento seguro, progresivo y libre de riesgos biológicos.

Objetivo general: Implementar un programa de entrenamiento utilizando el simulador háptico *SIMtoCARE Dente* para residentes de la especialidad de Implantología Buco Maxilofacial de la Universidad de Concepción, orientado al desarrollo de competencias de precisión quirúrgica y planificación en la instalación de implantes dentales.

Metodología: Se empleará un modelo de investigación de métodos mixtos (diseño secuencial explicativo) sobre la cohorte de ingreso (N=6). La fase cuantitativa utilizará un diseño pre-experimental (pre-test y post-test) para medir el cambio en la precisión técnica (desviación angular y profundidad), el tiempo operatorio, y las competencias de planificación mediante métricas automatizadas y rúbricas. Además, se aplicarán las escalas SET-M y NPS para evaluar la efectividad percibida y la satisfacción. La fase cualitativa integrará un *focus group* post-intervención destinado a triangular los datos, explorando la fidelidad experimentada en el uso

del simulador, el impacto del entorno formativo y el *debriefing* en el desempeño y desarrollo del residente.

Proyecciones y conclusiones: La intervención busca acortar significativamente la brecha entre el conocimiento teórico y la práctica quirúrgica real, proyectando una mejora objetiva en la precisión y eficiencia operatoria de los residentes. Se concluye que la transición hacia entornos inmersivos de simulación háptica trasciende la mera innovación tecnológica, constituyendo un imperativo ético que resguarda la seguridad del paciente y establece nuevos estándares de excelencia al certificar las competencias del especialista previo a su exposición clínica definitiva.

Palabras claves / Keywords: Simulación háptica, Educación médica, Implantología, Debriefing.

TABLA DE CONTENIDO

CONTENIDOS

ÍNDICE

TÍTULO (ESPAÑOL E INGLÉS)

RESUMEN/ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO I. PROBLEMATIZACIÓN EDUCATIVA

1.1. Delimitación del problema educativo

1.2. Antecedentes teóricos, empíricos y/o metodológicos

1.3. Descripción del vacío práctico

CAPÍTULO II. PROPUESTA DE INTERVENCIÓN EDUCATIVA

2.1. Diagnóstico educativo

2.2. Diseño de la intervención educativa

2.2.1. Objetivos de la intervención educativa

2.2.2. Variables y/o dimensiones de la intervención educativa

2.2.3. Descripción de actividades para la intervención educativa

2.2.4. Recursos requeridos

2.2.5. Planificación operativa de la intervención educativa

2.3. Plan de evaluación de la intervención educativa

2.3.1. Objetivos de la evaluación de la intervención educativa

2.3.2. Modelo de evaluación de la intervención educativa

2.3.3. Criterios e indicadores de evaluación de la intervención educativa

2.3.4. Participantes de la evaluación de la intervención educativa

2.3.5. Método de verificación e instrumentos de recolección de datos

2.3.6. Procedimiento

2.3.7. Plan de análisis para la interpretación de resultados de la intervención educativa

(cuantitativos, cualitativos, mixtos)

2.3.8. Consideraciones éticas

CAPÍTULO III. CONCLUSIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

INTRODUCCIÓN:

La rehabilitación oral es la rama de la odontología que se especializa en la restauración estética y funcional de dientes ausentes, alterados o debilitados, mediante el uso de prótesis fijas, removibles o implantosoportadas (Addy, 2024; Mohammad-Rahimi et al., 2022). Esta disciplina también abarca el diagnóstico, planificación y rehabilitación de estructuras orales y maxilofaciales complejas, con el propósito de restituir no solo la función masticatoria y fonatoria, sino también la estética facial y la calidad de vida del paciente. En este contexto, la implantología buco maxilofacial (BMF) se ha consolidado como una herramienta fundamental dentro del ejercicio odontológico contemporáneo, al permitir rehabilitaciones altamente estables, duraderas y biológicamente integradas mediante la instalación quirúrgica de implantes dentales (Addy, 2024). La recuperación funcional y estética que ofrece esta especialidad incide directamente en dimensiones psicosociales del bienestar, como el fortalecimiento de la autoestima, la imagen corporal, la seguridad en las relaciones interpersonales y, en general, la percepción de felicidad y salud integral.

Sin embargo, el desarrollo de competencias clínicas en implantología implica altos estándares de diagnóstico, técnicos y quirúrgicos, que exigen un proceso formativo cuidadosamente estructurado. Tradicionalmente, la adquisición de estas destrezas ha dependido de la práctica en modelos inanimados de baja fidelidad o de la tutela directa sobre el paciente real. Este paradigma histórico introduce una tensión compleja respecto al desempeño clínico y procedimental del estudiante en formación, puesto que la curva de aprendizaje inicial conlleva un margen de error natural que resulta éticamente inadmisibles transferir a los primeros pacientes que son operados por el especialista en formación. A diferencia de los modelos de entrenamiento en cirugía

abierta o laparoscópica, concebidos para estructuras de trabajo interprofesionales donde los procedimientos son ejecutados por equipos clínicos coordinados, la práctica quirúrgica en implantología oral presenta una dinámica operativa particular. En este escenario, la resolución de complicaciones intraoperatorias y la toma de decisiones críticas recaen de manera casi exclusiva sobre un único operador principal: el implantólogo. El personal de asistencia suele exhibir una formación heterogénea — pudiendo tratarse de técnicos en odontología, cirujanos dentistas generales o especialistas de otras áreas—, lo que limita la distribución de la carga cognitiva compleja durante el acto quirúrgico. Esta configuración individualiza la responsabilidad clínica, haciendo imperativo que el residente desarrolle procesos avanzados de metacognición para monitorear y autorregular su propio desempeño en tiempo real; un ejercicio reflexivo de alta complejidad que encuentra su principal andamiaje en el debriefing centrado en el juicio clínico. Surge así el imperativo bioético de garantizar un tránsito seguro y progresivo desde la teoría hasta la práctica quirúrgica real, tanto en la dimensión técnica como no técnica, resguardando el principio de no maleficencia mediante metodologías que validen la competencia del residente antes de la exposición clínica.

Bajo esta premisa, la simulación clínica ha emergido como el eje de transformación pedagógica en las ciencias de la salud, ofreciendo entornos controlados donde es posible la práctica deliberada, repetitiva y libre de consecuencias punitivas para el paciente (Perry et al., 2017). El desarrollo vertiginoso de la tecnología ha propiciado la aparición de herramientas avanzadas que permiten replicar situaciones quirúrgicas con alta fidelidad, abarcando de forma precisa la multiplicidad de variables a las que se enfrenta un cirujano en su práctica diaria (Joseph et al., 2014). Dentro de estas

innovaciones, la simulación háptica tridimensional destaca de manera particular al incorporar interfaces computacionales con retroalimentación de fuerza. Esta tecnología no solo reproduce la resistencia táctil y la textura de las diferentes densidades óseas, sino que además registra logs automatizados y objetivos del desempeño, tales como la desviación angular milimétrica, la profundidad del fresado y la eficiencia en el tiempo operatorio (Ayoub & Pulijala, 2019; Bandiaky et al., 2024; Patil et al., 2023).

No obstante, la sola interacción con la tecnología de alta fidelidad es insuficiente para garantizar la consolidación del juicio clínico si no se acompaña de un andamiaje pedagógico adecuado. Es en este punto donde el debriefing adquiere un rol protagónico como estrategia cualitativa post-sesión. Esta conversación dirigida y reflexiva permite al facilitador guiar al residente en el análisis de su propio desempeño, transformando el dato técnico y cuantitativo del simulador en un aprendizaje metacognitivo consciente, capaz de alinear la autoconfianza percibida con la competencia real lograda (Duff et al., 2024).

Una vez realizada la intervención, para evaluar de manera integral el impacto de estas metodologías de vanguardia en el postgrado, la investigación educativa contemporánea recurre a escalas de valoración del uso de equipos y sistemas de simulación.

Instrumentos validados internacionalmente, como la Simulation Effectiveness Tool-Modified (SET-M) y el Net Promoter Score (NPS), permiten triangular la efectividad percibida de la experiencia formativa y el nivel de recomendación global del ecosistema tecnológico por parte de los usuarios (Rodrigo et al., 2026). En este escenario, el presente trabajo se propone analizar el impacto de una propuesta de intervención basada en simulación háptica y debriefing, orientada a optimizar el rendimiento procedimental y la autoeficacia de los futuros especialistas, contribuyendo a establecer

nuevos estándares de excelencia y seguridad en la educación médica y odontológica.

CAPÍTULO I. PROBLEMATIZACIÓN EDUCATIVA

1.1. Delimitación del problema educativo identificado

La formación avanzada que debe recibir un especialista en Implantología BMF implica la adquisición progresiva y simultánea de múltiples competencias complejas, tales como el manejo relacional con los usuarios, la planificación diagnóstica avanzada y la ejecución de tratamientos odontológicos integrales. Este es un proceso extenso y demandante que requiere una atención constante para construir una base sólida de conocimientos, facilitar la comprensión clínica de diversas situaciones, formular diagnósticos adecuados, tomar decisiones informadas y, al mismo tiempo, fortalecer las competencias manuales y técnicas específicas que son clave para el correcto ejercicio de la especialidad (Joseph et al., 2014).

Esta dualidad entre el componente clínico y el conocimiento teórico se complejiza de forma significativa en el postgrado. El estudiante que ingresa a la especialidad generalmente es un cirujano dentista con experiencia previa en la atención de pacientes y en la ejecución de procedimientos odontológicos convencionales; sin embargo, la instalación quirúrgica de implantes representa un salto cualitativo en términos de invasividad y exigencia psicomotora.

Bajo este escenario, la percepción de autoconfianza clínica cumple un rol determinante. Esta autoconfianza, entendida como la seguridad en las propias capacidades para ejecutar procedimientos quirúrgicos de manera eficiente y segura, influye directamente en el rendimiento del profesional en formación. No obstante, al enfrentarse a una

disciplina quirúrgica de alta precisión donde carece de experiencia previa, esta percepción puede verse fuertemente afectada por la naturaleza y la calidad de la formación recibida durante la residencia en la especialidad (Ayoub & Pulijala, 2019; Pellegrino et al., 2019).

Es precisamente en esta etapa formativa donde surge un conflicto crítico. El desarrollo de estas competencias quirúrgicas complejas conlleva inherentemente una curva de aprendizaje inicial acompañada de un margen de error natural. Históricamente, ante las limitaciones de los modelos inanimados para replicar fielmente las condiciones anatómicas, una parte significativa de este entrenamiento técnico se ha realizado mediante la tutela directa sobre pacientes reales. Sin embargo, este paradigma formativo introduce una profunda problematización ética, ya que resulta inadmisibles transferir los riesgos propios de la inexperiencia académica a un ser humano. Permitir que los futuros especialistas adquieran sus primeras destrezas psicomotoras y de toma de decisiones directamente en la práctica clínica vulnera de manera crítica el principio bioético fundamental de no maleficencia, exponiendo al paciente a un riesgo injustificado de iatrogenia o fracaso del tratamiento que podría perjudicar gravemente su salud. Factores éticos y logísticos relacionados con la seguridad del paciente obligan a replantear estas oportunidades de aprendizaje. Por consiguiente, surge el imperativo bioético de no instrumentalizar al paciente durante esta fase, haciendo indispensable el uso de entornos de simulación seguros que resguarden la integridad de los usuarios y certifiquen la competencia del profesional antes de su exposición a un escenario clínico real.

1.2. Antecedentes relevantes

Históricamente, la educación en implantología BMF ha intentado reproducir entornos clínicos lo más realistas posible para facilitar la transición del estudiante al tratamiento de pacientes reales. En estas etapas iniciales de formación, la competencia clínica se concibe como una integración de conocimientos teóricos, destrezas manuales y actitudes adaptativas. Dado que la implantología, al igual que otras disciplinas médico-quirúrgicas, exige estándares sumamente elevados de seguridad para el paciente (Joseph et al., 2014; Vincent et al., 2022), se hace indispensable implementar estrategias pedagógicas que garanticen un aprendizaje progresivo, seguro y éticamente responsable, minimizando el impacto de la curva de aprendizaje inicial.

Entre las estrategias didácticas tradicionales más utilizadas se encuentra el uso de modelos simulados de baja fidelidad que replican arcadas edéntulas completas o parciales, sobre los cuales el residente realiza la planificación y ejecución de procedimientos implantológicos preclínicos. Si bien estos modelos inanimados son ampliamente valorados debido a su versatilidad, bajo costo y simplicidad de manejo, presentan limitaciones críticas desde una perspectiva pedagógica contemporánea.

La principal deficiencia radica en que los materiales sintéticos convencionales no reproducen con fidelidad la densidad ósea variable, la resistencia al fresado ni la respuesta táctil del hueso alveolar y de los tejidos blandos humanos. Asimismo, carecen de la capacidad para simular las condiciones clínicas intrínsecas de un escenario quirúrgico real, tales como las hemorragias, la presencia de saliva, los reflejos neuromusculares del paciente, las limitaciones de apertura bucal o una colaboración reducida por ansiedad.

Estas deficiencias estructurales generan una brecha significativa entre el entrenamiento preclínico y la práctica quirúrgica real. Este escenario refuerza la necesidad de

incorporar tecnologías educativas avanzadas que actúen como un andamiaje previo, permitiendo al estudiante alcanzar de manera segura, sistemática y progresiva la curva de aprendizaje requerida para ejecutar procedimientos implantológicos complejos antes de intervenir en un ser humano.

En consonancia con esta necesidad, la educación odontológica a nivel global está experimentando una profunda migración hacia el uso de herramientas electrónicas e interfaces digitales avanzadas (Bandiaky et al., 2024). La integración de tecnologías como la realidad virtual y los simuladores hápticos responde de manera directa a la evolución del panorama educativo actual, el cual enfatiza cada vez más una pedagogía basada en la evidencia y fuertemente impulsada por la tecnología (Patil et al., 2023). En consecuencia, los diseños curriculares modernos han tenido que modificarse para trascender el modelo tradicional de enseñanza expositiva, adoptando enfoques mucho más dinámicos y centrados en el estudiante (Koolivand et al., 2024). Esta transformación tecnológica permite que los alumnos interactúen de forma inmersiva con escenarios clínicos estandarizados y reciban retroalimentación objetiva en tiempo real, superando las barreras del entorno de laboratorio convencional y suavizando de forma sustancial la transición hacia la atención clínica de pacientes reales (Farag & Hashem, 2021).

Mantenerse a la vanguardia en los métodos e instrumentos de enseñanza resulta fundamental no solo para responder a desafíos logísticos institucionales, como el aumento en la proporción de estudiantes por docente (Bandiaky et al., 2024), sino también para adaptarse a las nuevas generaciones de profesionales en formación, quienes están habituados a aprender a través de experiencias altamente interactivas e impulsadas por la tecnología (Usta et al., 2026). La incorporación de estos elementos de

vanguardia tiene un impacto directo y comprobado en el desarrollo académico y profesional del especialista: al posibilitar una práctica repetitiva e ilimitada en un entorno de cero riesgos para el paciente, se reduce significativamente la ansiedad frente a procedimientos invasivos y se consolida la autoconfianza clínica. Aún más, los datos objetivos y automatizados que arrojan estos sistemas avanzados permiten a los programas académicos estratificar a los residentes, predecir su rendimiento clínico futuro y personalizar el proceso de aprendizaje de acuerdo con la diversidad de habilidades individuales, garantizando así un estándar de excelencia en su desempeño profesional definitivo (Moussa et al., 2022; Patil et al., 2023).

Para organizar y estructurar de manera efectiva esta transición curricular hacia la simulación avanzada, la literatura especializada ha propuesto marcos organizativos como el modelo de Zonas de Simulación (*SimZones*) desarrollado por Roussin y Weinstock. Este sistema clasifica las metodologías de aprendizaje simulado en cuatro niveles progresivos (Zonas 0 a 3) dependiendo del objetivo formativo, la complejidad del entorno, el tipo de retroalimentación y la participación individual o en equipo. Bajo este marco metodológico, la intervención propuesta en este trabajo se inscribe en la Zona 1. Mientras que la Zona 0 se limita a la práctica solitaria y automatizada sin tutoría, la Zona 1 abarca la instrucción clínica de habilidades procedimentales fundamentales guiadas por un experto. Al incorporar no solo las métricas objetivas del simulador háptico, sino que culminar con un espacio de *debriefing* reflexivo dirigido por un tutor clínico, esta intervención supera el aprendizaje aislado de la máquina. Asegurar la maestría técnica en esta Zona 1 garantiza que el residente adquiera la competencia psicomotora requerida mediante una retroalimentación estructurada, construyendo una base formativa sólida antes de avanzar hacia simulaciones de escenarios clínicos de mayor

complejidad o integrarse a la atención directa de pacientes reales (Roussin & Weinstock, 2017).

1.3. Descripción del vacío práctico identificado en la problematización.

En respuesta a las limitaciones de los métodos formativos tradicionales, se ha incorporado progresivamente en el ámbito de la educación odontológica una alternativa complementaria basada en tecnologías hápticas con retroalimentación de fuerza. Estas innovaciones permiten modelar situaciones clínicas complejas en entornos virtuales o de realidad aumentada, evidenciando que los avances en la simulación clínica dental constituyen una estrategia pedagógica fundamental para los programas de vanguardia.

Cuando las instituciones logran integrar herramientas formativas innovadoras, centradas en la simulación de alta fidelidad, contribuyen sustancialmente a la formación de especialistas más competentes, con un desempeño técnico confiable y con una inserción laboral fortalecida por un entrenamiento clínico riguroso (Wu et al., 2024).

Esta tecnología permite al implantólogo en formación desarrollar habilidades quirúrgicas críticas a través de la práctica repetitiva, la retroalimentación inmediata y el análisis reflexivo de sus intervenciones, todo ello sin comprometer la seguridad de los pacientes y permitiendo ejercer el derecho al ensayo y error en un entorno virtual protegido (Al-Saud, 2021; Engelschalk et al., 2025). Estas características no solo optimizan la precisión técnica del procedimiento, sino que también reducen de forma drástica el riesgo de daño iatrogénico y proporcionan una alternativa sostenible frente a las restricciones de los métodos convencionales.

Diversos estudios, como los de Mai o Leng et al., han demostrado que la simulación clínica de alta fidelidad promueve el razonamiento clínico, fortalece el aprendizaje basado en competencias y facilita una progresión técnica segura y sistemática, aspectos

esenciales en disciplinas de alta precisión como la implantología BMF (Leng et al., 2024; Mai et al., 2023). En este contexto, los simuladores hápticos de realidad virtual emergen como una de las herramientas más prometedoras en la formación quirúrgica contemporánea.

Estos dispositivos utilizan interfaces computacionales que generan experiencias sensoriales multicanal —visuales, auditivas y táctiles— mediante tecnologías de retroalimentación de fuerza, permitiendo al usuario percibir resistencia, texturas corticales y medulares, y variaciones de movimiento con un realismo que trasciende el entrenamiento tradicional (Bandiaky et al., 2024; Pottle, 2019).

Al interactuar con un instrumento simulado que emula con precisión la pieza de mano quirúrgica y observar el campo operatorio en una pantalla tridimensional inmersiva, el operador puede ejecutar repetidamente procedimientos de osteotomía e instalación de implantes en escenarios virtuales calibrados. Estas plataformas permiten, además, la recolección automatizada de métricas de desempeño en tiempo real —como la desviación angular y la profundidad apical—, lo que, complementado con la supervisión docente y un posterior debriefing, promueve una mejora continua, el desarrollo del juicio clínico y la consolidación de habilidades motrices avanzadas (Ayoub & Pulijala, 2019; Lin et al., 2024).

La literatura científica internacional ha evidenciado que el uso de simuladores hápticos en implantología contribuye significativamente a mejorar el rendimiento académico, la precisión en la preparación del lecho óseo y la percepción de competencia quirúrgica de los estudiantes (Engelschalk et al., 2025; Moussa et al., 2022). Por tanto, su incorporación representa una estrategia clave para acortar la brecha existente entre la formación teórica y la ejecución clínica directa.

De la misma manera, en el estudio realizado por Lee y colaboradores, se argumenta que el uso de simuladores hápticos en estudiantes de odontología impacta positivamente en la percepción de autoeficacia del estudiante (Lee-Muñoz et al., 2023). Esto evidencia que investigaciones de este estilo ya se están desarrollando a nivel nacional en Chile, demostrando que la simulación háptica es una realidad accesible en nuestro medio, capaz de proveer una serie de beneficios formativos y de seguridad clínica cuyas repercusiones curriculares abren un campo de estudio prioritario para la excelencia en la educación médica actual.

CAPÍTULO II. PROPUESTA DE INTERVENCIÓN EDUCATIVA

La formación de especialistas en Implantología Bucal Maxilofacial enfrenta el desafío ético y pedagógico de garantizar la seguridad del paciente mientras el residente adquiere destrezas quirúrgicas de alta precisión. La presente propuesta fundamenta una intervención basada en la simulación háptica de alta fidelidad para abordar las limitaciones de los métodos tradicionales, permitiendo un entrenamiento repetible, objetivo y libre de riesgos biológicos.

2.1. Diagnóstico educativo

El contexto formativo de esta intervención se sitúa en el programa de especialización en Implantología Bucal Maxilofacial de la Facultad de Odontología de la Universidad de Concepción (UdeC). A nivel institucional, el modelo educativo se fundamenta en un enfoque basado en el desarrollo progresivo de competencias, situando al profesional en formación en el centro de un proceso de aprendizaje activo, reflexivo y éticamente responsable. En absoluta coherencia con estas directrices, el Perfil de Egreso de la especialidad declara de forma explícita que el graduado debe ser capaz de planificar y

ejecutar tratamientos quirúrgicos de alta complejidad con la máxima precisión técnica, utilizando la última evidencia científica disponible para la toma de decisiones clínicas.

Sin embargo, al analizar la estructura curricular y el programa específico de la especialidad, se evidencia una brecha metodológica y evaluativa en la etapa de transición entre la fase preclínica y la atención clínica directa. Históricamente, el programa ha estructurado el desarrollo de las habilidades psicomotoras apoyándose en una enseñanza convencional sobre modelos inanimados de baja fidelidad (tales como cabezas fantomas o bloques sintéticos), seguida de una rápida inmersión clínica bajo tutela docente. Si bien este modelo ha sido el estándar formativo, la literatura pedagógica actual advierte que esta configuración genera una disparidad estructural: la incapacidad de los métodos preclínicos convencionales para replicar la variabilidad anatómica, la resistencia ósea y las complicaciones intraoperatorias reales produce desafíos críticos cuando el estudiante transita hacia el tratamiento en pacientes (Patil et al., 2023).

Esta organización curricular clásica entra en tensión con las directrices contemporáneas de la educación médica, las cuales exigen que los programas académicos trasciendan la enseñanza tradicional y adopten entornos formativos que permitan una evaluación objetiva, personalicen el ritmo de enseñanza y minimicen la variabilidad del aprendizaje sin someter a riesgo al paciente. En la actualidad, los directivos de los programas de educación odontológica se enfrentan al imperativo de implementar nuevas estrategias pedagógicas y diversificar los métodos de enseñanza en sus currículos para poder garantizar los estándares de calidad formativa. Al carecer de un andamiaje tecnológico inmersivo en la malla curricular actual de la especialidad, el residente se ve obligado a adquirir sus primeras experiencias de aprendizaje invasivo

directamente sobre seres humanos. Esta situación, al no contar con una plataforma institucional estandarizada que permita certificar una curva de entrenamiento previa de forma objetiva, plantea conflictos éticos sustanciales que vulneran directamente los principios de No Maleficencia, Autonomía y Justicia.

La integración estructural de simuladores virtuales en el currículo odontológico brinda la oportunidad de estratificar a los estudiantes, predecir su desempeño clínico futuro y adaptar el proceso de enseñanza a la diversidad de habilidades individuales, logrando así un nivel de rendimiento óptimo. Por consiguiente, el diagnóstico educativo revela que la implementación de la simulación háptica no constituye únicamente una innovación instrumental aislada, sino una necesidad curricular estratégica. Esta intervención se hace fundamental para alinear la estructura del programa con las más altas exigencias del modelo educativo institucional de la UdeC, resolviendo el dilema ético de la práctica inicial e institucionalizando un estándar de competencia verificable (acorde a las directrices de las Zonas de Simulación 0 y 1) de forma previa a la exposición clínica real.

2.2. Diseño de la intervención educativa

La intervención consiste en un programa de entrenamiento híbrido y progresivo, que utiliza el simulador háptico *SIMtoCARE Dente* para el desarrollo de habilidades psicomotoras y cognitivas.

Para ello, los residentes deben pasar por una etapa de adaptación al simulador háptico, realizando ejercicios simples de familiarización, y así ir avanzando a etapas más complejas como realizar el protocolo de fresado quirúrgico para la instalación de un implante.

La etapa final de la intervención consiste en la realización de la osteotomía en el hueso

alveolar edéntula correspondiente a los dientes 1.6 (primer molar superior derecho) y 1.5 (segundo premolar superior izquierdo), teniendo como referencia además la presencia de los dientes 1.7 (segundo molar superior derecho) y 1.4 (primer premolar superior derecho). Desde el punto de vista de la rehabilitación oral se han establecido parámetros que debe cumplir un implante para que los resultados que se obtengan con la prótesis definitiva, ya sea tanto funcionales como estéticos, sean predecibles a largo plazo. A partir de los estudios realizados por Brånemark (Brånemark et al., 1969), se han realizado varios estudios para llegar a consensos con respecto a la posición tridimensional ideal que debe tener un implante para soportar la prótesis definitiva, y al mismo tiempo cumplir con el componente estético y biológico que supone instalar un implante en el medio intraoral (Ortiz-Puigpelat et al., 2019). Dentro de los parámetros que se han establecido en la literatura como ideales para aumentar la funcionalidad y longevidad de una prótesis que se apoya sobre un implante dental, se considera una distancia mesio-distal entre implante y diente de 1.5mm y entre implantes de 3mm, mientras que se busca un punto fijo situado en el centro del reborde alveolar edéntulo como sitio ideal de instalación, con una angulación que no supere los 10° en sentido vestíbulo-palatino ni mesio-distal (Bandyopadhyay et al., 2023). Otro aspecto por considerar es la profundidad de preparación del hueso alveolar, la cual está dada por la longitud del implante que se quiere instalar. Para este ejercicio se considera la simulación de un implante Straumann BLX de 11.5mm de largo, y 4.1mm de diámetro.

Dentro del tiempo de duración de la intervención, se evalúan otros aspectos como la capacidad de planificación previa a la realización de los ejercicios y del ejercicio final, análisis de estructuras anatómicas que deben ser respetadas dependiendo del sitio

quirúrgico (en este caso los dientes vecinos y el seno maxilar), además del tiempo de trabajo requerido y la experiencia de cada residente con el simulador.

2.2.1. Objetivos de la intervención educativa

Objetivo General: Implementar un programa de entrenamiento mediante la utilización del simulador háptico *SIMtoCARE Dente* para residentes de la especialidad de Implantología Buco Maxilofacial de la Universidad de Concepción, orientado al desarrollo de competencias de precisión quirúrgica y planificación de instalación de implantes dentales.

Objetivos Específicos

1. Diseñar una secuencia de entrenamiento procedimental progresivo en simulación háptica, que abarque desde la adaptación tecnológica hasta la resolución de osteotomías complejas.
2. Ejecutar sesiones prácticas sistemáticas que permitan a los residentes ejercitar la planificación y ejecución de protocolos de fresado en escenarios virtuales de diversa densidad ósea.
3. Desarrollar espacios de retroalimentación formativa (*debriefing*) basados en las métricas objetivas del simulador para consolidar la toma de decisiones clínicas.

2.2.2. Variables y/o dimensiones de la intervención educativa

Se han seleccionado variables que responden a las dimensiones psicomotora y cognitiva del perfil de egreso, que para este caso serían:

1. Precisión Técnica (Dimensión Psicomotora):

- *Definición Conceptual:* Capacidad de ejecutar la osteotomía respetando estrictamente la posición, angulación y profundidad planificadas.
- *Definición Operacional:* Promedio de la desviación angular (grados) y desviación de profundidad (milímetros) registrada por el software del simulador respecto al plan ideal.
- *Estándar de Referencia:* Se utilizarán parámetros de consenso validados en la literatura científica para procedimientos de navegación estática, estableciendo como meta de seguridad una desviación angular menor a 5° y una discrepancia de profundidad menor a 1mm.

2. Eficiencia Operatoria (Dimensión Psicomotora):

- *Definición Conceptual:* Habilidad para completar el protocolo quirúrgico optimizando el tiempo y los movimientos. El apego estricto al protocolo validado es el factor determinante para reducir tiempos muertos y movimientos erráticos, asegurando una secuencia fluida y estandarizada.
- *Definición Operacional:* Tiempo total registrado por el simulador desde el inicio hasta el fin del fresado.

3. Competencia de Planificación y Análisis (Dimensión Cognitiva):

- *Definición Conceptual:* Capacidad del residente para interpretar el caso clínico virtual, seleccionar el implante adecuado y establecer una secuencia de fresado lógica y coherente.

- *Definición Operacional:* Puntaje obtenido en una rúbrica de evaluación de planificación aplicada a los casos resueltos en el simulador

4. Calidad educativa del aprendizaje:

- *Definición Conceptual:* Percepción del estudiante respecto a la efectividad de la actividad de simulación para su proceso de aprendizaje, abarcando cuatro dimensiones críticas: la adecuación de la preparación previa (*Prebriefing*), la capacidad de la simulación para facilitar la comprensión de conceptos (*Aprendizaje*), el incremento en la seguridad de las habilidades propias (*Confianza*) y la utilidad constructiva del *Debriefing* post simulación.
- *Definición Operacional:* Puntaje total o promedio obtenido tras la aplicación del cuestionario validado SET-M (*Simulation Effectiveness Tool - Modified*), el cual cuantifica la valoración del estudiante en las cuatro dimensiones mencionadas.
- *Escala:* Escala ordinal tipo Likert (correspondiente al instrumento SET-M).

5. Satisfacción General y Calidad del Servicio (NPS)

- *Definición Conceptual:* Indicador que evalúa la calidad percibida de la experiencia formativa, reflejando la disposición del residente a recomendar este curso o metodología de entrenamiento a sus pares como una herramienta útil para su formación profesional.
- *Definición Operacional:* Valor obtenido mediante la respuesta a una única pregunta clave: "*¿Qué tan probable es que recomiendes este curso/centro a un colega?*", cuantificada numéricamente para clasificar

al participante según su nivel de lealtad hacia el programa.

- Escala: Escala numérica discreta del 0 al 10, segmentada en tres categorías interpretativas: *Detractores*: 0 a 6 (Insatisfechos). *Pasivos*: 7 a 8 (Satisfechos pero indiferentes). *Promotores*: 9 a 10 (Muy satisfechos).

6. Percepción de la Experiencia:

- Definición Conceptual: Percepción subjetiva del residente respecto al realismo del entorno háptico, la utilidad de la retroalimentación formativa (debriefing) y el impacto del diseño educativo en su juicio clínico y desempeño procedimental.
- Definición Operacional: Análisis temático de los discursos y narrativas emergentes recolectadas a través de la ejecución de un grupo focal (Focus Group) post-intervención.

2.2.3. Descripción de actividades para la intervención educativa

El programa se estructura en 5 sesiones presenciales e individuales de entrenamiento técnico para la realización de la osteotomía, realizadas mensualmente, con una duración de 45 minutos por sesión, en los cuales los participantes pueden realizar entre 1 y 5 repeticiones, siguiendo una lógica de complejidad creciente. El software del simulador háptico entrega retroalimentación inmediata en cada procedimiento, siendo el eje articulador de la evaluación de proceso que se complementa en la última sesión con un debriefing estructurado, reflexivo para la metacognición.

El detalle de las sesiones se describe a continuación:

- Sesión 1 (Adaptación al simulador): Inducción al hardware. El residente ejecuta ejercicios de caligrafía háptica (trazado de figuras geométricas sobre bloques virtuales de distinta resistencia) para calibrar la fuerza manual y la propiocepción sin instrumental rotatorio. Se busca la adaptación de las habilidades ojo-mano al trabajo en el simulador.
- Sesión 2 (Protocolo Básico Unitario): Ejecución del protocolo de fresado secuencial en hueso tipo I (denso). El estudiante debe: 1) Marcar el punto de entrada con fresa lanza, 2) Profundizar el eje con fresa piloto de 2.2 mm, y 3) Verificar el paralelismo con el pin indicador virtual.
- Sesión 3 (Protocolo Múltiple): Instalación de 2 implantes en el sector posterior. Se exige el uso de la herramienta de "paralelización virtual" del simulador antes de cada cambio de fresa para asegurar una distancia inter-implante de 3 mm y ejes paralelos.
- Sesión 4 (Protocolo Avanzado): Resolución de caso en hueso tipo IV (blando) con limitante anatómica (seno maxilar). El residente demuestra control psicomotor frente a la retroalimentación de fuerza (Force Feedback) generada por el simulador al traspasar las distintas densidades corticales y medulares, evitando fenómenos como la "caída al vacío" y ajustando la velocidad de fresado según la percepción táctil.
- Sesión 5 (Consolidación): Ejecución del caso clínico final completo bajo condiciones de evaluación formativa, seguido de un *debriefing* individual final.

Recursos requeridos

- Tecnológicos: Simulador háptico *SIMtoCARE Dente* (Modelo SD001-400), con

pantalla 4K autoestéreo y brazo robótico de retroalimentación de fuerza.

Software de gestión de usuarios y licencia académica vigente.

- Humanos: Investigador responsable (tutor metodológico), docente especialista en Implantología (tutor clínico) y los residentes de primer año (participantes).
- Físicos: Laboratorio o sala de simulación de la Facultad de Odontología UdeC, habilitada con las condiciones eléctricas (100-250 VCA) y de espacio (75 cm x 125 cm por unidad) requeridas.
- Materiales: Manual de usuario del simulador, guías de práctica clínica y rúbricas de evaluación digitales.

Plan de evaluación de la intervención educativa

i.Objetivos de la evaluación de la intervención educativa

Objetivo General:

Estimar la efectividad del programa de entrenamiento con el simulador SIMtoCARE Dente en la mejora de la precisión técnica, la reducción del tiempo operatorio y el incremento de la competencia de planificación quirúrgica en residentes de Implantología Buco Maxilofacial.

Objetivos Específicos:

1. Comparar la precisión técnica de las osteotomías simuladas antes y después de la intervención, analizando sus dos sub-dimensiones críticas: desviación angular (grados) y control de profundidad (milímetros). Analizar las diferencias en el tiempo operatorio requerido para completar el protocolo quirúrgico entre la

evaluación inicial y final.

2. Determinar el impacto del entrenamiento en la calidad de la planificación quirúrgica mediante el análisis comparativo de rúbricas pre y post intervención.
3. Estimar la percepción de calidad educativa del entrenamiento y el nivel de satisfacción general reportado por los residentes tras la intervención con simulación háptica.
4. Explorar las percepciones de los residentes respecto a los elementos del diseño de la simulación háptica que facilitaron su aprendizaje y autoeficacia, mediante un grupo focal (focus group).

Hipótesis:

- H1: Existen diferencias estadísticamente significativas en la precisión técnica (menor error angular y milimétrico) a favor de la medición post-intervención.
- H2: El tiempo operatorio disminuye significativamente en la evaluación post-intervención manteniendo los estándares de calidad.
- H3: Los puntajes de competencia en planificación quirúrgica son significativamente mayores tras el programa de entrenamiento.
- H4: Los residentes reportarán una valoración positiva predominante en la percepción de calidad educativa (SET-M) y un nivel de satisfacción categorizado como “Promotor” (NPS) respecto al programa de entrenamiento.

ii. **Modelo de evaluación de la intervención educativa**

Se empleará un modelo de investigación de métodos mixtos (diseño secuencial explicativo), el cual integra un componente cuantitativo y un componente cualitativo.

En su fase cuantitativa, el estudio utilizará un diseño Pre-experimental de tipo pre-test y post-test con un solo grupo. Este diseño permite valorar el cambio en las competencias de los residentes (diseño intra-sujeto) al comparar su línea base con el desempeño de salida.

A este componente se sumará un abordaje cualitativo de carácter descriptivo mediante la realización de un *focus group* (grupo focal) al finalizar la intervención.

Esta integración metodológica se fundamenta en el tamaño muestral reducido correspondiente a la cohorte anual de ingreso (N=6). Dado que las pruebas estadísticas inferenciales en muestras pequeñas presentan limitaciones para su generalización, el grupo focal permitirá triangular los datos cuantitativos obtenidos del simulador y de las escalas de percepción (SET-M y NPS), explorando a profundidad las percepciones subjetivas y el razonamiento de los residentes. La evidencia en simulación clínica respalda que los grupos focales conformados por entre cuatro y ocho participantes constituyen el tamaño ideal para fomentar una discusión dinámica, inclusiva y alcanzar la saturación de los datos cualitativos.

La evidencia en simulación clínica respalda que los grupos focales conformados por entre cuatro y ocho participantes constituyen el tamaño ideal para fomentar una discusión dinámica, inclusiva y alcanzar la saturación de los datos cualitativos.

A través de esta instancia reflexiva, se podrá evaluar la "fidelidad psicológica" o el realismo percibido de la tecnología háptica empleada, así como identificar qué

elementos específicos del diseño de la simulación —tales como la naturaleza formativa de la evaluación, el trabajo individualizado o el *debriefing*— fomentan de manera más efectiva el aprendizaje y el desarrollo de competencias en los futuros especialistas (Alfonso-Arias et al., 2025; Burford et al., 2023).

iii. Criterios e indicadores de evaluación

Se definen los siguientes indicadores para evaluar el éxito de la intervención:

- **Variable: Precisión Técnica.**
 - *Indicador 1:* Reducción del error angular promedio (grados) $< 5^\circ$ respecto al plan.
 - *Indicador 2:* Diferencia de profundidad (mm) < 1 mm respecto a la longitud de trabajo.
- **Variable: Tiempo Operatorio.**
 - *Indicador:* Disminución del tiempo total (min) en al menos un 10% respecto a la línea base, sin errores críticos.
- **Variable: Planificación.**
 - *Indicador:* Aumento del porcentaje de logro en la rúbrica de planificación (Criterios: selección de implante, secuencia de fresas, interpretación ósea).
- **Variable: Calidad Educativa del Aprendizaje.**

- *Indicador:* Puntaje promedio obtenido en las dimensiones de

Prebriefing, Aprendizaje, Confianza y *Debriefing* del instrumento SET-M.

- Variable: Satisfacción general (NPS)
 - *Indicador:* Clasificación del residente en categoría de Detractor (0-6), Pasivo (7-8) o Promotor (9-10) según su probabilidad de recomendación.

iv. Participantes de la evaluación de la intervención educativa

- Población: Residentes de la especialidad de Implantología Buco Maxilofacial de la Universidad de Concepción.
- Criterios de Inclusión: Alumnos regulares de primer año, participación voluntaria mediante consentimiento informado.
- Criterios de Exclusión: Inasistencia a las sesiones de evaluación o entrenamiento, o impedimentos motores/visuales que limiten el uso del dispositivo.
- Muestra: Muestra no probabilística intencionada (censo), abarcando la totalidad de la cohorte anual de ingreso.

v. Método de verificación e instrumentos de recolección de datos

Para la recolección de datos se utilizarán tres tipos de instrumentos:

1. **Instrumento Tecnológico (Cuantitativo):** Sistema de evaluación automatizado del simulador *SIMtoCARE Dente*, que registra métricas de precisión y tiempo con exactitud milimétrica.

2. **Rúbrica de Planificación (Cuantitativo/Cualitativo):** Instrumento diseñado *ad-hoc* para evaluar la estrategia quirúrgica. Este instrumento fue sometido a un proceso de validación por juicio de expertos para garantizar su validez de contenido y pertinencia clínica.

3. Cuestionarios de Percepción:

1. SET-M (*Simulation Effectiveness Tool - Modified*): Escala validada para medir la efectividad percibida de la simulación.

2. Encuesta NPS (*Net Promoter Score*): Ítem único para medir la satisfacción global y lealtad hacia el programa formativo.

4. **Guía de Tópicos para Grupo Focal (Topic Guide):** Consiste en un instrumento cualitativo basado en un guion de preguntas semiestructuradas, diseñado para explorar a profundidad la experiencia subjetiva de los residentes tras la intervención. Mediante esta indagación, se argumenta cómo la supresión de la carga asociada al error permite disminuir la ansiedad y el estrés del operador, facilitando un aprendizaje metacognitivo más profundo y fortaleciendo directamente la autoconfianza del futuro especialista antes de su transición hacia la atención de pacientes reales.

vi. Procedimiento

- Reclutamiento: Presentación del estudio y firma del consentimiento informado.
- Pre-test: Los residentes analizan un caso clínico estándar en el simulador y ejecutan la osteotomía. El software registra las métricas basales y el docente aplica la rúbrica de planificación.

- Intervención: Ejecución de las 5 sesiones de entrenamiento descritas en el diseño, con feedback docente.
- Post-test: Repetición del ejercicio de evaluación inicial bajo condiciones idénticas.
- "Ejecución del Focus Group", indicando que se reunirá a los 6 residentes en una sesión moderada y grabada en audio para su posterior transcripción, asegurando un ambiente de confianza
- Procesamiento: Exportación de datos brutos del simulador a planillas Excel codificadas para el análisis.

vii. Plan de análisis para la interpretación de resultados

El análisis estadístico se realizará mediante software especializado.

- Descriptivo: Cálculo de media y desviación estándar para variables continuas (tiempo, precisión) y frecuencias para la rúbrica de planificación. Se verificará la normalidad de los datos mediante la prueba de Shapiro-Wilk.
- Inferencial: Para el contraste de hipótesis (pre vs. post), se utilizará la prueba t de Student para muestras relacionadas (distribución normal) o la prueba de Wilcoxon (distribución no normal), con un nivel de significancia de $p < 0,05$.
- Para las variables de percepción y satisfacción (SET-M y NPS), se realizará un análisis descriptivo mediante el cálculo de frecuencias absolutas y relativas, medianas y rangos intercuartílicos. El NPS se reportará calculando el porcentaje neto de promotores menos detractores, permitiendo caracterizar la aceptación general de la intervención educativa.

- **Análisis Cualitativo:** Los datos textuales provenientes de la transcripción del *focus group* se someterán a un análisis temático con enfoque inductivo. El propósito de este análisis será interpretar en profundidad la experiencia subjetiva de los residentes, y el impacto del *debriefing* en la consolidación de su autoeficacia y juicio clínico.

viii. Consideraciones éticas

La investigación se adhiere a los principios éticos de la Declaración de Helsinki y a la normativa nacional vigente.

- **Justificación Ética:** El estudio cumple con los principios de No Maleficencia y Beneficencia, al trasladar la curva de aprendizaje inicial a un entorno simulado seguro, evitando riesgos iatrogénicos en pacientes reales.
- **Consentimiento Informado:** La participación será voluntaria, formalizada mediante la firma de un documento que explica objetivos, procedimientos y la libertad de retirarse sin perjuicio académico (Principio de Autonomía).
- **Confidencialidad:** Se garantiza el anonimato y la protección de los datos sensibles de los participantes en estricto cumplimiento de la Ley N° 21.719 (que regula la protección y el tratamiento de los datos personales y crea la Agencia de Protección de Datos Personales), promulgada en 2024. Los datos de desempeño serán codificados y utilizados exclusivamente con fines académicos.
- **Seguridad:** Al realizarse en plataforma virtual, no existen riesgos físicos. El protocolo será visado por el Comité de Ética de la Facultad de Odontología UdeC. Tampoco existe riesgo de sobrecarga cognitiva dado que el programa

completo se contempla dentro de la asignatura de “Preclínico 1”, por lo que sería parte del horario de dicha asignatura, y la etapa de evaluación del análisis de casos y resultados serían en este caso de carácter formativo para efectos de realizar el estudio sin correr el riesgo de generar una sobrecarga en los residentes.

CAPÍTULO III. CONCLUSIONES

La implementación de un programa de entrenamiento basado en simulación háptica para los residentes de Implantología Buco Maxilofacial de la Universidad de Concepción nace como una respuesta práctica y necesaria frente al problema ético que supone adquirir las primeras destrezas quirúrgicas directamente en pacientes reales. Esta intervención educativa busca demostrar que el uso de tecnologías que entregan resistencia táctil, sumado a un buen *debriefing* guiado por el docente, ayuda a mejorar las habilidades manuales de los futuros especialistas de manera segura.

A partir del diseño y el plan de evaluación propuesto para este trabajo, se establecen las siguientes proyecciones a corto, mediano y largo plazo:

En lo inmediato, el objetivo es implementar esta propuesta con la cohorte actual de 6 residentes. Se espera brindarles un espacio de práctica seguro de 5 sesiones donde puedan familiarizarse con el instrumental, mejorar su precisión y disminuir sus tiempos operatorios antes de enfrentarse a su primer paciente. Al realizarse en un entorno formativo, donde el error no se castiga con una mala calificación,

esperamos que esta experiencia reduzca su ansiedad y aumente de forma importante su confianza clínica.

A mediano plazo, la información obtenida a través de los datos del simulador y de las opiniones recogidas en el *focus group* servirá para mejorar y ajustar el programa. Si los resultados son positivos, la idea es que esta intervención deje de ser solo un proyecto piloto y se consolide como una actividad regular dentro de la malla de la especialidad en la UdeC. Esto también permitirá capacitar a los docentes locales para que aprovechen mejor el equipo tecnológico y optimicen la forma en que guían el *debriefing*. Además, se podría habilitar el simulador para que los residentes practiquen de forma autónoma e individual en horarios extracurriculares, maximizando el uso del recurso sin sobrecargar los horarios de clases.

A largo plazo, el éxito en la implementación local de este programa permitirá proyectarlo hacia escenarios más grandes. Un modelo formativo que demuestra ser efectivo y ordenado metodológicamente puede adaptarse a otras especialidades de postgrado dentro de la misma facultad que requieran un entrenamiento motor de alta precisión, como Endodoncia o Periodoncia.

Finalmente, al contar con evidencia comprobada de su funcionamiento en la UdeC, este modelo de enseñanza podrá compartirse y exportarse a otras universidades que busquen modernizar la forma en que enseñan los procedimientos quirúrgicos invasivos, promoviendo una cultura de seguridad del paciente a nivel nacional.

Referencias Bibliográficas

- Addy, L. D. (2024). An introduction to dental implants. *Br Dent J*, 236(10), 753-757.
<https://doi.org/10.1038/s41415-024-7430-8>
- Al-Saud, L. M. (2021). The utility of haptic simulation in early restorative dental training: A scoping review. *J Dent Educ*, 85(5), 704-721. <https://doi.org/10.1002/jdd.12518>
- Alfonso-Arias, C., Llauro-Serra, M., Rodríguez-Higueras, E., Goni-Fuste, B., Brichs-Masnou, L., Wennberg-Capellades, L., & de Juan-Pardo, M. A. (2025). Nursing students' perceptions about the use of clinical simulation to teach safe medication administration: a focus group study. *BMC Nurs*, 24(1), 1075.
<https://doi.org/10.1186/s12912-025-03716-3>
- Ayoub, A., & Pulijala, Y. (2019). The application of virtual reality and augmented reality in Oral & Maxillofacial Surgery. *BMC Oral Health*, 19(1), 238. <https://doi.org/10.1186/s12903-019-0937-8>
- Bandiaky, O. N., Lopez, S., Hamon, L., Clouet, R., Soueidan, A., & Le Guehennec, L. (2024). Impact of haptic simulators in preclinical dental education: A systematic review. *J Dent Educ*, 88(3), 366-379.
<https://doi.org/10.1002/jdd.13426>
- Bandyopadhyay, A., Mitra, I., Goodman, S. B., Kumar, M., & Bose, S. (2023). Improving Biocompatibility for Next Generation of Metallic Implants. *Prog Mater Sci*, 133. <https://doi.org/10.1016/j.pmatsci.2022.101053>
- Brånemark, P. I., Adell, R., Breine, U., Hansson, B. O., Lindström, J., & Ohlsson, A. (1969). Intra-osseous anchorage of dental prostheses. I. Experimental studies. *Scand J Plast Reconstr Surg*, 3(2), 81-100.
<https://doi.org/10.3109/02844316909036699>
- Burford, B., Grieg, P., Kelleher, M., Merriman, C., Platt, A., Richards, E., Davidson, N., & Vance, G. (2023). Interprofessional simulation as an enhancement of psychological fidelity: A focus group study of medical and nursing students. *Health Sci Rep*, 6(5), e1237. <https://doi.org/10.1002/hsr2.1237>
- Duff, J. P., Morse, K. J., Seelandt, J., Gross, I. T., Lydston, M., Sargeant, J., Dieckmann, P., Allen, J. A., Rudolph, J. W., & Kolbe, M. (2024). Debriefing Methods for Simulation in Healthcare: A Systematic Review. *Simul Healthc*, 19(1s), S112-S121. <https://doi.org/10.1097/sih.0000000000000765>
- Engelschalk, M., Al Hamad, K. Q., Mangano, R., Smeets, R., & Molnar, T. F. (2025). Dental implant placement with immersive technologies: A preliminary clinical report of augmented and mixed reality applications. *J Prosthet Dent*, 133(2), 346-351. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2024.02.017>
- Farag, A., & Hashem, D. (2021). Impact of the Haptic Virtual Reality Simulator on Dental Students' Psychomotor Skills in Preclinical Operative Dentistry. *Clin Pract*, 12(1), 17-26.
<https://doi.org/10.3390/clinpract12010003>
- Joseph, D., Jehl, J. P., Maureira, P., Perrenot, C., Miller, N., Bravetti, P., Ambrosini, P., & Tran, N. (2014). Relative contribution of haptic technology to assessment and training in implantology. *Biomed Res Int*, 2014, 413951. <https://doi.org/10.1155/2014/413951>
- Koolivand, H., Shooreshi, M. M., Safari-Faramani, R., Borji, M., Mansoori, M. S., Moradpoor, H., Bahrami, M., & Azizi, S. M. (2024). Comparison of the effectiveness of virtual reality-based education and conventional teaching methods in dental education: a systematic review. *BMC Med Educ*, 24(1), 8.
<https://doi.org/10.1186/s12909-023-04954-2>
- Lee-Muñoz, X., Vergara-Núñez, C., Mejía-Díaz, V., Garrido-Varela, S., Álvarez-Bustamante, S., & Díaz-Pollak, S. (2023). Efecto de la simulación háptica en la autoeficacia académica de odontólogos en formación. *International journal of interdisciplinary dentistry*, 16, 30-33.
http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2452-55882023000100030&nrm=iso
- Leng, A., Zeng, B., Chen, Y., Tu, P., Tao, B., & Chen, X. (2024). Development of a virtual reality-based zygomatic implant surgery training system with global collision detection and optimized finite element method model. *Comput Methods Programs Biomed*, 243, 107940. <https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2023.107940>
- Lin, P. Y., Chen, T. C., Lin, C. J., Huang, C. C., Tsai, Y. H., Tsai, Y. L., & Wang, C. Y. (2024). The use of augmented

- reality (AR) and virtual reality (VR) in dental surgery education and practice: A narrative review. *J Dent Sci*, 19(Suppl 2), S91-S101. <https://doi.org/10.1016/j.jds.2024.10.011>
- Mai, H. N., Dam, V. V., & Lee, D. H. (2023). Accuracy of Augmented Reality-Assisted Navigation in Dental Implant Surgery: Systematic Review and Meta-analysis. *J Med Internet Res*, 25, e42040. <https://doi.org/10.2196/42040>
- Mohammad-Rahimi, H., Motamedian, S. R., Pirayesh, Z., Haiat, A., Zahedrozegar, S., Mahmoudinia, E., Rohban, M. H., Krois, J., Lee, J. H., & Schwendicke, F. (2022). Deep learning in periodontology and oral implantology: A scoping review. *J Periodontal Res*, 57(5), 942-951. <https://doi.org/10.1111/jre.13037>
- Moussa, R., Alghazaly, A., Althagafi, N., Eshky, R., & Borzangy, S. (2022). Effectiveness of Virtual Reality and Interactive Simulators on Dental Education Outcomes: Systematic Review. *Eur J Dent*, 16(1), 14-31. <https://doi.org/10.1055/s-0041-1731837>
- Ortiz-Puigpelat, O., Lázaro-Abdulkarim, A., de Medrano-Reñé, J. M., Gargallo-Albiol, J., Cabratosa-Termes, J., & Hernández-Alfaro, F. (2019). Influence of Implant Position in Implant-Assisted Removable Partial Denture: A Three-Dimensional Finite Element Analysis. *J Prosthodont*, 28(2), e675-e681. <https://doi.org/10.1111/jopr.12722>
- Patil, S., Bhandi, S., Awan, K. H., Licari, F. W., Di Blasio, M., Ronsivalle, V., Cicciù, M., & Minervini, G. (2023). Effectiveness of haptic feedback devices in preclinical training of dental students-a systematic review. *BMC Oral Health*, 23(1), 739. <https://doi.org/10.1186/s12903-023-03410-3>
- Pellegrino, G., Mangano, C., Mangano, R., Ferri, A., Taraschi, V., & Marchetti, C. (2019). Augmented reality for dental implantology: a pilot clinical report of two cases. *BMC Oral Health*, 19(1), 158. <https://doi.org/10.1186/s12903-019-0853-y>
- Perry, S., Burrow, M. F., Leung, W. K., & Bridges, S. M. (2017). Simulation and curriculum design: a global survey in dental education. *Aust Dent J*, 62(4), 453-463. <https://doi.org/10.1111/adj.12522>
- Pottle, J. (2019). Virtual reality and the transformation of medical education. *Future Healthc J*, 6(3), 181-185. <https://doi.org/10.7861/fhj.2019-0036>
- Rodrigo, G., Ernesto, P., Soledad, A. R., Jorge, C., Juan Ignacio, S., Rubén, R., Alex, V., Rafael, C., & David, F. (2026). Virtual reality training is associated with high satisfaction and self-perceived surgical confidence in anterior cruciate ligament reconstruction: Experience from an orthopedic residency pilot study. *J isakos*, 18, 101096. <https://doi.org/10.1016/j.jisako.2026.101096>
- Roussin, C. J., & Weinstock, P. (2017). SimZones: An Organizational Innovation for Simulation Programs and Centers. *Acad Med*, 92(8), 1114-1120. <https://doi.org/10.1097/acm.0000000000001746>
- Usta, S. N., Silva, E., Keskin, C., Tekkanat, H., Liukkonen, M., & Felszeghy, S. (2026). A comparison of traditional and virtual reality haptic simulator approaches in preclinical endodontic training: Impacts on skill acquisition, confidence and stress. *Int Endod J*, 59(6), 1083-1092. <https://doi.org/10.1111/iej.14236>
- Vincent, M., Giess, R., Balthazard, R., Tran, N., Mortier, É., & Joseph, D. (2022). Virtual aids and students' performance with haptic simulation in implantology. *J Dent Educ*, 86(8), 1015-1022. <https://doi.org/10.1002/jdd.12916>
- Wu, J. H., Lin, P. C., Lee, K. T., Liu, H. L., Lu, P. Y., & Lee, C. Y. (2024). Situational simulation teaching effectively improves dental students' non-operational clinical competency and objective structured clinical examination performance. *BMC Med Educ*, 24(1), 533. <https://doi.org/10.1186/s12909-024-05546-4>

ANEXOS

Anexo 1

Guía de Tópicos para Focus Group.

Instrucciones para el Moderador:

- **Propósito:** Explorar de manera cualitativa la percepción de los residentes sobre el uso del simulador háptico *SIMtoCARE Dente* como herramienta de aprendizaje para la administración segura de tratamientos y la instalación de implantes.

- **Dinámica:** Las preguntas presentadas a continuación son una guía semiestructurada para facilitar la discusión. El objetivo no es realizar un interrogatorio rígido, sino fomentar una conversación fluida donde los residentes puedan compartir sus experiencias. Si un tema surge de forma natural antes de lo previsto, se debe permitir la flexibilidad de la conversación.
- **Consideraciones Éticas:** Recordar a los participantes que la sesión será grabada en audio exclusivamente para su posterior transcripción y análisis, asegurando el anonimato de sus respuestas.

1. Introducción y Percepciones Generales (Rompehielo) *Objetivo: Explorar la percepción inicial sobre la simulación clínica como método de enseñanza.*

- Para empezar, ¿qué opinan de la simulación clínica como forma de aprender a realizar la preparación del lecho óseo y la instalación de implantes?
- ¿Cómo compararían esta experiencia en el simulador *SIMtoCARE Dente* respecto a las prácticas tradicionales (modelos de acrílico/poliuretano o clases teóricas) que tuvieron previamente?

2. Fidelidad Psicológica y Realismo Háptico *Objetivo: Evaluar qué tan auténtica y realista sintieron la experiencia de la simulación y si lograron percibir la "fidelidad psicológica".*

- Durante los ejercicios de osteotomía, ¿la simulación "sintió real"? ¿En qué aspectos específicos (por ejemplo, en la resistencia táctil del hueso o el manejo del espacio)?
- ¿Hubo algún elemento que les hiciera sentir que la situación era "menos real" o que les recordara que solo era un simulador?
- Mientras realizaban el fresado en los casos más complejos (ej. cerca del seno maxilar), ¿sintieron el nivel de concentración, responsabilidad o estrés que tendrían con un paciente real en el entorno clínico? ¿Por qué?

3. Elementos del Diseño que Fomentan el Aprendizaje *Objetivo: Identificar qué características específicas del diseño de la simulación facilitaron su aprendizaje.*

- El entrenamiento estuvo diseñado para ser progresivo y de carácter individual. ¿Cómo impactó el trabajar de manera individual en su sentido de responsabilidad profesional y toma de decisiones?
- Saber que esta actividad era puramente **formativa** y que los errores métricos (desviación angular y milimétrica) no contaban para una calificación o nota final, ¿afectó la forma en que se enfrentaron al simulador o su nivel de estrés?
- ¿Consideran que el observar a sus compañeros o interactuar con el entorno tecnológico les ayudó a aprender de errores propios o ajenos?

4. El Rol del Debriefing, Autoconciencia y Autoeficacia *Objetivo: Indagar en el impacto de la retroalimentación final sobre su metacognición, el reconocimiento de competencias y la confianza clínica.*

- Después de sus sesiones, revisamos juntos los datos exactos que arrojó el simulador en el *debriefing*. ¿De qué manera esta retroalimentación les ayudó a identificar sus fortalezas y debilidades al momento de planificar y ejecutar la cirugía?
- ¿Sienten que este proceso de simulación y análisis retrospectivo modificó su percepción de sus propias capacidades quirúrgicas?

- Tras completar estas 5 sesiones, ¿se sienten con mayor autoconfianza y mejor preparados para enfrentar la osteotomía en su primer paciente real? ¿Por qué?

5. Dificultades y Propuestas de Mejora (Cierre) *Objetivo: Recoger sugerencias constructivas e identificar barreras durante las sesiones para futuras cohortes.*

- ¿Qué dificultades técnicas, pedagógicas o desafíos personales encontraron durante el programa de entrenamiento?
- Si tuvieran que rediseñar este módulo para los residentes del próximo año, ¿qué cambiarían, agregarían o mejorarían?
- A modo de cierre, ¿hay algo más sobre su experiencia con el simulador, el *debriefing* o el programa en general que no hayamos conversado y que les gustaría agregar?

ANEXO 2:

Planificación operativa de la intervención educativa

Actividad	Tiempo	Responsable	Recursos
Diseño y Calibración: Preparación de casos virtuales y validación de rúbricas.	Marzo (Semana 1-2)	Equipo Investigador	PC, Software
Sesión 1 + Evaluación Diagnóstica: Adaptación y toma de línea base (Pre-test).	Marzo (Semana 3-4)	Tutor / Residente	Simulador
Sesión 2: Entrenamiento caso simple.	Abril	Tutor / Residente	Simulador
Sesión 3: Entrenamiento caso mediano.	Mayo	Tutor / Residente	Simulador

Sesión 4: Entrenamiento caso complejo.	Junio	Tutor / Residente	Simulador	La
Sesión 5 + Evaluación Final: Entrenamiento final y toma de datos de salida (Post-test). Realización del Focus Group post-intervención.	Julio (Semana 1-2)	Tutor / Residente	Simulador	
Análisis de Datos: Extracción de registros y tabulación.	Julio (Semana 3-4)	Investigador	Software Estadístico	

intervención se desarrollará durante el primer semestre académico (marzo a julio), organizada de la siguiente manera:

Anexo 3

Rúbrica de Evaluación de Planificación Quirúrgica (Instrumento para evaluar la Dimensión Cognitiva pre-simulación)

Instrucciones: El docente evaluará la planificación entregada por el residente para el caso clínico virtual, marcando el nivel de logro en cada criterio.

- **Logrado (3 pts):** Cumple todos los parámetros requeridos.
- **Parcialmente Logrado (2 pts):** Cumple con omisiones o errores menores que no comprometen la viabilidad.
- **No Logrado (1 pt):** Omite pasos críticos o comete errores que contraindican la cirugía.

Criterio a Evaluar	Logrado (3)	Parcialmente Logrado (2)	No Logrado (1)
Interpretación Anatómica	Identifica correctamente rebordes edéntulos (1.5 y 1.6), piezas adyacentes (1.4 y 1.7) y la limitante del seno maxilar.	Identifica las piezas pero omite la evaluación de la proximidad del seno maxilar.	No identifica las limitantes anatómicas de riesgo.
Selección del Implante	Selecciona la macrogeometría exacta: Straumann BLX, longitud 11.5 mm y diámetro 4.1 mm.	Selecciona un implante con ligeras variaciones que aún es viable clínicamente.	Selecciona un implante que sobrepasa límites anatómicos o es insuficiente.
Posicionamiento Tridimensional	Planifica una distancia mesio-distal de 1.5mm al diente y 3mm entre implantes. Angulación vestibular/palatina <10°.	Planifica distancias seguras pero con angulaciones límite (10°-15°).	Planifica distancias <1.5mm a dientes, <3mm entre implantes o angulación >15°.
Secuencia de Fresado	Describe secuencia exacta: marca con lanza, fresa piloto 2.2mm, uso de pin de paralelización y fresas subsecuentes.	Describe la secuencia con alteraciones menores u omite el pin de paralelización.	Propone una secuencia incorrecta que arriesga sobrepreparación del lecho óseo.

Anexo 4

Cuestionario SET-M (Simulation Effectiveness Tool - Modified)

Instrucciones: Por favor, indica tu nivel de acuerdo con las siguientes afirmaciones respecto a tu experiencia con el simulador háptico SIMtoCARE Dente. Tus respuestas son anónimas. *(Escala: 1=Totalmente en Desacuerdo, 2=En Desacuerdo, 3=De Acuerdo, 4=Totalmente de Acuerdo)*

Prebriefing

- 1. La inducción al equipo y la sesión de caligrafía háptica me prepararon adecuadamente. (1) (2) (3) (4)
- 2. Los objetivos del entrenamiento quirúrgico estaban claramente definidos. (1) (2) (3) (4)

Aprendizaje 3. El simulador háptico replicó de forma realista la resistencia de las diferentes densidades óseas. (1) (2) (3) (4) 4. Esta actividad me ayudó a comprender mejor la anatomía 3D y las limitantes (ej. seno maxilar). (1) (2) (3) (4) 5. Trabajar de forma individual aumentó mi responsabilidad en la toma de decisiones clínicas. (1) (2) (3) (4)

Confianza (Autoeficacia) 6. Me siento más seguro(a) de mis habilidades para realizar el protocolo de fresado. (1) (2) (3) (4) 7. Siento mayor confianza para enfrentar mi primera osteotomía en un paciente real tras estas 5 sesiones. (1) (2) (3) (4)

Debriefing (Retroalimentación) 8. Analizar mis métricas objetivas (desviación angular/profundidad) junto al docente contribuyó a mi aprendizaje. (1) (2) (3) (4) 9. El debriefing me permitió identificar qué debo mejorar y reflexionar de manera segura. (1) (2) (3) (4)

Anexo 5

Encuesta NPS (Net Promoter Score)

Instrucciones: Con base en tu experiencia a lo largo de las 5 sesiones de este programa de entrenamiento con simulación háptica, responde a la siguiente pregunta marcando un solo número:

¿Qué tan probable es que recomiendes este módulo de entrenamiento con simulación háptica a un colega o futuro residente de Implantología BMF? (0 = Nada probable / 10 = Extremadamente probable) [0] - [1] - [2] - [3] - [4] - [5] - [6] - [7] - [8] - [9] - [10]

Anexo 6

Ficha del Caso Clínico Virtual (Sesión Final / Post-test) (Contexto de la simulación)

Descripción del Escenario: Paciente adulto acude para rehabilitación implantosoportada en el sector posterior del maxilar derecho y superior izquierdo.

- **Zonas edéntulas a intervenir:** Piezas 1.6 (primer molar) y 1.5 (segundo premolar).
- **Estructuras de referencia presentes:** Piezas 1.7 (segundo molar) y 1.4 (primer premolar).
- **Condiciones óseas:** Hueso maxilar de densidad tipo IV (blando).
- **Limitante Anatómica:** Seno maxilar neumatizado en proximidad apical al lecho del 1.6.

Misión del Residente: Planificar e instalar de manera virtual dos implantes marca **Straumann modelo BLX de 11.5 mm de largo y 4.1 mm de diámetro**. Deberá respetar una distancia de 1.5 mm respecto a los dientes adyacentes, mantener 3 mm de separación inter-implante y no sobrepasar los 10° de angulación vestibulo-palatina/mesio-distal.

Anexo 7

Guía de Práctica Clínica / Protocolo de Fresado (*Pasos a evaluar en el simulador háptico*)

Secuencia Operatoria Estándar:

1. **Evaluación Háptica Inicial:** Reconocimiento virtual de cortical y trabécula. Ajuste de la presión manual según la resistencia del hueso Tipo IV para evitar "caída al vacío".
2. **Marcaje Inicial:** Uso de la fresa lanza para establecer el punto central exacto de la cresta ósea edéntula.
3. **Preparación del Eje:** Uso de la fresa piloto de 2.2 mm de diámetro para profundizar el lecho, controlando milimétricamente no sobrepasar los 11.5 mm planificados.
4. **Verificación de Paralelismo:** Inserción del pin indicador virtual para confirmar el eje y calcular la distancia de 3 mm para el segundo implante adyacente.
5. **Ampliación del Lecho:** Fresado secuencial según protocolo Straumann BLX hasta el diámetro final correspondiente.

Anexo 8

Formulario de Consentimiento Informado

Título del Estudio: Repercusión de la simulación háptica como herramienta pedagógica en residentes de Implantología BMF, UdeC. **Investigador Principal:** Luis Felipe Uribe Seguel

Por medio de la presente, se me invita a participar voluntariamente en un programa de entrenamiento e investigación que evaluará el impacto del simulador háptico *SIMtoCARE Dente* en la adquisición de competencias quirúrgicas.

Comprendo que:

1. Mi participación consistirá en 5 sesiones de simulación práctica, responder cuestionarios de percepción (SET-M y NPS) y participar en una sesión de *Focus Group* al finalizar el módulo.
2. La sesión de *Focus Group* será grabada en formato de audio exclusivamente con el fin de transcribir la información para su análisis cualitativo.
3. Los datos biométricos arrojados por el simulador (tiempos, ángulos, desviación) no tendrán impacto en mis calificaciones académicas y serán de carácter exclusivamente formativo e investigativo.
4. Se garantiza mi anonimato. Los resultados serán codificados, tratados con absoluta confidencialidad y almacenados de forma segura, cumpliendo estrictamente con la Ley N° 21.719 sobre protección de datos personales de Chile.
5. Mi participación es totalmente voluntaria y puedo retirarme del estudio en cualquier momento sin que esto implique ningún tipo de sanción académica.

Habiendo leído y comprendido lo anterior, autorizo mi participación en esta investigación.

Firma del Residente / Fecha