



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
MÉXICO



**FACULTAD DE ODONTOLOGÍA**

SIMULACIÓN VIRTUAL HÁPTICA PARA LA  
ENSEÑANZA EN ODONTOPEDIATRÍA.

**T E S I N A**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

**C I R U J A N A   D E N T I S T A**

P R E S E N T A:

ALONDRA LUCÍA MENDIETA MORALES

TUTORA: Dra. OLIVIA ESPINOSA VÁZQUEZ

Responsable de área del Seminario de Odontopediatría

Esp. Alicia Montes de Oca Basilio  15 ene 24

MÉXICO, Cd. Mx.

2023



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Quiero agradecer en primer lugar a mis papás, sin su apoyo no hubiera llegado tan lejos; gracias por siempre alentarme, por levantarme cada que me caía cuando creía que no podía más y sobre todo a mi mamá, que lloró conmigo cuando no tenía paciente ella siempre estaba dispuesta a serlo.

A mi amigo Urdapilleta, que fue un gran apoyo durante la carrera y siempre fue amable conmigo y me ayudó cuando lo necesité; por llevarme al metro siempre que traía un montón de cosas y así acercarme a mi casa, por ser mi amistad más sincera.

A Abi y a Elsy, que fueron mis amigas en el seminario, por los momentos de risa y consejos que nos dimos a las dos por ser un gran apoyo en los momentos de estrés.

A mi tutora la Dra Olivia, por ser mi guía, por su paciencia y amabilidad, por aceptarme y ser parte de este proyecto que es muy importante para mí.

A Dios, a la vida, por permitirme llegar a este momento que le veía tan lejano.

Me agradezco a mí por soportar tanto, por no rendirme, y salir siempre adelante a pesar de todo.

# ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>4</b>
<b>OBJETIVO .....</b>	<b>5</b>
<b>1. LA SIMULACIÓN COMO DIDÁCTICA PARA LA FORMACIÓN DE PROFESIONALES DE LA ODONTOLOGÍA .....</b>	<b>6</b>
<b>1.1 Elementos de un escenario de simulación.....</b>	<b>7</b>
1.1.1 Objetivos .....	8
1.1.2 Participantes .....	10
1.1.3 Escenografía .....	11
1.1.4 Guion .....	15
1.1.5 Roles .....	16
1.1.6 Distractores.....	17
1.1.7 Tiempos.....	18
1.1.8 Simulador .....	19
<b>2 SIMULADORES FÍSICOS Y VIRTUALES .....</b>	<b>22</b>
2.1 Simuladores físicos.....	26
2.2 Simuladores virtuales.....	30
2.2.1 No hápticos .....	31
2.2.2 Hápticos .....	33
<b>3 BENEFICIOS Y LIMITACIONES DEL EMPLEO DE LA SIMULACIÓN VIRTUAL HÁPTICA.....</b>	<b>41</b>
3.1 Beneficios y ventajas.....	42
3.2 Limitaciones.....	46
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>48</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>49</b>

## INTRODUCCIÓN

Durante la pandemia por la Covid 19, se tuvieron que promover nuevos métodos educativos para el aprendizaje de los alumnos en odontología, por lo que cada facultad implementó diversas estrategias para contrarrestar la ausencia de los espacios clínicos; este trabajo tiene por objetivo describir el aporte científico, educativo y tecnológico del empleo de la simulación virtual háptica en odontología, específicamente en odontopediatría, para la enseñanza de habilidades psicomotrices.

En la primera parte de este trabajo se describen las partes de un escenario de simulación, el que está compuesto por los objetivos, los participantes, los elementos que debe tener la escenografía, el guion que es el desarrollo de un escenario de simulación, el rol que va a tener cada uno de los participantes, los distractores que ayudan a que se cumplan los objetivos, el tiempo que tiene que durar el escenario y los simuladores que se van a utilizar.

En la segunda parte se explican las diferencias entre un simulador virtual háptico y no háptico; uno solo nos permite observar en 3D, dientes, huesos, músculos, entre otros, y el otro brinda la posibilidad de sentir por medio del tacto, ya que cuenta con elementos necesarios para simular la dureza de los tejidos y lo acerca más a la realidad.

Finalmente, se mencionan los beneficios del empleo de los simuladores hápticos, como el desarrollo de habilidades psicomotrices, la seguridad del paciente, la reducción de costos, por una parte, del material que se utiliza reiteradamente para realizar las prácticas simuladas; también se mencionan algunas limitaciones.

## **OBJETIVO**

Describir el aporte científico, educativo y tecnológico del empleo de la simulación virtual háptica en odontología, específicamente en odontopediatría, para la enseñanza de habilidades psicomotrices.

# 1. LA SIMULACIÓN COMO DIDÁCTICA PARA LA FORMACIÓN DE PROFESIONALES DE LA ODONTOLOGÍA

Indudablemente, la didáctica en las profesiones universitarias ha evolucionado a partir de los avances tecnológicos en educación. La pandemia por el SARS-Cov2 provocó que los actores educativos voltearan su mirada hacia didácticas que antes no se consideraban esenciales en la formación de estudiantes universitarios, de manera particular en el área de la salud.

Tal es el caso de la formación de los profesionales en odontología, cuya didáctica en México se centra en la atención de los pacientes en la clínica y un entrenamiento en simuladores poco regulado, sin considerar del todo los elementos que involucran el empleo de una simulación sistematizada.

El uso de los simuladores como método educativo reduce los errores que podrían ocurrir en los pacientes. La innovación de estos entornos propicia una mayor interacción con los estudiantes y la adquisición de nuevas competencias, así como nuevas herramientas en el proceso de enseñanza y aprendizaje.<sup>1</sup>

La construcción de un escenario de simulación debe identificar a la población a la que va encausada y establecer los objetivos de aprendizaje que se pretenden lograr; estos deben ser claros, concisos, relevantes, adecuados a los conocimientos y habilidades de los participantes.<sup>2</sup>

La simulación es una representación artificial de un proceso real que debería ser tan rigurosa como fuera posible. Es necesario que su diseño tenga una gran coherencia interna. Un escenario estructurado de la manera correcta, junto con los recursos adecuados, aumenta el realismo de la simulación.<sup>2,3</sup>

La simulación ayuda a lograr la interacción interprofesional, ya que participan individuos del área de la salud en una misma actividad de aprendizaje y favorece la asimilación de conocimientos, así como la adquisición de habilidades. También crea consciencia de la importancia que tienen en la atención de los pacientes. <sup>2, 4</sup>

La simulación está muy relacionada con una diversidad de conceptos de los cuales siempre va de la mano, como es el caso de realimentación o *prebriefing* y *debriefing*, que se describirán más adelante. <sup>4</sup>

En este apartado se describen los elementos de un escenario de simulación reportados en la literatura reciente.

## **1.1 Elementos de un escenario de simulación**

La simulación, según la definición de Qayumi et al, “es un escenario que se crea para permitir que los participantes puedan experimentar la representación de una situación real, tiene la finalidad de que practiquen, aprendan, evalúen, prueben y adquieran conocimientos de cómo sería interactuar con un paciente real”. <sup>5</sup>

Los escenarios basados en simulación consideran características o competencias como propósito de aprendizaje de las prácticas clínicas, las más frecuentes son: la comunicación efectiva (lenguaje verbal, corporal, como se comunican y relacionan con los demás participantes), el trabajo en equipo, el liderazgo, la resolución de problemas y la toma de decisiones. Gracias a las competencias se experimentan procesos de aprendizaje, donde se identifican y abordan los errores cometidos, lo que genera una autoevaluación para corregirlos. <sup>5, 6</sup>

Para construir un escenario, se debe considerar algún formato que guíe desde la elaboración e incluya estándares claros, por lo que se considera una lista de materiales y equipos necesarios. Este formato distingue un *briefing* inicial o *prebriefing* (informe previo a la práctica), el período para la ejecución propiamente dicha y un *debriefing*. El *debriefing* es la etapa más relevante y más importante de una sesión de simulación, tiene como objetivo revisar lo que ocurrió durante el escenario simulado. En esta etapa los alumnos reflexionan lo que acaban de vivir, con el propósito de aprender de los errores cometidos. <sup>5, 6</sup>

Al revisar la literatura, diversos autores (1, 2, 3, 4, 5) señalan que se requieren elementos mínimos para la construcción de escenarios de simulación. Luego de la revisión de la literatura para este trabajo se consideraron los siguientes: objetivos, participantes, guion, roles, escenografía o ambientación, tiempo, simulador y distractores.

### **1.1.1 Objetivos**

Los objetivos en un escenario de simulación se definen como aquello que queremos enseñar específicamente y que los participantes aprendieron tras finalizar la simulación. Tienen que ser claros, concretos y relevantes; se recomiendan de uno a cuatro, esto depende de la duración del escenario.

Para lograr los objetivos es necesario tomar en cuenta la infraestructura, los recursos humanos e insumos; deben tener relevancia clínica significativa y responder a una necesidad real del sistema o de los individuos que participan en él. <sup>2, 3</sup>

Los objetivos de un escenario de simulación pueden ser generales o específicos. <sup>2, 4</sup>

Objetivo general: es la razón que lleva a elaborar el escenario que se busca estructurar. El objetivo de aprendizaje debe tener relación con el programa académico al que está dirigido el escenario.

Objetivos específicos: son lo que deben regir durante todo el escenario, siempre deben tomarlos en cuenta los instructores pues determinarán la finalización de este. <sup>2,4</sup>

Esta clasificación de objetivos corresponde con otra nomenclatura con la que se han descrito como primarios y secundarios:

📌 Objetivos primarios: son considerados esenciales para la formación del participante y de cumplimiento obligatorio.

📌 Objetivos secundarios: son considerados deseables para el nivel de los participantes en cuestión. <sup>3</sup> (Figura 1)



**Figura 1.** Representación ilustrativa para los objetivos. <sup>7</sup>

Una vez definidos los objetivos, se construyen las estrategias de aprendizaje basadas en la simulación: ¿cómo lo voy a lograr?, ¿este objetivo es más adecuado para una simulación de habilidades y destrezas o un entrenamiento complejo?. <sup>5</sup>

## 1.1.2 Participantes

Este elemento implica delimitar la población en la que el escenario de simulación tendrá mayor impacto. Se define la constitución del equipo interprofesional y la disciplina a la que pertenecen los participantes, por ejemplo; medicina, enfermería, odontología, entre otros; asimismo, se determina el número total de participantes.<sup>2,3</sup> (Figura 2)

Los participantes y los objetivos deben ser estrictamente coherentes, como se ilustra en el siguiente ejemplo: en una parada cardiorrespiratoria, si la población objetivo es un equipo de urgencias (enfermeras y médicos), algunos de los objetivos pueden ser «implementar el algoritmo de soporte vital avanzado» y «habilidades de comunicación en situaciones críticas».

Por otro lado, si la población objetivo es el personal administrativo de un centro de atención primaria, se delimitan los objetivos no médicos, y se considera lo que se espera de ellos y el entorno en el que se encuentran. De este modo, los objetivos van a cambiar dependiendo de los participantes.<sup>3</sup>



**Figura 2.** Participantes de un escenario de simulación.<sup>7</sup>

### 1.1.3 Escenografía

La escenografía es una herramienta que facilita el contexto en el que se lleva a cabo la simulación; se puede modificar el tiempo y la complejidad con base en el objetivo principal de enseñanza. <sup>1</sup>

Para crear un escenario que represente al entorno clínico en el que acontece el problema es obligatorio dar el máximo realismo posible a la simulación. La sala debe tener distribución, mobiliario y material clínico; cuanto más preciso sea el diseño del escenario, más veracidad aportará al caso. <sup>3</sup>

Un escenario que se encuentra bien distribuido pretende que se incremente el realismo de la simulación y contribuya en el ambiente de aprendizaje, de este modo favorece el aprovechamiento de conocimientos, así como la adquisición de habilidades. <sup>1</sup>

 Elementos del escenario: en la actualidad existen diferentes plantillas para la realización de un escenario, todo depende del centro de simulación; pueden variar en algunos aspectos, pero todos tienen los siguientes elementos que se describen a continuación. <sup>1, 2, 4</sup>

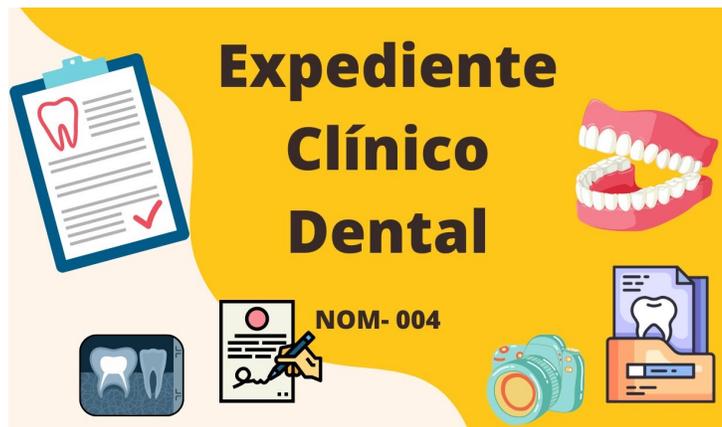
 Título: el título del escenario de simulación tiene que ser único y concreto para que sea de fácil identificación a los demás, debe dar una idea del tema que se desarrolla durante el escenario. Es recomendable que se relacione con el objetivo general y el caso clínico que se va a abordar. <sup>2, 4</sup>

 Objetivos: se diseñan los objetivos generales y específicos del escenario, como lo mencionado en el apartado 1.1.1. <sup>1, 2, 3, 4, 5</sup>



tiempos establecidos para cada momento de la simulación y se contemplan las acciones que los estudiantes deben cumplir.

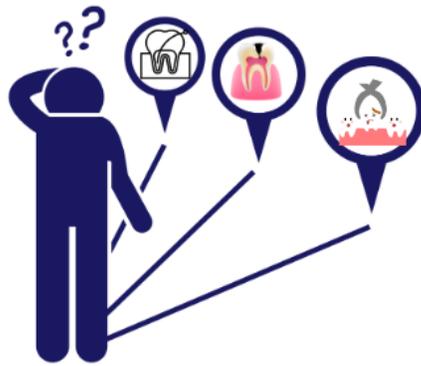
También se aconseja tener un guion en el que se desenvuelva todo el escenario, así como una tabla de posibles desenlaces dependiendo de las acciones tomadas por los estudiantes. <sup>4</sup> (Figura 4)



**Figura 4.** Representación de la logística del escenario. <sup>8</sup>

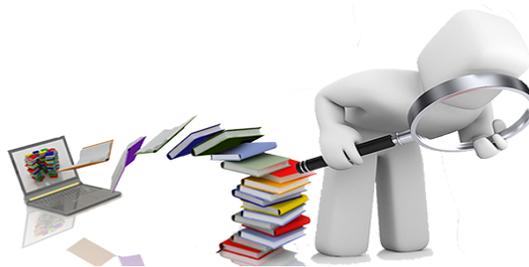
 Debriefing: el *debriefing* es el tiempo de reflexión de la práctica en el que se discute el caso clínico, la contribución de una historia bien estructurada para llegar al diagnóstico, la consideración de las observaciones clínicas durante un examen físico y el abordaje terapéutico o diagnóstico mediante el uso de estudios de laboratorio e imagenología, hasta llegar al diagnóstico definitivo. <sup>1</sup>

Es importante mencionar que el *debriefing* ofrece a los participantes la oportunidad de identificar entre las decisiones clínicas que son correctas, pero pueden tener dificultades o percances; también permite identificar esquemas mentales que se encuentran en la toma de decisiones durante el escenario de simulación, esto con el fin de que se puedan modificar o reforzar a través de la enseñanza. <sup>6</sup> (Figura 5)



**Figura 5.** Toma de decisiones.<sup>7</sup>

 Fundamentos teóricos: los fundamentos teóricos o también denominado marco teórico, se refiere a la revisión bibliográfica que se realiza antes para elaborar el planteamiento del escenario; se sugiere que las referencias bibliográficas sean de menos de siete años. También se señala la importancia de manejar el tema elegido para la población a la que se dirige.<sup>1, 4</sup> (Figura 6)



**Figura 6.** Marco teórico para elaborar el planteamiento del escenario de simulación.

9

 Referencias bibliográficas: este elemento se refiere a que deben detallarse todas las referencias institucionales, nacionales o internacionales que fueron utilizadas para la formación del escenario de simulación. Es recomendable que la bibliografía básica utilizada sea de menos de cinco años de actualización y las citas sean en formato APA o Vancouver.<sup>1, 2, 4</sup>

### 1.1.4 Guion

El guion es la base para el desarrollo de un escenario de simulación; formula las acciones y los comportamientos a seguir, por lo que cumple con las siguientes funciones: preparar actores, asignar papeles o roles, definir materiales y conducir a los participantes. <sup>2</sup> (Figura 7)



**Figura 7.** Diseño del guion. <sup>7</sup>

En el guion se deben detallar las preguntas que se le pueden realizar a los participantes con sus posibles respuestas; también se deben detallar los distractores y ruidos que se utilizan durante el escenario, donde se especifica en qué momento se pueden utilizar, con la finalidad de dirigir a los participantes al objetivo de aprendizaje. <sup>2, 4</sup>

El guion debe estar diseñado para que los participantes puedan alcanzar los objetivos establecidos y tiene que ser lo más realista posible para empapar a los participantes en la experiencia que se ha diseñado; es importante observar las características específicas de los participantes. Para esto se necesita tomar en cuenta los siguientes puntos: lugar, ambiente, debilidades, fortalezas que llegan a presentar los participantes y escenario donde se desarrolla la simulación. <sup>2, 3</sup>

Este elemento se divide en dos partes: 1) descripción del caso y revaloración de la coherencia y 2) objetivos escenario-*debriefing*.

Estos elementos impiden que se olviden aspectos importantes para el desarrollo del caso, o que dan realidad a la historia. En este punto se debe evaluar la coherencia entre los objetivos propuestos, el guion desarrollado y el contenido del *debriefing*.<sup>3</sup>

### 1.1.5 Roles

Se refieren a los personajes que serán necesarios para el escenario de simulación; en este elemento se define el papel de los participantes y quiénes son los más adecuados para realizar el caso clínico. Las características emocionales y físicas de cada personaje deben ser detalladas.<sup>3</sup> (Figura 8)



Figura 8. Roles en un escenario de simulación.<sup>7</sup>

### 1.1.6 Distractores

Los distractores o también conocidos como ruidos y señales son elementos que se aplican para desviar la atención de los participantes. Durante el desarrollo de un escenario de simulación, el instructor da señales o ruidos con el propósito de redirigir a los participantes cuando no se están cumpliendo los objetivos definidos. <sup>3</sup>

Las señales o ruidos pueden ser preguntas formuladas a los participantes durante el desarrollo del escenario o estímulos olfatorios, auditivos y visuales, con el fin de modificar su conducta. Son una herramienta útil para guiar el manejo de las emociones y conservar la calma en situaciones críticas. <sup>1, 2, 4</sup>

Las señales son estímulos que guían a los participantes a cumplir los objetivos del escenario que se plantearon al inicio. El ruido es un estímulo que tiene la función de distraer a los miembros del equipo, para favorecer la discusión y la toma de decisiones. <sup>4</sup>

Es importante considerar que, si los participantes no tienen experiencia en los casos clínicos en simuladores, las señales emitidas por el instructor o el simulador deben ser mayores y debe haber menos ruido. Los participantes deben estar pendientes a las señales y ruidos ya que estos les ayudan a orientar el interrogatorio de la historia clínica del paciente, la exploración física, los estudios de laboratorio e imagenología, y observar cómo evoluciona la enfermedad. <sup>1</sup>

Por otra parte, estos recursos tienen la desventaja de que pueden ser contraproducentes en algunos casos; es un elemento opcional, dejando que los instructores decidan usarlo o no. <sup>3</sup> (Figura 9)



**Figura 9.** Participante que pendiente de los ruidos, señales y distractores. <sup>7</sup>

### 1.1.7 Tiempos

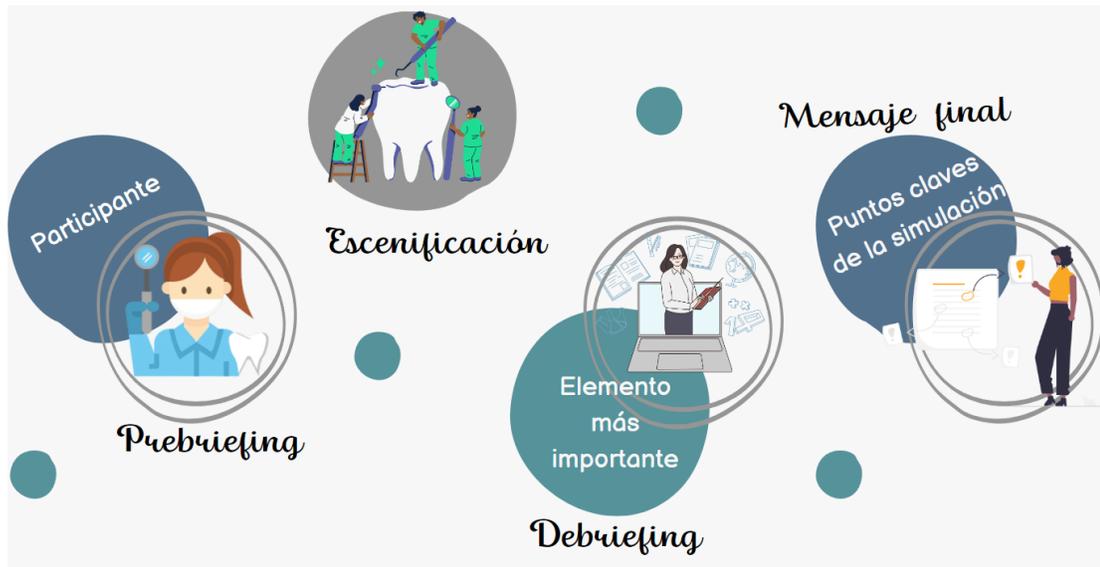
Los participantes, el guion y los roles deben ser coherentes, esto ayuda a definir correctamente los tiempos de las fases del escenario de simulación, las características de los participantes como los conocimientos previos, la experiencia, así como la secuencia de los hechos, los cuales son importantes para definir el tiempo del escenario.

En la fase del *prebriefing* se introduce a los participantes a la situación a la que se van a enfrentar, se les prepara para iniciar el caso. El tiempo recomendado para esta fase depende de la experiencia de los participantes, el tiempo va de cinco a diez minutos.

En la fase de la escenificación se dedica el tiempo a desarrollar el escenario propiamente dicho, el caso clínico puede terminar de dos formas; ya sea porque se alcanzaron los objetivos iniciales o porque se excedió el tiempo establecido. El tiempo aproximado es de diez a quince minutos. <sup>3</sup>

La fase del *debriefing* es el elemento más importante de la simulación; debe estar diseñado de forma cuidadosa por los instructores, ya que ayuda a promover una profunda introspección con el fin de modificar el comportamiento de los participantes ante situaciones futuras. El tiempo de esta fase va de los 25 a los 35 minutos.

Por último, se da un mensaje final, en el cual se hace un resumen de los puntos clave que el instructor quiere dejar claros cuando finalice la sesión, para que lo aprendido se aplique en el futuro en la práctica clínica. El tiempo del mensaje final es de uno a dos minutos. <sup>3</sup> (Figura 10)



**Figura 10.** Fases del escenario de simulación. <sup>7</sup>

### 1.1.8 Simulador

Desde finales de los años noventa, se incorporó a las clases prácticas el uso de simuladores estáticos para la valoración de procedimientos médicos. Los simuladores generan sensaciones que no son reales, pero que crean una

réplica de escenarios patológicos clínicos donde los participantes construyen su conocimiento desde el aprendizaje basado en experiencias.

Peña (2009), de la Universidad de Córdoba, define a los simuladores como “objetos de aprendizaje que a través de un software intentan replicar los fenómenos de la realidad; su propósito es que el participante construya su conocimiento gracias al trabajo exploratorio, a las hipótesis que se hicieron en el momento de participar en la simulación y al aprendizaje por descubrimiento”.

1

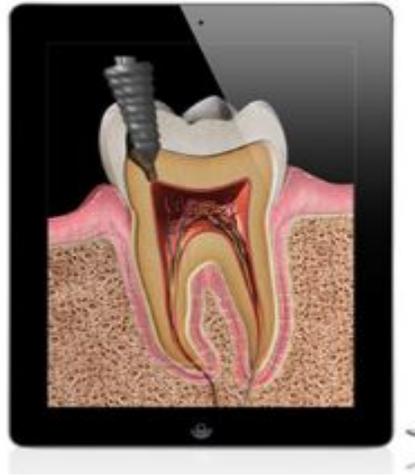
Finalmente, la elección del simulador va a depender del caso, así como de su disponibilidad. Los maniqués robotizados requieren una programación dependiendo de los parámetros fisiológicos del inicio y las respuestas que se esperan de acuerdo con el guion a seguir.

En este elemento del escenario de simulación, el instructor es el encargado de cambiar la respuesta del maniquí con respecto de las posibles acciones de los participantes.<sup>3</sup> (Figura 11)



**Figura 11.** Simuladores dentales en un escenario de simulación.<sup>10</sup>

Por otra parte, también existen dispositivos más sencillos que son aplicaciones de bajo costo para celulares y tabletas. (Figura 12) Este elemento de un escenario de simulación permite identificar fácilmente las posibles inconsistencias entre la programación del maniquí, el guion y el *debriefing*.<sup>3</sup>



**Figura 12.** Aplicación para celular o tableta: *Dental Patient Education*.<sup>11</sup>

En resumen, los escenarios de simulación requieren de diversos elementos, los cuales son objetivos, participantes, escenografía guion, roles, distractores, tiempos y el simulador.

Es importante que cumplan con su función de promover un ambiente muy cercano a la realidad en el contexto educativo, por lo tanto, todos estos elementos mencionados deben estar bien estructurados y relacionarse entre sí para poder desarrollar correctamente un caso clínico.

Para llevar a cabo escenarios de simulación tal como se describió en este apartado, el simulador es fundamental para ejercer las prácticas; por ello, a continuación, se describe lo investigado en la literatura respecto de dos tipos de simuladores empleados en la educación odontológica: los físicos y los virtuales.<sup>1, 2, 3, 4, 5, 6</sup>

## 2. SIMULADORES FÍSICOS Y VIRTUALES

El uso de simuladores tanto físicos como virtuales se ha dado mucho en los últimos años gracias a los temas relacionados con la bioética, es muy importante la protección y el cuidado del paciente.

Por otra parte, el uso se volvió más importante porque en el 2020, la pandemia causada por el SARS-CoV-2 dificultó a los alumnos de odontología la posibilidad de practicar y desarrollar habilidades manuales, ya que no se pudo acudir a las instalaciones universitarias y el riesgo de contagio era muy alto. Por este motivo ha sido necesaria la implementación de los simuladores tanto físicos como virtuales.

A partir del siglo XX inició la simulación moderna, empezaron fabricando partes de maniqués que se utilizaron para entrenamiento de reanimación cardiopulmonar; después se desarrolló un tipo de simulador que se podía programar para algunas funciones fisiológicas básicas. Esto ha hecho que en las últimas décadas la simulación sea aceptada en la formación clínica, como técnicas de aprendizaje que ayuda a desarrollar competencias en los alumnos del área de la salud.<sup>12, 13</sup>

La utilización de simuladores y escenarios de simulación les permite a los estudiantes que se relacionen con escenarios clínicos reales donde cumplen con un papel protagónico; esto les ayuda a poner a prueba todos sus conocimientos para establecer un plan de diagnóstico y terapéutico; el alumno tiene la autonomía de tomar decisiones.<sup>12</sup>

Una de las principales ventajas de la simulación es la protección del paciente, ya que permite que sea considerado como el fin del proceso de aprendizaje y no como el medio para este. El uso de la simulación como

método de enseñanza ha facilitado los procesos de aprendizaje en la práctica clínica, ya que permite en menor tiempo la adquisición de competencias; también disminuye el estrés por tratarse de escenarios de simulación.<sup>12</sup>

En la actualidad existen diversas clasificaciones en la literatura de las diferentes alternativas de simulación que se utilizan en clínica. Ziv<sup>13</sup> describe una clasificación que considera cinco categorías principales:

1. Simuladores de uso específico y de baja tecnología: en inglés *part task trainers*, son modelos que se diseñan para replicar una parte del organismo, esto hace que sólo se desarrollen habilidades psicomotoras básicas.

2. Pacientes simulados o estandarizados: son actores entrenados para actuar como pacientes, principalmente se utilizan para el entrenamiento y la evaluación de habilidades como el llenado de la historia clínica, la realización del examen físico y la comunicación.

3. Simuladores virtuales en pantalla: estos simuladores son programas de computación que permiten representar múltiples situaciones en áreas como la fisiología, la farmacología o en problemas clínicos.

4. Simuladores de tareas complejas: los simuladores de tareas complejas usan modelos, dispositivos electrónicos, computacionales y mecánicos de alta fidelidad visual, auditiva y táctil, todo esto para lograr una representación tridimensional de un espacio anatómico.<sup>13</sup>

5. Simuladores de paciente completo: los simuladores de paciente completo constan de maniqués de tamaño real, que se manejan a través de una computadora, simulan aspectos anatómicos y fisiológicos. Ayuda a

desarrollar competencias en el manejo de situaciones clínicas complejas, así como aprender a trabajar en equipo. <sup>13</sup>

Es importante mencionar el concepto de fidelidad de los simuladores o de una simulación, que se divide en tres niveles: baja, intermedia y alta.

1. Simulación de baja fidelidad: en la simulación de baja fidelidad se clasifican los modelos que simulan solo una parte del organismo, son usados para adquirir habilidades motrices básicas de un procedimiento simple o examen físico.

2. Simulación de fidelidad intermedia: la simulación de fidelidad intermedia combina el uso de una parte anatómica con programas de computación, son de menor complejidad, permiten al instructor manejar variables fisiológicas básicas. Un ejemplo son los dispositivos de entrenamiento para la reanimación cardiopulmonar.

3. Simulación de alta fidelidad: la simulación de alta fidelidad integra diversas variables fisiológicas para la creación de escenarios clínicos más realistas con maniqués de tamaño real. Tiene como propósito desarrollar competencias técnicas avanzadas, así como en el manejo de crisis. <sup>13</sup>

El impulso de la simulación en el área de las ciencias de la salud ha sido importante para la bioética, ya que esta incide en la protección de los pacientes. y eso ha aumentado las expectativas sobre el compromiso de los docentes en salud para asegurar el logro de las competencias que se necesitan en la práctica clínica. <sup>13, 14</sup>

Con el desarrollo de la simulación clínica, se destacan tres puntos importantes: <sup>13</sup>

1) El desarrollo de la bioética, con la declaración de Helsinki en el año 1964 que protege a las personas como sujetos de experimentación, con la finalidad de enfocar la atención en los derechos de los pacientes.

2) El desarrollo de la educación médica, generando mayor exigencia para asegurar su calidad.

3) El desarrollo tecnológico en computación, electrónica, nuevos materiales como la simulación háptica y la realidad virtual.<sup>13</sup>

Utilizar simuladores en odontología apoya el desarrollo de competencias profesionales. Gracias a la simulación, se puede centrar el objeto del conocimiento aplicándolo en el caso clínico, esto con la finalidad de que el alumno al momento de entrar a clínica a pesar de no tener experiencia real previa, tenga la capacidad de poder desarrollarse con éxito en una situación real.

El objetivo de utilizar la simulación en odontopediatría es poder contar con una herramienta educativa que nos ayude a la adquisición de habilidades, destrezas, técnicas y competencias necesarias para la formación del estudiante o profesional de odontología.<sup>14</sup>

Asimismo, por el tema de la pandemia causada por el virus SARS-CoV-2, es importante plantear un esquema de enseñanza bimodal, un ambiente virtual de aprendizaje, que cuente con una plataforma y esté ligado con objetos virtuales y todo lo que implica este tipo de enseñanza.<sup>15</sup>

## 2.1 Simuladores físicos

Desde el año 1998 se presentó una disposición a usar la simulación como método de aprendizaje; esta considera el uso de simuladores físicos que permiten tocar, sentir y realizar procedimientos odontológicos. En un inicio los simuladores tradicionales eran aquellos que estaban hechos a partir de modelos de yeso o plástico colocados en un articulador. <sup>15, 16</sup> (Figura 13)



**Figura 13.** Primeras técnicas odontológicas para la simulación <sup>17</sup>

Es importante mencionar un poco de la historia de los simuladores, en el año de 1963 en América Latina, el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM) usó el primer simulador que consistía en un diente natural colocado sobre una base de yeso en forma de maxilar. <sup>18</sup>

Actualmente los simuladores más utilizados son maniqués que tienen una cabeza artificial con maxilas y mandíbulas, estos se pueden acoplar a los sillones dentales para crear un escenario clínico que se acerca más a la realidad. Por otra parte, Oswald Fergus creó el primer simulador de tipo fantoma en 1984, formado por una varilla de metal y un maxilar y una mandíbula de bronce. Este tipo de simulador comenzó a utilizarse a principios de 1990 como una herramienta educativa para desarrollar habilidades en clínica. <sup>18, 19</sup> (Figura 14)



**Figura 14.** Simulador dental actual, marca Bader. <sup>20</sup>

Los simuladores en odontología que utilizan maniqués y se colocan en el sillón dental son considerados de alta fidelidad, pero al mismo tiempo son de baja complejidad y tecnología. Las ventajas de este tipo de simulador son: la ergonomía, el manejo adecuado de la pieza de mano, aprender a utilizar la motricidad fina, además de un mejor control de las infecciones y contaminación. <sup>18, 19</sup>

 Simuladores tipo fantoma: actualmente hay dos marcas de simuladores tipo fantoma, de los que se pueden mencionar a CLINSIM® y a Nissin®, a continuación, se describirá cada uno. <sup>19</sup>

 Simuladores CLINSIM: los simuladores CLINSIM tienen la mitad superior del cuerpo en el sillón dental, lo que ayuda a que el estudiante pueda realizar las prácticas con una mayor similitud a la atención en una unidad dental. También cuentan con un articulador para reproducir los movimientos mandibulares. Esta unidad dental nos proporciona una lámpara, una pieza de mano de alta y baja velocidad, también tiene succión para utilizar el eyector y una jeringa triple. <sup>19</sup> (Figura 15)



**Figura 15.** Simulador fantoma tipo CLINSIM.<sup>21</sup>

✚ Simuladores Nissin: los simuladores Nissin pertenecen a una compañía japonesa y permiten que el estudiante tenga una mejor experiencia, lo más parecido a la realidad con técnicas de enseñanza y aprendizaje, lo que mejora las destrezas del estudiante en el ámbito clínico, además de crear disciplina de bioseguridad.

El simulador Nissin tipo II cuenta con varias funciones de movimiento oclusal y maxilar, también ofrece movimientos de mayor similitud a la articulación temporomandibular (ATM), en comparación con el tipo I.<sup>19</sup> (Figuras 16 y 17)



**Figura 16.** Simulador Nissin tipo II. <sup>22</sup>



**Figura 17.** Estudiantes de odontología utilizando los simuladores físicos como método de aprendizaje. <sup>23</sup>

## 2.2 Simuladores virtuales

Como se mencionó en los simuladores físicos, la odontología evolucionó, ya que al inicio se usaban maxilares humanos con dientes o maquetas deacrílico; en la actualidad se utilizan más los fantomas, pero en las últimas décadas se han implementado los simuladores virtuales hápticos. La perspectiva de la enseñanza cambió, ya que han aparecido *softwares* de simulación, e incluyen textos gráficos y animaciones. <sup>15, 18</sup>

El uso de la simulación de realidad virtual y háptica como herramienta de aprendizaje para la formación universitaria es cada vez más evidente. Entre las ventajas que existen es que hay mayor retroalimentación sensorial, se pueden grabar los procedimientos y mejora la ergonomía. <sup>19</sup>

Otra ventaja de la práctica con simuladores en odontología es que complementa los conocimientos teóricos que se adquirieron previamente y estimula a los alumnos a buscar nuevas aplicaciones, ya que estas interacciones permiten desarrollar mejores competencias clínicas.

Los simuladores ayudan a tener una mejor preparación para tratar pacientes, la simulación de realidad virtual mejorada con háptica es una alternativa para el entrenamiento sensorial y motor, que es necesario para llevar a buen término lo establecido en los planes de estudios en la odontología. <sup>19, 24</sup>

En general, un simulador virtual no háptico es todo aquel que use simulación en 2D como vídeos e imágenes y 3D que cuenta con tecnología más avanzada, como es el caso de softwares que se utilizan en las computadoras; la característica importante es que no podemos utilizar el tacto para aprender. <sup>19</sup>

En el caso de un simulador virtual háptico tiene tecnología más precisa en la que se utilizan equipos especiales, lo que desarrolla mayor habilidad manual pues permite sentir cómo es realizar algún procedimiento odontológico; un ejemplo es diseñar una cavidad en operatoria ya que genera resistencia, se puede sentir lo que es perforar el esmalte y la dentina. <sup>19</sup>

A continuación, se describen más a detalle cada uno de estos tipos de simuladores.

### **2.2.1 No hápticos**

Gracias a la era digital el ritmo de la tecnología ha aumentado, y en odontología ha tenido un impacto muy importante, lo que actualmente ha generado cambios en la investigación, docencia y la atención con los pacientes. <sup>25</sup>

De esta manera se pueden generar simulaciones bidimensionales y tridimensionales, la diferencia entre las dos es que la simulación tridimensional, permite tener una visión más realista de los objetos. Los elementos como texturas, iluminación y el rotar los elementos, aumentan la percepción de los estudiantes. <sup>26</sup>

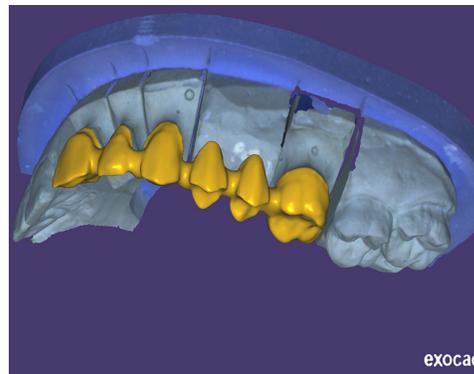
Por este motivo, la simulación clínica ha sustituido a las imágenes 2D que se encuentran en los libros de texto, y por modelos 3D; su uso se reporta en el estudio de anatomía humana, por su poder de recrear de manera fidedigna los detalles anatómicos de las estructuras del cuerpo, por ejemplo, los huesos. <sup>25</sup> (Figura 18)



**Figura 18.** Anatomía de cabeza y cuello en un programa 3D. Catfish Animation Studio.<sup>27</sup>

Para recrear modelos en 3D se necesitan tres fases, que son la preproducción, la producción y la posproducción, cada una tiene etapas que favorecen al óptimo desarrollo de los instrumentos modelados, así tendrán un favorable acercamiento a la realidad.<sup>26</sup>

La simulación virtual ofrece nuevos métodos de enseñanza debido a su combinación de elementos digitales con un entorno de aprendizaje real, el usuario puede explorar e interactuar de una manera más fácil; ofrece una experiencia subjetiva del entorno.<sup>28</sup> (Figura 19)



**Figura 19.** Software utilizado en tecnología CAD CAM para diseño de prótesis fija.<sup>29</sup>

La simulación virtual se ha utilizado en diversas áreas de la odontología como cirugía o implantología; otra forma en que se ha aplicado la simulación es en los pacientes de odontopediatría, pues ayuda a calmar la ansiedad durante el tratamiento; también se ha utilizado para enseñar técnicas de anestesia. <sup>28</sup> (Figura 20)



**Figura 20.** Uso de la tecnología para disminuir la ansiedad en los niños. <sup>30</sup>

### 2.2.2 Hápticos

A principios del año 2000, se comenzó con la construcción de los prototipos de simuladores hápticos; la pedagogía en odontología se vio obligada a introducir simuladores, por lo que se construyeron laboratorios para desarrollar el ejercicio práctico. Estos simuladores son eficaces ya que entre sus funciones se encuentran la de replicar de forma más realista la situación clínica, ya que se tiene la facilidad de identificar errores que se presenten durante la simulación. <sup>19, 31, 32</sup>

Luciano et al., (2009) y Boer et al. (2012), mencionan que los simuladores hápticos son mejores ya que resuelven la necesidad de utilizar

modelos físicos como los instrumentos rotatorios como las piezas de mano y las fresas; al no usar estos materiales la sostenibilidad económica y ambiental es mejor para los alumnos. <sup>32</sup>

Los simuladores virtuales hápticos son equipos tecnológicos que repiten con alta fidelidad la sensación táctil que el alumno puede experimentar cuando entra en contacto con objetos reales, sin entrar en contacto físico con ellos; el uso constante de esta herramienta educativa genera confianza en el estudiante, ya que resultan muy cómodos para el entrenamiento de habilidades y gracias a esto se puede ofrecer una atención adecuada a los pacientes. <sup>33</sup> (Figura 21)



**Figura 21.** Uso real del simulador virtual háptico. <sup>34</sup>

Los simuladores de realidad virtual háptica les brindan sensaciones a los usuarios a través del dispositivo que sostienen y manipulan, y lo hacen en forma de sonidos, presión y vibraciones, puesto que su objetivo es tener una sensación óptima y genuina de los procedimientos clínicos. Los programas de educación odontológica se encuentran limitados por tiempo y lugar y el uso de simuladores ayuda a que los estudiantes tengan habilidades motoras necesarias para realizar procedimientos clínicos invasivos. <sup>35, 36</sup> (Figura 22)



**Figura 22.** Ejemplo del uso de un simulador virtual háptico. <sup>34</sup>

Como ya se ha mencionado, la práctica con simuladores proporciona a los estudiantes un ambiente de aprendizaje seguro, pueden cometer errores y no tener consecuencias desfavorables para el paciente, e incluso para ellos mismos; en este proceso reciben retroalimentación generada por una computadora. <sup>32, 36</sup>

En odontopediatría se descubrió que al implementar la simulación virtual mejoran significativamente las habilidades de los estudiantes, como el manejo de conducta del paciente pediátrico, la empatía, las técnicas de anestesia local, así como procedimientos dentales complejos de manera oportuna ya que en una paciente real puede ser difícil por problemas de conducta. <sup>36</sup>

Se describen a continuación las características de tres simuladores hápticos de dos diferentes casas comerciales que cuentan con características particulares y avanzadas como prototipos de simulación de esta categoría. <sup>19</sup>

🇳🇱 Simulador *Simodont®*: el simulador *Simodont Dental Trainer* fue desarrollado por Moong en el año 2009; tuvo colaboración con el centro Académico de Ámsterdam que pertenece a los Países Bajos.

Es un simulador háptico de realidad virtual que se ha convertido en un instrumento útil para la formación preclínica de los alumnos de odontología. Las características que presenta es que ayuda a la formación de destrezas manuales en los procedimientos clínicos, como lo son la eliminación de caries dental, la restauración de cavidades, la preparación de coronas, entre otros. <sup>19</sup>

Como se dijo anteriormente, este simulador cuenta con un sensor de fuerza, esto hace que se tenga una sensación de alta fidelidad; permite a los usuarios seleccionar perfiles de pacientes virtuales, poder realizar un correcto diagnóstico, planificar el tratamiento y se proporciona una evaluación automatizada. <sup>19</sup> (Figura 23)



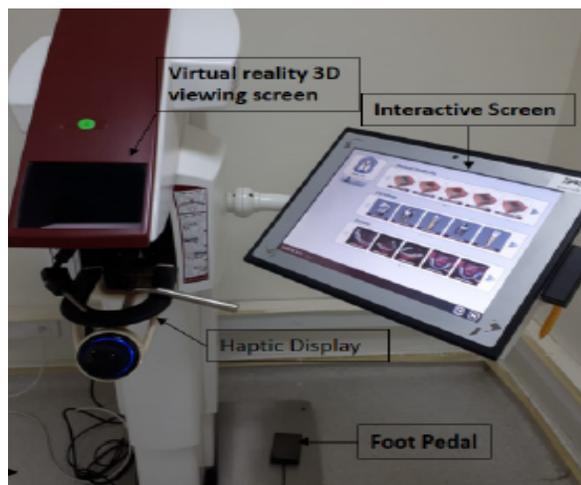
**Figura 23.** Partes con las que cuenta el simulador *Simodont®*. <sup>32</sup>

Este simulador cuenta con los siguientes elementos: columna principal, la mitad superior se encuentra en un campo háptico con elementos de uso

manual, tiene una pantalla de proyección en 3D, los escenarios se sitúan en el lugar donde normalmente se ubica la cabeza del paciente. Por el entorno virtual de tercera dimensión, es necesario utilizar gafas anaglíficas negras para que de esta manera el operador reciba la profundidad de la imagen que puede ser de un diente, una arcada, entre otros.

La mayor ventaja de este simulador háptico es que los alumnos no gastan en fresas, ni en agua, ni en dientes de repuesto. Además, la interacción manual sensitiva con el campo háptico es acompañada por la visualización de una pantalla 3D que se combina con una interacción con la pantalla táctil.<sup>32, 37</sup>

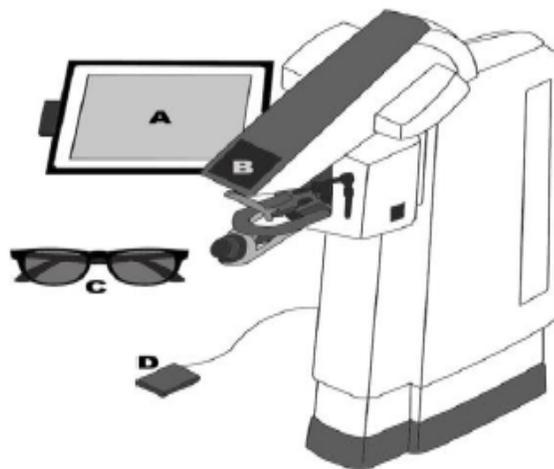
Debajo de la pantalla 3D hay una pantalla háptica; tiene un soporte para la mano, el mango de espejo, la pieza de mano que cuenta con una punta virtual, la cual está vinculada a un brazo robótico conectado a un *software* que genera una sensación táctil de la preparación real en esmalte y dentina. El *software* incluye una gama de ejercicios de destreza manual, dientes sanos, dientes con caries para procedimientos de operatoria, así como diferentes instrumentos manuales, rotatorios; también incluye una opción para usuarios diestros y zurdos.<sup>35</sup> (Figura 24)



**Figura 24.** Simulador virtual háptico, Simodont®.<sup>35</sup>

Los dientes virtuales de Simodont®, según Boer et, al, se crean a partir de escanear un diente natural mediante una tomografía computarizada de haz cónico. El programa *ColorMapEditor* fusiona las caras de los dientes y se produce un diente tridimensional, también ayuda a reproducir una arcada dental. Por otra parte, la edición 3D permite manipular la dureza de las superficies, por lo que reproduce la consistencia blanda causada por las lesiones cariosas. <sup>32</sup>

Un factor para considerar es que el *Simodont®*, ayuda a desarrollar la ergonomía física, ya que el usuario puede tener una posición correcta al momento de utilizar la máquina, esto debido a que cuenta con una columna central que se ajusta en altura y torso de la persona que lo utiliza; asimismo tiene una ubicación dinámica de las interfaces virtual y háptica. <sup>37</sup> (Figura 25)



**Figura 25.** Elementos del simulador Simodont®. A. Panel que permite acceder a la interfaz de usuario para seleccionar, interactuar y completar ejercicios y casos. B. Visor de pantalla 3D para dientes u objetos virtuales. C. Campo háptico o interfaz háptica. Gafas 3D para el visor de pantalla. D. Pedal para activar y controlar la velocidad de las piezas de mano. <sup>32</sup>

✚ SIMIOCARE®: es un simulador que proporciona retroalimentación, particularmente en la forma táctil a través de una pieza de mano física con punta virtual y un mango de espejo dental; estos se ven gráficamente en un monitor, junto a imágenes realistas de los dientes. La velocidad de la pieza de mano se controla con un pedal real, además está conectada a un brazo robótico que da las sensaciones táctiles y de sonido. (Figura 26)

El SIMtoCARE® cuenta con un *software* personalizado que incluye una variedad de ejercicios de destreza manual y de procedimientos quirúrgicos dentales de diferentes niveles de complejidad. <sup>36</sup> (Figura 27)



**Figura 26.** Simulador háptico SIMtoCARE®. <sup>36</sup>



**Figura 27.** Pulpotomía realizada con el simulador SIMtoCARE®. <sup>36</sup>

 Simulador *Dent Sim*®: es un simulador de realidad aumentada desarrollado por empresas de Israel y Estados Unidos que cuenta con un sistema computarizado y cuya primera producción fue en el año 1993. *Dent Sim* les permite a los estudiantes realizar una preparación cavitaria y al mismo tiempo evaluar los procesos de la preparación y el resultado final. Además, proporciona retroalimentación visual y digital al instante con la pantalla de realidad aumentada. <sup>19</sup>

Por otra parte, el *Dent Sim* fue de los primeros modelos asistidos por un ordenador desarrollado por *Den X Ltd*, compuesto por un maniquí que se conecta a dos computadoras a través de una cámara infrarroja que se acopla a la pieza de mano. Esto hace que este simulador se considere de última generación asistida por tecnología de punta. <sup>37</sup> (Figura 28)

En relación con Odontopediatría las características de estos simuladores permiten además del realismo, la posibilidad de que los estudiantes integren sus conocimientos sobre anatomía, operatoria, patología y los apliquen en la práctica clínica, pues lo más importante es el bienestar del paciente. <sup>36</sup>



**Figura 28.** Simulador *Dent Sim*.<sup>38</sup>

Llegado este punto, es importante mencionar que la simulación virtual háptica es una tecnología relativamente nueva en el campo de la enseñanza y aprendizaje de la odontología, por lo tanto, está surgiendo nueva información en la literatura.<sup>35</sup>

### **3. BENEFICIOS Y LIMITACIONES DEL EMPLEO DE LA SIMULACIÓN VIRTUAL HÁPTICA**

En este capítulo se describirán los beneficios o ventajas que se obtienen de utilizar la simulación virtual háptica como estrategia educativa en odontopediatría. Como se ha mencionado en los capítulos anteriores, en los últimos años este método de enseñanza se ha adaptado con mayor fuerza debido a la pandemia causada por el virus SARS-CoV-2, pues las prácticas clínicas disminuyeron, lo que provocó que los alumnos tuvieran deficiencias en el desarrollo habitual de las habilidades psicomotrices.

### 3.1 Beneficios y ventajas

Uno de los principales beneficios del uso de la simulación virtual háptica en odontología y específicamente en odontopediatría es que prevé la seguridad de los pacientes, ya que no se exponen a los eventos adversos que pueden ocurrir por la falta de experiencia de los alumnos.

En odontopediatría esto es de suma importancia ya que los tiempos de trabajo con los niños y adolescentes deben ser cortos; el abordaje psicológico del paciente es relevante para el éxito de los tratamientos restauradores, por lo que tener destrezas motoras desarrolladas en estos previo a la práctica clínica en los infantes resulta fundamental en el éxito de la atención, ya que así el practicante da el tiempo justo a cada momento de la consulta: el abordaje junto con el empleo de técnicas de modificación de la conducta (si fuese necesario empelarlas), el desarrollo del procedimiento operatorio (y que es el tiempo que se optimiza con el entrenamiento previo con simuladores virtuales hápticos).<sup>33</sup> (Figura 29)



Figura 29. Cuidado y seguridad del paciente.<sup>7</sup>

La implementación de la simulación virtual háptica en el área odontológica implica que los alumnos sumerjan sus sentidos incluido el del tacto, pues visualizan una práctica como si fuera la cavidad oral de un paciente real con los padecimientos más frecuentes, lo que permite una práctica adecuada para el entrenamiento operatorio de diversos procedimientos restaurativos.

Lo anterior coincide con estudios realizados en universidades como la de Hong Kong, la de Lorraine (Francia) o la de Western en Australia, mostraron que con el uso del simulador virtual Simodont® para la preparación de cavidades dentales elaboradas, se logró mejor destreza del alumno; también ayudó a ahorrar tiempo de supervisión por parte de los docentes, y se concluyó que es un buen complemento para la capacitación de procedimientos en odontopediatría. <sup>33, 39</sup>

De las ventajas más relevantes del uso de la simulación virtual háptica se encuentran:

 El docente tiene mayor control al momento de evaluar el desempeño de los alumnos y es más fácil hacer una predicción de cómo se van a desenvolver en el futuro.

 Antes de entrar con pacientes reales, se pueden equivocar y aprender de sus errores sin causarles ningún tipo de daño a las personas.

 Ayuda al cuidado del medio ambiente, ya que no se generan residuos peligrosos biológico-infecciosos (RPBI) al no tener que atender pacientes para las prácticas. <sup>39, 40</sup>

Los alumnos tienen mayor seguridad, ya que se evita el contacto con los tejidos de los pacientes, que son un potencial riesgo de infección.

Se permite a los alumnos repetir la simulación las veces que sean necesarias para poder obtener la habilidad manual que se necesita; al reiterar las prácticas no se utilizan materiales físicos, por lo que no supone un gasto económico para el alumno.

Además, los escenarios de simulación al acercarse a situaciones reales, preparan a los alumnos emocionalmente para manejar situaciones de estrés.<sup>39, 40</sup>

La simulación virtual háptica se ha vuelto relevante a la hora de formar profesionales de la salud, pues ofrece un método de aprendizaje más seguro, tanto para los pacientes como para los alumnos, tiene un efecto positivo en la enseñanza y tienen un buen nivel de aceptación en los estudiantes. Por lo tanto, hacer uso de simuladores junto con escenarios simulados ayuda a mejorar la retención de conocimientos, facilitando la adquisición de habilidades en comparación con un método tradicional de enseñanza.<sup>40</sup> (Figura 30)

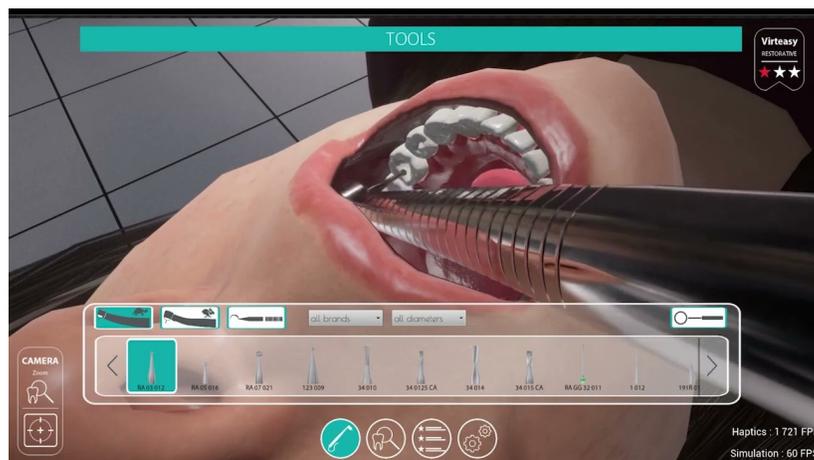


Figura 30. Simulador Virtual.<sup>41</sup>

Para concluir esta parte de los beneficios y ventajas de la simulación virtual háptica, se hace hincapié en que el uso de simuladores virtuales ha sido de gran importancia con el tema de la seguridad del paciente, pues es un componente fundamental en los servicios de atención, y que se define como “la reducción del riesgo de daños innecesarios relacionados con la atención sanitaria hasta un mínimo aceptable”.

Por lo tanto, al usar simuladores como método de enseñanza, se reduce incidentes y eventos adversos, además de que el alumno se prepara para poder tener un mejor dominio de las habilidades que se necesitan para entrar con un paciente real. <sup>42, 43</sup>

Como se mencionó en los capítulos anteriores, el desarrollo de la simulación en el campo del área de la salud ha sido impulsado por varios elementos, el principal es la bioética que está al pendiente de la protección de los derechos de los pacientes, también de su seguridad, la calidad en la enseñanza odontológica. Por otra parte, vela por el progreso tecnológico de los simuladores de la realidad clínica. <sup>12</sup>

De este modo, el objetivo principal que tiene el personal de salud, es brindar al paciente la mejor atención posible, por eso en la educación en ciencias de la salud es fundamental que los estudiantes logren desarrollar adecuadamente habilidades, conocimientos y actitudes, además del control de situaciones críticas, con la ventaja de no poner en riesgo a las personas; por lo que se garantiza a futuro una atención segura y adecuada. <sup>14</sup> (Figura 31)



**Figura 31.** Bienestar del paciente. <sup>44</sup>

### **3.2 Limitaciones**

El uso de los simuladores virtuales hápticos pueden tener ciertas limitaciones; al incorporar tecnologías más avanzadas puede tener problemas, así como desafíos educativos ya que los docentes se tienen que preparar para poder guiar y evaluar a los alumnos. <sup>45</sup>

Por otra parte, es importante mencionar que su uso puede tener algunas desventajas, por ejemplo, al momento de no interactuar con los pacientes puede que no desarrollen las habilidades necesarias para comunicarse con los pacientes, por lo tanto, se debe tener en cuenta que solo es una herramienta complementaria de aprendizaje. <sup>33</sup>

Una de las mayores limitaciones del uso de simuladores virtuales hápticos para el aprendizaje en odontología es su costo elevado, pues las universidades deben tener el suficiente presupuesto para poder adquirir este tipo de simuladores. <sup>45</sup>

En resumen, el uso de las nuevas tecnologías como lo son los simuladores virtuales tienen grandes beneficios en los estudiantes, ya que

aquellos pueden repetir los procedimientos odontológicos las veces que sean necesarias, sin poner en riesgo al paciente, pues les permite generar confianza en sí mismos y los prepara para poder atender casos clínicos reales. <sup>45</sup>

## **CONCLUSIONES**

En conclusión, con la pandemia que se vivió en el año 2020 causada por el virus SARS-CoV-2, la práctica clínica se vio limitada, lo que afectó a los alumnos a desarrollar habilidades que se necesitan para poder atender a un paciente, por este motivo es importante integrar simuladores virtuales hápticos en las universidades, pues introducir este método de enseñanza tiene grandes beneficios.

Los beneficios que tiene son generarles más confianza a los alumnos, ayudarlos a reaccionar de una mejor manera ante situaciones de estrés frente a un paciente real, al no tener contacto con los tejidos, disminuyen los riesgos a contraer alguna enfermedad cruzada, además que la práctica clínica no se vería interrumpida.

Su costo es elevado pero las universidades deberían priorizar tener este tipo de simuladores, pues es una gran herramienta para el aprendizaje y garantiza la seguridad de los pacientes, porque los alumnos generan más habilidades psicomotrices antes de entrar a la práctica clínica real. Finalmente hay que mencionar que no hay mejor inversión que el de la educación.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Bravo ZB, González PA, Ortiz GM, Valle FJ. Ambientes y diseño de escenarios en el aprendizaje basados en simulación. Conrado [Internet]. 2018 [Citado el 24 de octubre de 2023];14(61):184-190. Disponible en: <https://goo.su/LY99nN>
2. López LE, Barona NA, Hernández GL, Zamudio SV, Córdoba AF. Diseño de escenarios interprofesionales: simulación para el trabajo colaborativo. Rev Fac Med [Internet]. 2019 [Citado el 24 de octubre de 2023];(62):33-41. Disponible en: <https://goo.su/hSAK5pa> doi: 10.22201/fm.2484865e.2019.62.0.04
3. Gómez LL, Tena BB, Bergé RR, Coca MM, Forero CC, Gomar SC. Nueva plantilla para diseñar escenarios de simulación: interrelación de elementos en un vistazo. Educ Med [Internet]. 2018 [Citado el 24 de octubre de 2023];19(S3):350-359. Disponible en: <https://goo.su/K64Se> doi.org/10.1016/j.edumed.2017.12.001
4. Morales LS, Ávila JSA, Daniel GAB, et al. ¿Cómo se construyen los escenarios para la enseñanza basada en simulación clínica?. Rev Fac Med UNAM [Internet]. 2017 [Citado el 24 de octubre de 2023];60(1):37-45. Disponible en: <https://goo.su/l5HA1B>
5. Aguilar OCO, Tovar LB., Hernández CBA. Escenarios de aprendizaje basados en simulación: experiencia multidisciplinaria de la Universidad del Valle de México. FEM [Internet]. 2018 [Citado el 2 de noviembre de 2023];21(4):195-200. Disponible en: <https://goo.su/AcuG> doi: 10.33588/fem.214.956
6. Ferrero F. ¿Puede la simulación clínica contribuir al aprendizaje significativo de competencias educativas? Una aproximación constructivista. Rev Fac Med UNAM [Internet]. 2017 [Citado el 8 de noviembre de 2023];60(1):49-59. Disponible en: <https://goo.su/zUBl4f>

7. Mendieta Morales Alondra Lucia [Fuente directa]. Facultad de Odontología, UNAM. Seminario de titulación en áreas básicas y clínicas (Odontopediatría) septuagésima promoción; 2023.
8. OdontoblogMX. ¿Qué debe contener el Expediente Clínico Dental? NOM-004 [video en internet]. Youtube [Citado el 8 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://goo.su/EzFRRr>
9. Marco teórico [Internet]. CDMX, México: goconqr [Citado el 8 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://goo.su/CTVx6p>
10. Odontología inauguró sala con 24 simuladores [Internet]. Boca del Río, México: uv.mx [Citado el 8 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://goo.su/UI5ETAq>
11. Dvd dental. 6 Aplicaciones para clínicas dentales que te serán muy útiles [Internet]. Barcelona, España: El blog del odontomecum. 2018 [Citado el 8 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://goo.su/dN1Fxdz>
12. Serna CD, Martínez SL. La simulación en la educación médica, una alternativa para facilitar el aprendizaje. Arch Med (Manizales) [Internet]. 2018 [Citado el 2 de noviembre de 2023];18(2):447-454. Disponible en: <https://goo.su/tZyc5> doi: 10.30554/archmed.18.2.2624.2018
13. Corvetto M, Bravo MP, Montaña R, Utili F, Escudero E, Boza C, et al. Simulación en educación médica: una sinopsis. Rev Med Chile [Internet]. 2013 [Citado el 2 de noviembre de 2023];141(1):70-79. Disponible en: <https://goo.su/PxXYtj> doi: 10.4067/S0034-98872013000100010
14. Christiani JJ. La simulación en la enseñanza en Odontología. Una herramienta de aprendizaje para la seguridad del paciente y la calidad de atención. Revista de la Facultad de Odontología [Internet]. 2016 [Citado el 2 de noviembre de 2023];9(1):69-72. Disponible en: <https://goo.su/U1ID> doi: 10.30972/rfo.911602

15. Aguilar GD. La educación virtual en odontología. Rev Cient Odontol [Internet]. 2021 [Citado el 6 de noviembre de 2023];9(4):1-2. Disponible en: <https://goo.su/Pb6q8> doi: 10.21142/2523-2754-0904-2021-079
16. Muñoz QM, Cahuana VJ, Mendoza CM. Simulación en odontología: ¿opción o necesidad?. Rev Estomatol Herediana [Internet]. 2022 [Citado el 6 de noviembre de 2023];32(1):107-109. Disponible en: <https://goo.su/Dm2aMUg> doi: 10.20453/reh.v32i1.4192
17. González, IJ. Historia de la odontología. Capítulo I: primeras técnicas odontológicas [Internet]. Madrid, España: Dental Tribune. 2014 [Citado el 6 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://goo.su/zlPOvV>
18. Grandez GK. Simuladores en odontología y la formación de habilidades clínicas: un diálogo permanente. Odontol Sanmarquina [Internet]. 2021 [Citado el 6 de noviembre de 2023];24(3):261-267. Disponible en: <https://goo.su/omhY> doi: 10.15381/os.v24i3.20717
19. Gallo ZW, Contreras PH, Díaz SA. Uso de los simuladores en odontología pospandemia. Odontol Sanmarquina [Internet]. 2022 [Citado el 6 de noviembre de 2023];25(1):1-8. Disponible en: <https://goo.su/UZaQE> doi: 10.15381/os.v25i1.22077
20. Fantoma dental maniquí completo [Internet]. Benalmádena, España: equipamiento odontológico gms [Citado el 6 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://goo.su/Bojeohv>
21. Más de 60 simuladores formarán parte del nuevo equipamiento de la Facultad de Odontología [Internet]. Concepción, Chile: odontologia.udec [Citado el 8 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://goo.su/qPzm>
22. Fantoma NISSIM Tipo 2 [Internet]. Santiago, Chile: cipresdent [Citado el 8 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://goo.su/SURaBNY>
23. Laboratorio de simulación dental [Internet]. Monterrey, México: udem.edu [Citado el 9 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://goo.su/Y713ZEX>

24. Mankevich M. La importancia en odontología del uso de los simuladores en la enseñanza y aprendizaje. Rev. Simiykita [Internet]. 2015 [Citado el 6 de noviembre de 2023];1(2):98-100. Disponible en: <https://goo.su/8UmDNU>
25. Vázquez VF. Innovaciones tecnológicas en odontología. Rev Odont Mex [Internet]. 2022 [Citado el 8 de noviembre de 2023];26(1):6-7. Disponible en: <https://goo.su/dF0pf0>
26. Soria MD, Haro LS. Creación de un repositorio de código abierto de modelos en 3D de un kit odontológico utilizando Blender. Revista Odigos [Internet]. 2022 [Citado 10 de noviembre de 2023];3(3):75-90. Disponible en: <https://goo.su/sMjZ> doi: 10.35290/ro.v3n3.2022.674
27. Catfish Animation Studio(2023). Anatomía Atlas 3D (5.0.0) [Aplicación móvil]. Google Play [Citado el 10 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://goo.su/Gked5Y>
28. Genaro L, Capote T. Uso de la realidad virtual en odontología: revisión de literatura. Odovtos [Internet]. 2021 [Citado el 9 de noviembre de 2023];23(2):33-38. Disponible en: <https://goo.su/nleOK> doi: 10.15517/IJDS.2020.42111
29. Cerdá, G. La fascinación de los sistemas CAD-CAM dentales, materiales y protocolos de trabajo [Internet]. Valencia, España: Gaceta dental. 2020 [Citado el 9 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://goo.su/aClqoc8>
30. Menchaca J. ¿Cómo atender adecuadamente a los niños en el consultorio dental? [Internet]. CDMX, México: odontología actual. 2023 [Citado el 9 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://goo.su/MjCviz9>
31. Coro MG, Gómez SM, Suárez GA, Muñoz LM, Diéguez PM. Integración curricular de un laboratorio virtual inteligente para talleres de habilidades en Odontología. En: 4º Congreso Internacional sobre Aprendizaje, Innovación y Competitividad. Zaragoza, España: Universidad Europea; 2017. p. 46-51. [Citado el 7 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://goo.su/USxnH>

32. Coro MG, Gómez SM, Suárez GA. Haptic simulators with virtual reality environments in dental education: a preliminary teaching diagnosis. @tic revista d'innovació educativa [Internet]. 2017 [Citado el 7 de noviembre de 2023];(18):14-21. Disponible en: <https://goo.su/q4M1mb9> doi: 10.7203/attic.18.9077
33. Cayo RC, Medrano CS. Simuladores hápticos en la educación médica virtual. Educación Médica Superior [Internet]. 2022 [Citado el 14 de noviembre de 2023];36(1):1-5. Disponible en: <https://goo.su/zPkvi8F>
34. Espinosa Vázquez Olivia [Fuente directa]. Profesora de carrera titular "A", tiempo completo. Facultad de Odontología, UNAM.
35. Farag A, Hashem D. Impact of the haptic virtual reality simulator on dental students' psychomotor skills in preclinical operative dentistry. Clin. Pract [Internet]. 2022 [Citado el 7 de noviembre de 2023];12(1):17-26. Disponible en: <https://goo.su/4zPIBlx> doi: 10.3390/clinpract12010003
36. Philip N, Ali K, Duggal M, Daas H, Nazzal H. Effectiveness and student perceptions of haptic virtual reality simulation training as an instructional tool in pre-clinical paediatric dentistry: a pilot pedagogical study. Int. J. Environ. Res. Public Health [Internet]. 2023 [Citado el 7 de noviembre de 2023];20(5):1-10. Disponible en: <https://goo.su/lxS5> doi: 10.3390/ijerph20054226
37. Coro MG, Suárez GA, Gómez SM, Gómez PF. Didáctica de la introducción y uso de simuladores hápticos con entornos 3D en la docencia odontológica. En: 12º Jornadas internacionales de innovación universitaria. Educar para transformar: aprendizaje experiencial. Madrid, España: Universidad Europea; 2015. p.800-807. [Citado el 8 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://goo.su/CqM7Uw>
38. DentSim [Internet]. Selangor, Malasia: Indizium [Citado el 9 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://goo.su/moCoT>

39. Córdova LN, Santander RF, Cayo RC. Simuladores hápticos en la educación odontológica virtual. Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas [Internet]. 2022 [Citado el 14 de noviembre de 2023];(41):1-4. Disponible en: <https://goo.su/ZZLmcaS>
40. Alfonso MM, Castellanos GA, Villarraga NA, Acosta OM, Sandoval CC, Castellanos VR, et al. Aprendizaje basado en simulación: estrategia pedagógica en fisioterapia. Revisión integrativa. Educación Médica [Internet]. 2020 [Citado el 14 de noviembre de 2023];21(6):357-363. Disponible en: <https://goo.su/lkINJW> doi: 10.1016/j.edumed.2018.11.001
41. Simulador dental. Prototipo sangre animación [Video en internet]. Youtube [Citado el 14 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://goo.su/0p0Gc>
42. Ensaldo CE, Oliva OK, Ensaldo CE, Salazar PI, Lezana FM, Meneses GF. Aplicación de las ocho acciones esenciales para la seguridad del paciente en odontología. Rev Odontol Mex [Internet]. 2021 [Citado el 15 de noviembre de 2023];25(2):184-193. Disponible en: <https://goo.su/INHVv>
43. Piña JI, Amador AR. La enseñanza de la enfermería con simuladores, consideraciones teórico-pedagógicas para perfilar un modelo didáctico. Enfermería Universitaria [Internet]. 2015 [Citado el 15 de noviembre de 2023];12(3):152-159. Disponible en: <https://goo.su/iiXZM9> doi: 10.1016/j.reu.2015.04.007
44. DVD dental. Claves que te ayudarán en la gestión de tu clínica dental [Internet]. Barcelona, España: El blog del odontomecum. 2018 [Citado el 15 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://goo.su/bRFi5>
45. Fernández SM, Barrios PC, Torres MP, Sáez ER, Fonseca MJ. Percepción de la utilidad de los simuladores virtuales hápticos en educación odontológica por estudiantes, profesionales y académicos: estudio descriptivo observacional. FEM [Internet]. 2020 [Citado el 20 de noviembre de 2023];23(2):89-94. Disponible en: <https://goo.su/UYJ24> doi: 10.33588/fem.232.1045