16

FECHA	miércoles, 26 de febrero de 2020

Señores
UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA
BIBLIOTECA
Ciudad

UNIDAD REGIONAL	Extensión Chía
TIPO DE DOCUMENTO	Trabajo De Grado
FACULTAD	Ingeniería
NIVEL ACADÉMICO DE FORMACIÓN O PROCESO	Pregrado
PROGRAMA ACADÉMICO	**Ingeniería de Sistemas**

El Autor(Es):

APELLIDOS COMPLETOS	NOMBRES COMPLETOS	No. DOCUMENTO DE IDENTIFICACIÓN
Roncancio Turriago	Jorge Luis	1020816815
Pinzon Villamil	Jason Ricardo	1075677047

Director(Es) y/o Asesor(Es) del documento:

APELLIDOS COMPLETOS	NOMBRES COMPLETOS
Cañon Varela	Edison Gustavo

TÍTULO DEL DOCUMENTO
Simulador en realidad virtual para la capacitación de la limpieza bucal en el campo de la odontología mediante el uso de las gafas de realidad virtual oculus rift

SUBTÍTULO (Aplica solo para Tesis, Artículos Científicos, Disertaciones, Objetos Virtuales de Aprendizaje)
Simudologo

TRABAJO PARA OPTAR AL TÍTULO DE: Aplica para Tesis/Trabajo de Grado/Pasantía
Ingeniero de Sistemas

AÑO DE EDICION DEL DOCUMENTO	NÚMERO DE PÀGINAS
26/11/2019	117

DESCRIPTORES O PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS (Usar 6 descriptores o palabras claves)	
ESPAÑOL	**INGLÉS**
Capacitación	Training
Limpieza bucal	Oral cleaning
Odontología	Dentistry
Realidad virtual	Virtual reality
RUP	RUP
Simulador	Simulator

RESUMEN DEL CONTENIDO EN ESPAÑOL E INGLÉS

(Máximo 250 palabras – 1530 caracteres, aplica para resumen en español):

RESUMEN

SIMUDOLOGO se creó como una aplicación de realidad virtual para la capacitación de odontólogos en la realización de limpiezas bucales, con el fin de que el usuario pudiera tener una experiencia inmersiva y se le permitiera realizar todo tipo de pruebas y acercamientos antes de trabajar con un paciente real.

Para crear la aplicación se realizó una investigación exhaustiva en cuanto al proceso de realización de limpiezas bucales con el fin de que el usuario pudiera experimentar, de forma casi exacta, todo este proceso. Al tener esta información se procedió a estructurar el proyecto, enmarcándolo en la metodología RUP, esto facilito poder tener una visión ordenada y clara del producto final.

Finalmente, con todos los diagramas y casos de uso estructurados, se diseñó todo un entorno virtual en Unity 3D, calcado al consultorio original, con todo el instrumental necesario para realizar la limpieza, todo el inmobiliario odontológico y el paciente al cual se debía tratar.

El resultado final es una aplicación/simulador que facilita la capacitación y el aprendizaje de los odontólogos antes de tratar con pacientes reales; esta aplicación/simulador a su vez brinda una experiencia real, en un entorno virtual, y una retroalimentación de cada uno de los procedimientos, necesarios para realizar una limpieza bucal, con el fin de que el usuario pueda observar sus fortalezas y debilidades y de esta forma mejorar su técnica para atender a un paciente.

ABSTRACT

SIMUDOLOGO was created as a virtual reality application for the training of dentists in performing oral cleaning, so that the user could have an immersive experience and be allowed to perform all kinds of tests and approaches before working with a real patient.

To create the application, an exhaustive investigation was carried out regarding the process of cleaning the mouth so that the user could experience, almost exactly, this whole process. Having this information, we proceeded to structure the project, framing it in the RUP methodology, this facilitated being able to have an orderly and clear vision of the final product.

Finally, with all the diagrams and structured use cases, an entire virtual environment was designed in Unity 3D, traced to the original office, with all the necessary instruments to perform the cleaning, all the dental real estate and the patient to be treated.

The end result is an application / simulator that facilitates the training and learning of dentists before dealing with real patients; This application / simulator in turn provides a real experience, in a virtual environment, and a feedback of each of the procedures, necessary to perform a mouth cleaning, so that the user can observe their strengths and weaknesses and by this way to improve your technique to care for a patient.

AUTORIZACION DE PUBLICACIÒN

Por medio del presente escrito autorizo (Autorizamos) a la Universidad de Cundinamarca para que, en desarrollo de la presente licencia de uso parcial, pueda ejercer sobre mí (nuestra) obra las atribuciones que se indican a continuación, teniendo en cuenta que, en cualquier caso, la finalidad perseguida será facilitar, difundir y promover el aprendizaje, la enseñanza y la investigación.

En consecuencia, las atribuciones de usos temporales y parciales que por virtud de la presente licencia se autoriza a la Universidad de Cundinamarca, a los usuarios de la Biblioteca de la Universidad; así como a los usuarios de las redes, bases de datos y demás sitios web con los que la Universidad tenga perfeccionado una alianza, son:
Marque con una “X”:

AUTORIZO (AUTORIZAMOS)	SI	NO
1. La reproducción por cualquier formato conocido o por conocer.	x	
2. La comunicación pública por cualquier procedimiento o medio físico o electrónico, así como su puesta a disposición en Internet.	x	
3. La inclusión en bases de datos y en sitios web sean éstos onerosos o gratuitos, existiendo con ellos previa alianza perfeccionada con la Universidad de Cundinamarca para efectos de satisfacer los fines previstos. En este evento, tales sitios y sus usuarios tendrán las mismas facultades que las aquí concedidas con las mismas limitaciones y condiciones.	x	
4. La inclusión en el Repositorio Institucional.	x	

De acuerdo con la naturaleza del uso concedido, la presente licencia parcial se otorga a título gratuito por el máximo tiempo legal colombiano, con el propósito de que en dicho lapso mi (nuestra) obra sea explotada en las condiciones aquí estipuladas y para los fines indicados, respetando siempre la titularidad de los derechos patrimoniales y morales correspondientes, de acuerdo con los usos honrados, de manera proporcional y justificada a la finalidad perseguida, sin ánimo de lucro ni de comercialización.

Para el caso de las Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía, de manera complementaria, garantizo(garantizamos) en mi(nuestra) calidad de estudiante(s) y por ende autor(es) exclusivo(s), que la Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía en cuestión, es producto de mi(nuestra) plena autoría, de mi(nuestro) esfuerzo personal intelectual, como consecuencia de mi(nuestra) creación original particular y, por tanto, soy(somos) el(los) único(s) titular(es) de la misma. Además, aseguro (aseguramos) que no contiene citas, ni transcripciones de otras obras protegidas, por fuera de los límites

autorizados por la ley, según los usos honrados, y en proporción a los fines previstos; ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros; respetando el derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y demás derechos constitucionales. Adicionalmente, manifiesto (manifestamos) que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la responsabilidad directa en la elaboración, presentación, investigación y, en general, contenidos de la Tesis o Trabajo de Grado es de mí (nuestra) competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Universidad de Cundinamarca por tales aspectos.

Sin perjuicio de los usos y atribuciones otorgadas en virtud de este documento, continuaré (continuaremos) conservando los correspondientes derechos patrimoniales sin modificación o restricción alguna, puesto que, de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación de los derechos patrimoniales derivados del régimen del Derecho de Autor.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, *"Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores"*, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables. En consecuencia, la Universidad de Cundinamarca está en la obligación de RESPETARLOS Y HACERLOS RESPETAR, para lo cual tomará las medidas correspondientes para garantizar su observancia.

NOTA: (Para Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía):

Información Confidencial:

Esta Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía, contiene información privilegiada, estratégica, secreta, confidencial y demás similar, o hace parte de la investigación que se adelanta y cuyos resultados finales no se han publicado. **SI** ___ **NO** _x_.
En caso afirmativo expresamente indicaré (indicaremos), en carta adjunta tal situación con el fin de que se mantenga la restricción de acceso.

LICENCIA DE PUBLICACIÒN

Como titular(es) del derecho de autor, confiero(erimos) a la Universidad de Cundinamarca una licencia no exclusiva, limitada y gratuita sobre la obra que se integrará en el Repositorio Institucional, que se ajusta a las siguientes características:

a) Estará vigente a partir de la fecha de inclusión en el repositorio, por un plazo de 5 años, que serán prorrogables indefinidamente por el tiempo que dure el derecho

patrimonial del autor. El autor podrá dar por terminada la licencia solicitándolo a la Universidad por escrito. (Para el caso de los Recursos Educativos Digitales, la Licencia de Publicación será permanente).

b) Autoriza a la Universidad de Cundinamarca a publicar la obra en formato y/o soporte digital, conociendo que, dado que se publica en Internet, por este hecho circula con un alcance mundial.

c) Los titulares aceptan que la autorización se hace a título gratuito, por lo tanto, renuncian a recibir beneficio alguno por la publicación, distribución, comunicación pública y cualquier otro uso que se haga en los términos de la presente licencia y de la licencia de uso con que se publica.

d) El(Los) Autor(es), garantizo(amos) que el documento en cuestión, es producto de mi(nuestra) plena autoría, de mi(nuestro) esfuerzo personal intelectual, como consecuencia de mi (nuestra) creación original particular y, por tanto, soy(somos) el(los) único(s) titular(es) de la misma. Además, aseguro(aseguramos) que no contiene citas, ni transcripciones de otras obras protegidas, por fuera de los límites autorizados por la ley, según los usos honrados, y en proporción a los fines previstos; ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros; respetando el derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y demás derechos constitucionales. Adicionalmente, manifiesto (manifestamos) que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la responsabilidad directa en la elaboración, presentación, investigación y, en general, contenidos es de mí (nuestro) competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Universidad de Cundinamarca por tales aspectos.

e) En todo caso la Universidad de Cundinamarca se compromete a indicar siempre la autoría incluyendo el nombre del autor y la fecha de publicación.

f) Los titulares autorizan a la Universidad para incluir la obra en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

g) Los titulares aceptan que la Universidad de Cundinamarca pueda convertir el documento a cualquier medio o formato para propósitos de preservación digital.

h) Los titulares autorizan que la obra sea puesta a disposición del público en los términos autorizados en los literales anteriores bajo los límites definidos por la universidad en el “Manual del Repositorio Institucional AAAM003”

i) Para el caso de los Recursos Educativos Digitales producidos por la Oficina de Educación Virtual, sus contenidos de publicación se rigen bajo la Licencia Creative Commons: Atribución- No comercial- Compartir Igual.



j) Para el caso de los Artículos Científicos y Revistas, sus contenidos se rigen bajo la Licencia Creative Commons Atribución- No comercial- Sin derivar.



Nota:
Si el documento se basa en un trabajo que ha sido patrocinado o apoyado por una entidad, con excepción de Universidad de Cundinamarca, los autores garantizan que se ha cumplido con los derechos y obligaciones requeridos por el respectivo contrato o acuerdo.

La obra que se integrará en el Repositorio Institucional, está en el(los) siguiente(s) archivo(s).

Nombre completo del Archivo Incluida su Extensión (Ej. PerezJuan2017.pdf)	Tipo de documento (ej. Texto, imagen, video, etc.)
1. Proyecto - Simudologo.pdf	Texto
2. Articulo - Simudologo.pdf	Texto
3. Folleto - Simudologo.pub	Texto
4. Presentación - Simudologo.pptx	Diapositivas
5. Video – Simudologo.mp4	Video
6. Manual de usuario - Simudologo.pdf	Texto
7. Aplicación - Simudologo.zip	Proyecto
8. SIMUDOLOGO.apk	Ejecutable

En constancia de lo anterior, Firmo (amos) el presente documento:

APELLIDOS Y NOMBRES COMPLETOS	FIRMA (autógrafa)
Roncancio Turriago Jorge Luis	
Pinzon Villamil Jason Ricardo	Jason Pinzon

21.1-51.20

SIMULADOR EN REALIDAD VIRTUAL PARA LA CAPACITACIÓN DE LA LIMPIEZA BUCAL EN EL CAMPO DE LA ODONTOLOGÍA MEDIANTE EL USO DE LAS GAFAS DE REALIDAD VIRTUAL OCULUS RIFT - SIMUDOLOGO

TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO DE SISTEMAS

JORGE LUIS RONCANCIO TURRIAGO
JASON RICARDO PINZON VILLAMIL

UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA EXTENSION CHIA
PROGRAMA DE INGENIERIA DE SISTEMAS
FACULTAD DE INGENIERIA
2019

SIMULADOR EN REALIDAD VIRTUAL PARA LA CAPACITACIÓN DE LA LIMPIEZA BUCAL EN EL CAMPO DE LA ODONTOLOGÍA MEDIANTE EL USO DE LAS GAFAS DE REALIDAD VIRTUAL OCULUS RIFT - SIMUDOLOGO

JORGE LUIS RONCANCIO TURRIAGO
561215247
JASON RICARDO PINZON VILLAMIL
561215268

DIRECTOR
EDISON GUSTAVO CAÑON VARELA (ING – ESP)

UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA EXTENSION CHIA
PROGRAMA DE INGENIERIA DE SISTEMAS
FACULTAD DE INGENIERIA
2019

AGRADECIMIENTOS

- **EDISON GUSTAVO CAÑON VARELA – Ingeniero de sistemas**

  Por su completo compromiso en la asesoría y dirección del proyecto; aportando todo su conocimiento en el campo de la ingeniería para contribuir con todo el aspecto metodológico del proyecto.

- **SARA LUCIA GARCIA BERJAN – Odontóloga general**

  Por su entera disposición en la asesoría de temas odontológicos; ayudando a clarificar los conceptos odontológicos tratados en el proyecto y validando el correcto funcionamiento de este.

DEDICATORIA

Dedicamos esta tesis a aquellas personas que, de una u otra forma, contribuyeron con el desarrollo de esta:

- Edison Gustavo Cañón Varela
- Misael Fernando Perilla Benítez
- Juan Jorge Paramo Fonseca
- Martin David Fonseca Camargo
- Semillero de investigación (INVENSOFT)
- Sara Lucia Garcia Berjan
- Adela Villamil Quintero
- Florentino Pinzon Cubillos
- Carmen Sofía Turriago Duarte
- Gina Alexandra Pinzón Villamil
- Jorge Darío Turriago Duarte
- María Delma Duarte de Turriago

RESUMEN

SIMUDOLOGO se creó como una aplicación de realidad virtual para la capacitación de odontólogos en la realización de limpiezas bucales, con el fin de que el usuario pudiera tener una experiencia inmersiva y se le permitiera realizar todo tipo de pruebas y acercamientos antes de trabajar con un paciente real.

Para crear la aplicación se realizó una investigación exhaustiva en cuanto al proceso de realización de limpiezas bucales con el fin de que el usuario pudiera experimentar, de forma casi exacta, todo este proceso. Al tener esta información se procedió a estructurar el proyecto enmarcándolo en la metodología RUP con implementación de seguridad SDL, esto facilito poder tener una visión ordenada y clara del producto final.

Finalmente, con todos los diagramas y casos de uso estructurados, se diseñó todo un entorno virtual en Unity 3D, calcado al consultorio original, con todo el instrumental necesario para realizar la limpieza, todo el inmobiliario odontológico y el paciente al cual se debía tratar.

El resultado final es una aplicación/simulador que facilita la capacitación y el aprendizaje de los odontólogos antes de tratar con pacientes reales; esta aplicación/simulador a su vez brinda una experiencia real, en un entorno virtual, y una retroalimentación de cada uno de los procedimientos, necesarios para realizar una limpieza bucal, con el fin de que el usuario pueda observar sus fortalezas y debilidades y de esta forma mejorar su técnica para atender a un paciente.

Palabras clave

Capacitación, limpieza bucal, odontología, realidad virtual, RUP, SIMUDOLOGO, simulador.

ABSTRACT

SIMUDOLOGO was created as a virtual reality application for the training of dentists in performing oral cleaning, so that the user can have an immersive experience and will be allowed to perform all kinds of tests and approaches before working with a patient real.

To create the application, an exhaustive investigation was carried out regarding the process of cleaning the mouth so that the user could experience, almost exactly, this whole process. Having this information will structure a project by framing it in the RUP methodology with SDL security implementation, this will facilitate the ability to have an orderly and clear vision of the final product.

Finally, with all the structured diagrams and use cases, an entire virtual environment was designed in Unity 3D, traced to the original office, with all the necessary instruments to perform the cleaning, all the dental real estate and the patient to be treated.

The end result is an application / simulator that facilitates the training and learning of dentists before dealing with real patients; This application / simulator in turn providing a real experience, in a virtual environment, and a feedback of each of the procedures, required to perform a mouth cleaning, so that the user can observe their strengths and weaknesses and of this way to improve your technique to care for a patient.

Keywords

Dentistry, oral cleaning, virtual reality, RUP, SIMUDOLOGO, simulator, training.

TABLA DE CONTENIDOS

AGRADECIMIENTOS 3

DEDICATORIA 4

RESUMEN 5

Palabras clave 5

ABSTRACT 6

Keywords 6

LISTA DE FIGURAS 11

LISTA DE TABLAS 14

CAPÍTULO 1. 15

INTRODUCCIÓN 15

1. PROBLEMA 16

1.1. Planteamiento del problema 16

1.2. Formulación del problema 17

2. OBJETIVOS 18

2.1. Objetivo general 18

2.2. Objetivos específicos 18

3. ALCANCE Y LIMITACIONES 19

4. JUSTIFICACIÓN 21

5. LÍNEA DE INVESTIGACIÓN 23

CAPÍTULO 2. 24

6. MARCO TEÓRICO 24

6.1. Marco referencial 24

Simodont 24

Virtual Reality Dental Training System (VRDTS) 25

Iowa Dental Surgical Simulator (IDSS) 27
DentSim 27
Simulador dental hapticamente habilitado 29
6.2. Marco conceptual 29
6.2.1. Conceptos odontológicos 29
6.2.2. Conceptos de ingeniería 32
6.3. Marco ingenieril 34
6.3.1. Blender 34
6.3.2. Capacitación por medio de simulación 35
6.3.3. C Sharp (C#) 36
6.3.4. Limpieza bucal (profilaxis) 37
6.3.5. MySQL 38
6.3.6. Oculus rift 38
6.3.7. Realidad virtual 39
6.3.8. Unity 40
CAPÍTULO 3. 41
7. METODOLOGÍA 41
7.1. Fases de RUP 41
7.2. Flujo de trabajo de RUP 41
7.3. Actividades metodología 42
7.4. Diagrama metodología 43
8. DESARROLLO DEL PROYECTO 44
8.1. Desarrollo de la metodología 44
8.1.1. Requisitos del sistema 44
8.1.2. Cronograma 46

8.1.3. Arquitectura escenario 47
8.1.4. Casos de uso 48
8.1.5. Diagrama de actividades 60
8.1.6. Diagrama de formularios 71
8.1.7. Wireframe 73
8.1.8. Diagrama de clases 75
8.1.9. Modelo relacional 76
8.1.10. Desarrollo primera versión funcional 77
8.1.11. Desarrollo segunda versión funcional 83
1. TESTER 94
8.1. Pruebas de caja blanca 94
8.1.1 Pruebas de manipulación de herramientas 94
8.1.2. Pruebas de interfaces 95
8.2. Pruebas de caja negra 97
8.2.1. Pruebas de experiencia de usuario 97
8.2.2. Pruebas de consumo CPU 99
8.2.3. Pruebas de consumo de memoria RAM 100
8.2.4. Pruebas de consumo de batería 101
8.2.5. Pruebas de tiempos de carga 101
CAPÍTULO 4. 103
10. CONCLUSIONES 103
11. RECOMENDACIONES 104
12. PROYECCIONES 105
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 106
ANEXO A 111

ANEXO B 115

LISTA DE FIGURAS

Ilustración 1: Simulador odontológico “Simodont”. 25
Ilustración 2: Simulador odontológico “VRDTS”. 26
Ilustración 3: Simulador odontológico “DentSim”. 28
Ilustración 4: Ciclo de trabajo metodología hibrida. 43
Ilustración 5: Diagrama general. 45
Ilustración 6: Requisitos funcionales. 45
Ilustración 7: Requisitos no funcionales. 46
Ilustración 8: Reglas de negocio. 46
Ilustración 9: Cronograma. 46
Ilustración 10: Arquitectura del escenario principal. 47
Ilustración 11: Diagrama de casos de uso – gestión de usuarios. 48
Ilustración 12: Diagrama de casos de uso – gestión de simulaciones. 49
Ilustración 13: Acceso al sistema DA01. 60
Ilustración 14: Crear perfiles de usuario para docentes DA02. 60
Ilustración 15: Crear perfiles de usuario para estudiantes DA03. 61
Ilustración 16: Editar la información del perfil de usuario para docentes DA04. 61
Ilustración 17: Editar la información del perfil de usuario para estudiantes DA05. 62
Ilustración 18: Consultar información del perfil de usuario DA06. 62
Ilustración 19: Consultar información de simulaciones DA07. 63
Ilustración 20: Cambiar contraseña DA08. 63
Ilustración 21: Eliminar perfiles de usuario DA09. 64
Ilustración 22: Salida del sistema DA10. 64
Ilustración 23: Iniciar limpieza DA11. 64
Ilustración 24: Realizar exploración dental (parte 1) DA12. 65
Ilustración 25: Realizar exploración dental (parte 3) DA13. 65
Ilustración 26: Realizar exploración dental (parte 2) DA14. 66
Ilustración 27: Eliminar sarro y placa bacteriana (parte 1) DA15. 67
Ilustración 28: Eliminar sarro y placa bacteriana (parte 2) DA16. 68
Ilustración 29: Pulir piezas dentales (parte 1) DA17. 69

Ilustración 30: Pulir piezas dentales (parte 2) DA18. 70
Ilustración 31: Pulir piezas dentales (parte 3) DA19. 70
Ilustración 32: Visualizar informe de simulación DA20. 71
Ilustración 33: Finalizar limpieza DA21. 71
Ilustración 34: Acceso al sistema DF01. 71
Ilustración 35: Menú administrador DF02. 72
Ilustración 36: Menú docente DF03. 72
Ilustración 37: Menú estudiante DF04. 72
Ilustración 38: Finalización limpieza DF05. 73
Ilustración 39: Diagrama general flujo de navegación. 73
Ilustración 40: Exploración dental WF01. 73
Ilustración 41: Eliminación sarro y placa bacteriana (parte 1) WF02. 74
Ilustración 42: Eliminación sarro y placa bacteriana (parte 2) WF03. 74
Ilustración 43: Pulido piezas dentales (parte 1) WF04. 74
Ilustración 44: Ilustración 41: Pulido piezas dentales (parte 2) WF05. 75
Ilustración 45: Diagrama de clases. 75
Ilustración 46: Modelo relacional. 76
Ilustración 47: Formulario de registro. 77
Ilustración 48: Menú principal. 78
Ilustración 49: Menú de login. 78
Ilustración 50: Free3D. 79
Ilustración 51: Modelo gratuito unidad odontológica. 79
Ilustración 52: Modelado paciente y odontólogo. 80
Ilustración 53: Consultorio odontológico versión 1. 80
Ilustración 54: Selección de instrumental. 81
Ilustración 55: Retroalimentación para selección de instrumental. 81
Ilustración 56: Indicación de limpieza. 82
Ilustración 57: Retroalimentación para indicación de limpieza. 82
Ilustración 58: Retroalimentación final de la limpieza. 83
Ilustración 59: Proceso de modelado diente canino. 84
Ilustración 60: Modelado dientes superiores e inferiores. 84

Ilustración 61: Incrustación de dientes. 85
Ilustración 62: Modelados herramientas. 85
Ilustración 63: Modelados decoración. 86
Ilustración 64: Modelos gratuitos decoración. 86
Ilustración 65: Montaje escena. 87
Ilustración 66: Interfaz login. 88
Ilustración 67: Interfaz menú estudiante. 88
Ilustración 68: Configuración "Build Settings" y "Player Settings". 89
Ilustración 69: Configuración "Player Settings". 90
Ilustración 70: Paquete Oculus. 90
Ilustración 71: Oculus implementado. 91
Ilustración 72: Código para manipular herramientas. 92
Ilustración 73: Código lista de herramientas. 92
Ilustración 74: Código eliminar sarro y/o placa bacteriana. 93
Ilustración 75: Eliminación de sarro y/o placa bacteriana. 93
Ilustración 76: Código retardo. 95
Ilustración 77: Prueba cambio entre interfaces 1. 96
Ilustración 78: Prueba cambio entre interfaces 2. 96
Ilustración 79: Pantalla de carga. 96
Ilustración 80: Pruebas odontóloga. 97
Ilustración 81: Reescalado indicador del control. 98
Ilustración 82: Reescalado y reposicionamiento de canvas. 99
Ilustración 83: Consumo GPU. 99
Ilustración 84: Consumo RAM. 100

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Actividades para la ejecución del proyecto. 42
Tabla 2: Caso de uso CU01. 49
Tabla 3: Caso de uso CU02. 50
Tabla 4: Caso de uso CU03. 50
Tabla 5: Caso de uso CU04. 51
Tabla 6: Caso de uso CU05. 52
Tabla 7: Caso de uso CU06. 52
Tabla 8: Caso de uso CU07. 53
Tabla 9: Caso de uso CU08. 53
Tabla 10: Caso de uso CU09. 54
Tabla 11: Caso de uso CU10. 54
Tabla 12: Caso de uso CU11. 55
Tabla 13: Caso de uso CU12. 55
Tabla 14: Caso de uso CU13. 56
Tabla 15: Caso de uso CU14. 57
Tabla 16: Caso de uso CU15. 59
Tabla 17: Caso de uso CU16. 59
Tabla 18: Consumo GPU. 100
Tabla 19: Consumo RAM. 101
Tabla 20: Consumo batería. 101
Tabla 21: Prueba consumo batería. 102

CAPÍTULO 1.

INTRODUCCIÓN

La odontología es una de las ramas, de las ciencias de la salud, encargada del cuidado de la boca, vital para los seres humanos ya que hace parte de la estética y cuidado personal. La mala higiene bucal de los pacientes es uno de los factores más importantes que ocasiona enfermedades periodontales o halitosis, enfermedades que pueden conllevar al retraimiento de las encías, la pérdida de los tejidos de soporte de los dientes o periodontitis.

Otro factor importante en este tema es el manejo dado por los odontólogos a los pacientes; por el mal uso de algún medicamento o la mala utilización de un instrumento, un paciente puede quedar con alguna afectación en la boca o el rostro. Estas irregularidades, en su gran mayoría, pueden darse por malas prácticas a la hora de realizar los procedimientos y no hay que olvidar que se está tratando con la salud de seres humanos, y un fallo en un procedimiento puede traer implicaciones de por vida.

Es por esto que se busca la creación de un simulador virtual que les permita a los profesionales en la odontología observar que implicaciones conlleva cada procedimiento que realicen en la boca de sus pacientes, con el fin de pulir sus técnicas de tratamiento en los pacientes, consiguiendo un servicio de calidad.

Para el desarrollo de este proyecto se pretende utilizar una metodología hibrida entre la metodología de desarrollo “Rational Unified Process (RUP)” y la metodología de seguridad “Security Development Lifecycle (SDL)”.

RUP, desarrollada por Rational Software, es una metodología de proceso iterativo e incremental, enfocada en el análisis, diseño, implementación y documentación de sistemas orientados a objetos. SDL, desarrollada por Microsoft, es una metodología enfocada en mejorar la seguridad del desarrollo de un producto de software, a través de 16 actividades específicas.

1. PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema

La mala higiene bucal de los pacientes es uno de los factores más importantes que ocasiona enfermedades periodontales o halitosis, enfermedades que pueden conllevar al retraimiento de las encías, la pérdida de los tejidos de soporte de los dientes o periodontitis. Un artículo publicado por la clínica sanitas menciona que: “Ambas enfermedades periodontales podrían evitarse con una buena higiene dental y una limpieza de boca realizada por un profesional una o dos veces al año” (Sanitas, n.d.)

Otra enfermedad muy común es la aparición del sarro en los dientes, este, si no se retira a tiempo, puede ocasionar la aparición de caries, la cual, finalmente, puede ocasionar que se pierda una pieza dental. “El sarro es la acumulación de bacterias en la línea de las encías o en los cuellos de los dientes, este, también es posible tratarlo a través de limpiezas dentales.” (Sanitas, n.d.)

La limpieza dental empieza a jugar un papel fundamental en el cuidado de la boca permitiendo prevenir enfermedades, pérdidas dentales, eliminación de bacterias, etc. Por ello es importante que los profesionales se encuentren altamente capacitados para su desarrollo.

> “Una limpieza dental siempre debe realizarse por los profesionales que están autorizados para ello: dentistas e higienistas dentales titulados y colegiados. Ni los auxiliares de clínica ni los protésicos dentales están legal ni profesionalmente cualificados para hacer limpiezas. No es un mero formalismo: una limpieza poco diestra puede acarrear graves problemas en tus dientes y encías.” (Sanitas, n.d.)

Existen casos en los cuales, por el mal uso de algún medicamento o la mala utilización de un instrumento, un paciente puede quedar con alguna afectación en el rostro. “La Sociedad Colombiana de Odontología Estética encendió las alarmas ante el sustancial aumento por las irregularidades que cometen centros de odontología con sus pacientes.” (Sociedad Colombiana de Odontología Estetica, 2008)

Estas irregularidades, en su gran mayoría, pueden darse por malas prácticas a la hora de realizar los procedimientos y no hay que olvidar que se está tratando con la salud de seres humanos, y un fallo en un procedimiento puede traer implicaciones de por vida.

Estas malas prácticas pueden tener origen en la capacitación recibida en la formación universitaria. Una entrevista realizada a la odontóloga Sara Garcia (ver anexo) permite observar que los procesos de capacitación en la universidad UNICOC se realizan de forma tradicional, con modelos de ivorina (modelos de dientes en físico) donde los estudiantes pueden realizar prácticas limitadas, sin posibilidad de explorar casos complejos.

También es posible observar que se realizan prácticas, guiadas por docentes, entre alumnos con el fin de acercarse a los procedimientos que se deben seguir con un paciente real, sin embargo, una falla en la realización de una práctica puede traer consecuencias para cualquiera de los alumnos, por esto, la odontóloga Sara Garcia creer que la implementación de simulaciones virtuales pueda contribuir a que el alumno disminuya el miedo de atender a un paciente real y de esta manera mejorar la forma en la que aplica sus técnicas de tratamiento.

Con el desarrollo de este proyecto se busca capacitar, mediante la práctica virtual, a los odontólogos en la realización de limpiezas odontológicas, con el fin de perfeccionar las técnicas utilizadas en cada uno de estos procesos.

1.2. Formulación del problema

Luego de analizar la problemática planteada y en aras de buscar una solución óptima ha dicho problema, nace la siguiente pregunta:

¿Cómo desarrollar un simulador en realidad virtual, para la capacitación de la limpieza bucal, en el campo de la odontología, mediante el uso de las gafas de realidad virtual oculus rift?

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Desarrollar un simulador en realidad virtual, para la capacitación de la limpieza bucal, en el campo de la odontología, mediante el uso de las gafas de realidad virtual Oculus rift.

2.2. Objetivos específicos

- Investigar el proceso para la realización de una limpieza odontológica.
- Establecer los requisitos que debe tener el entorno virtual según estándares médicos.
- Diseñar el entorno con actividades educativas que guíen al usuario durante la experiencia.
- Construir el entorno virtual con base a las especificaciones.
- Realizar el proceso de ejecución de una limpieza odontología como guía práctica para el simulador.
- Implementar pruebas de caja blanca en el software con el fin de corregir errores.

3. ALCANCE Y LIMITACIONES

La odontología maneja un campo de acción bastante amplio, cada procedimiento es diferente y cada uno sigue un proceso distinto. La dificultad de estos tratamientos también puede ser variable. Por esto, se decide desarrollar en el proyecto únicamente la profilaxis dental (limpieza dental).

La limpieza dental es un procedimiento muy concurrido por los odontólogos y se puede desarrollar de distintas maneras, es por esto que, para el alcance de este proyecto, se contemplara el proceso de limpieza tradicional. Este proceso consta de tres pasos que debe realizar el odontólogo:

- **Exploración:** En este paso el odontólogo comprueba el estado de los dientes, es decir, si presenta sarro, placa bacteriana o si está limpio.
- **Eliminación del sarro:** En este paso el odontólogo retira el sarro o placa bacteriana supragingival y subgingival de las encías utilizando una punta de ultrasonido especial para el caso.
- **Pulir piezas dentales:** En este pasó el odontólogo pule las piezas dentales para que queden totalmente lizas y libres de manchas utilizando una copa de goma y una pasta especial para el sonido.

La facilidad de este proceso permite que se pueda realizar un desarrollo minucioso, en el simulador, de las técnicas necesarias para llevar a cabo este proceso y de esa forma poder entregar una retroalimentación adecuada.

El proyecto se pretende diseñar en el motor de desarrollo “Unity 3D”, ya que es un software libre de fácil manejo; este motor utiliza como entorno de desarrollo “Visual Studio”. El motor de bases de datos a utilizar es “MySQL”.

Una limitación para la implementación del proyecto es que el usuario cuente con un ordenador de escritorio con las siguientes características: RAM 8GB o superior, disco duro con

almacenamiento de 500GB o superior, procesador core i7 o superior y un sistema operativo Windows 10 o superior.

Otra limitante que podemos encontrar, tanto para la implementación del proyecto como para el desarrollo, es contar con las gafas de Oculus rift para pc con touch, ya que sin estas es imposible realizar las pruebas de la aplicación, ya que se requieren para poder observar el escenario virtual 3D que se pretende desarrollar.

También, para el desarrollo del proyecto, es indispensable contar con la asesoría de un odontólogo durante las fases de levantamiento de requisitos, diseño y validación, con el fin de garantizar que el desarrollo del proyecto cumpla con las necesidades que los odontólogos requieren para la capacitación de la limpieza bucal. Sin esta asesoría, se podría ver limitado el proyecto (en cuanto a resultados esperados) debido a que, la única forma de validar que el desarrollo cumple con los criterios requeridos para realizar una limpieza odontológica es con la opinión de un experto en el tema.

4. JUSTIFICACIÓN

“Cuando se desarrollan nuevas tecnologías se diseñan con el objetivo de ayudar al ser humano y facilitar una determinada tarea” (Vázquez M, 2008); con base a esta premisa se busca implementar un entorno de realidad virtual para capacitar a profesionales del área de ciencias de la salud, específicamente a odontólogos.

> "En la medicina actual es necesario que los médicos o cualquier otro profesional de la salud deban sumar facetas multidisciplinarias entre estas la incorporación de las tecnologías de la información con el objetivo de tener profesionales de la salud más competentes. Estas tecnologías permiten emplear ramas del conocimiento como la robótica y la realidad virtual. En el caso de la realidad virtual el objetivo es llevar al profesional de la salud a una situación específica para el entrenamiento de procesos y el desarrollo de habilidades que desempeñar en casos reales.” (Vázquez M, 2008)

La realidad virtual se ha posicionado en los últimos años como una de las tecnologías del futuro, ya es común ver proyectos de entornos virtuales aplicados en diferentes campos del conocimiento, esta tendencia ha despertado interés dentro del que hacer investigativo, buscando el desarrollo e implementación de herramientas virtuales que aporten soluciones a la sociedad. (Hernández P, 2017)

Tal como sucede con los pilotos de aeronaves que deben realizar pruebas en un simulador, los estudiantes de odontología podrían tener la oportunidad de ganar experiencia en su campo laboral con el fin de ofrecer profesionales más competentes, a través de un simulador en realidad virtual que contenga todos los requisitos que abarca una experiencia profesional real.

Una de las técnicas más usadas y de gran impacto en los círculos odontológicos es la periodoncia que, en esencia, no consiste más que en el estudio de los tejidos de soporte dental en salud y enfermedad, y de los medios y técnicas para su protección, prevención, curación y rehabilitación. Lo cual conlleva a que las publicaciones de periodoncia son las de mayor impacto

entre todas las odontológicas y su nivel científico está fuera de toda duda; ahora bien, el resultado práctico es más bien discreto y lento. (Mallo Pérez Luciano, 2004).

Por lo cual el uso de un aplicativo que satisfaga la necesidad de buenas prácticas en el medio odontológico es una alternativa educativa y de capacitación que mejora la interacción de un estudiante u odontólogo al simular un ambiente real.

Ahora bien, se ha resaltado que en la última época se han realizado manifiestos expresando la necesidad de mejorar la seguridad del paciente durante su atención, la simulación en la educación busca representar a algún paciente, imitando los procedimientos y generando practicas sin realizar estas pruebas con pacientes reales, es decir, estas pruebas se realizarán en entornos controlados generando un aprendizaje en entornos virtuales sin interferir con la salud del paciente. (P. Moya, M. Ruz, E. Parraguez, V. Carreño, M. Rodriguez, P. Froes - 2017).

Este tipo de entornos suelen ser complicados de implementar sino se selecciona una tecnología adecuada, es por esto que para el desarrollo del simulador se decide utilizar las gafas de realidad virtual oculus rift, una herramienta robusta que cuenta con el hardware necesario para construir experiencias inmersivas con componentes más ligeros, compactos y aun menor precio que diferentes gafas del mercado, características que permiten captar la posición de las manos en tiempo real y ofrecer una experiencia hiperrealista con gran precisión para que se asemeje a un día común en la odontología.

Estas ventajas permiten desarrollar un entorno con mecánicas educativas donde el usuario pueda capacitarse y pulir sus técnicas de limpieza bucal, permitiendo que sea una experiencia dinámica, lúdica, inmersiva y agradable.

5. LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

SOFTWARE, SISTEMAS EMERGENTES Y NUEVAS TECNOLOGIAS: Conjunto de programas, subprogramas, subrutinas y menús que se elaboran a manera de aplicaciones y/o paquetes para cumplir con un fin específico (Acuerdo N° 007 de mayo 29 de 2003).

CAPÍTULO 2.

6. MARCO TEÓRICO

6.1. Marco referencial

La simulación clínica permite al estudiante realizar, en un entorno seguro y controlado, prácticas similares a las que realizara en entornos profesionales. Se le permite al estudiante interactuar, en un entorno que simula la realidad (virtual), con diferentes elementos que le permitirán resolver casos clínicos desde lo más simple hasta lo más complejo.

Adicionalmente se presentan diferentes ventajas como: permitir equivocarse y aprender de los errores cometidos a través de la retroalimentación del software, personalización de la experiencia de aprendizaje, permite la práctica de situaciones inusuales, retroalimentación instantánea del proceso para poder mejorar las técnicas, no genera riesgos ni para el alumno ni para los pacientes, etc.

Simodont

Para el desarrollo de este proyecto se toma como referencia principal un dispositivo desarrollado por la empresa Moog y el centro académico de odontología de Ámsterdam (ACTA), en realidad virtual (VR) llamado “Simodont”. Esta herramienta permite capacitar a estudiantes de odontología en la realización de procedimientos dentales, en entornos virtuales, mientras reciben información sensorial háptica, visual y de audio (Vervoorn y Wesselink, 2009).

> “La realidad virtual háptica ha revolucionado la adquisición de destrezas en Odontología” (Suebnukarn y cols., 2010). “Un dispositivo háptico permite «enseñar» a los estudiantes el sentido táctil de una maniobra” (Bakr y cols., 2012)

Simodont consta de una pantalla (situada en la posición que ocuparía el paciente) en la cual se proyecta una imagen de la boca y los dientes. Para poder observar las imágenes, es necesario

utilizar unas gafas estereoscópicas, estas reproducen la imagen en 3D. En la parte inferior de la pantalla se encuentra un mango físico, el cual, permite trabajar con las imágenes proyectadas. (Vervoorn y Wesselink, 2009)

En la práctica, Simodont presenta a los estudiantes un caso clínico para el cual los estudiantes tienen que generar un plan de tratamiento y posteriormente empezar a trabajar en él. Durante todo el proceso, el software genera reporte de todas las actividades que el estudiante realiza, de esta manera, se puede evidenciar si el proceso que se realiza se está haciendo de forma adecuada, o si por el contrario se debe mejorar en algo. (Vervoorn y Wesselink, 2009)



Ilustración 1: Simulador odontológico "Simodont".
Fuente: https://sensegraphics.com/wp-content/uploads/2014/08/Official_Simodont31.jpg

Virtual Reality Dental Training System (VRDTS)

Este simulador fue desarrollado por Novint Technologies y la escuela de medicina dental de la universidad de Harvard. Esta herramienta permite realizar la preparación de cavidades dentales y la restauración virtual de los dientes, valiéndose de entornos en realidad virtual. (Coro G, Suárez A, Gómez M, Gómez F, n.d.).

VRDTS simula un solo molar con sus tejidos dentarios (esmalte, dentina, pulpa y tejido carioso), un conjunto de instrumentos dentales (micromotor, explorador, excavador) y algunos materiales (amalgama, cementos cavitarios). (Novint, 2007)

VRDTS se vale de una computadora en la cual, el estudiante debe lograr dominar los instrumentos quirúrgicos con gran precisión, ya que el simulador busca que, al momento del estudiante interactuar con el software, logre una experiencia casi realista y logre percibir de manera clara la anatomía del paciente. (Novint, 2007)

En la práctica, VRDTS permite al estudiante aprender a sondear un diente, preparar la cavidad dental, rellenar la cavidad con amalgamas y tallar la amalgama para que coincida con el diente original. (Novint, 2007)

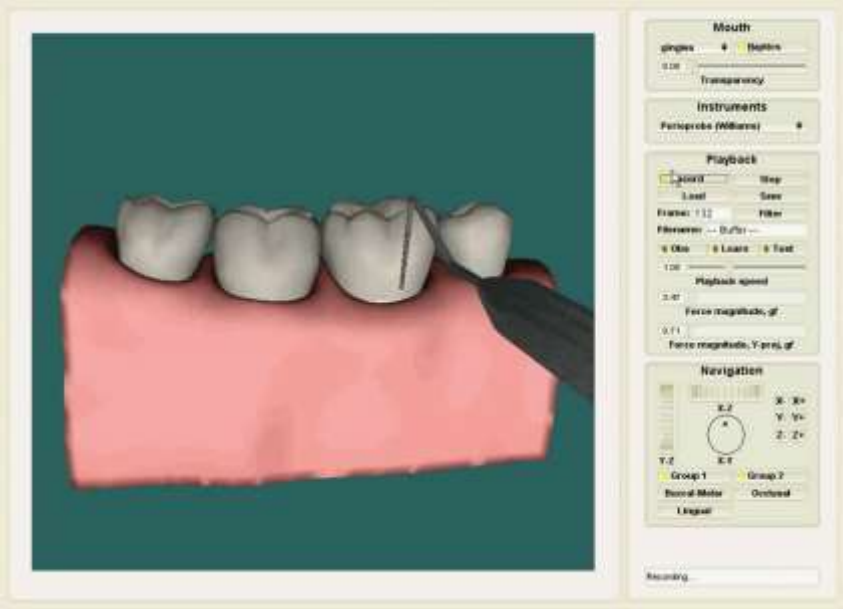


Ilustración 2: Simulador odontológico "VRDTS".
Fuente: https://i.ytimg.com/vi/ON7Nx8LWPYE/maxresdefault.jpg

Iowa Dental Surgical Simulator (IDSS)

Este simulador fue desarrollado por la facultad de odontología de la universidad de Iowa y Grok lab. Esta herramienta permite sentir las características tácticas del esmalte dental, la dentina sana y la dentina cariada (Coro G, Suárez A, Gómez M, Gómez F, n.d.).

IDSS consta de tres componentes de hardware: un computador, un monitor y un dispositivo de retroalimentación forzada donde se alimenta el software. Para interactuar con el simulador, es necesario utilizar un joystick (mango de exploración), el cual, se encuentra unido al dispositivo de retroalimentación. (Duta M, Amariei C, Bogdan C, Popovici D, Ionescu N, Nuca C, 2011)

El simulador proyecta imágenes de los dientes, las cuales muestran dientes con dentina sana y dentina cariada. Al interactuar con estas imágenes, a través del joystick, se perciben diferentes respuestas hápticas, las cuales dan cuenta del proceso que se está realizando. (Duta M, Amariei C, Bogdan C, Popovici D, Ionescu N, Nuca C, 2011)

En la práctica, IDSS permite a los estudiantes realizar evaluaciones clínicas virtuales del proceso odontológico realizado; permite detectar algunas piezas dentales, diferenciar entre una cavidad dental para corona y un hueco cariado. (Duta M, Amariei C, Bogdan C, Popovici D, Ionescu N, Nuca C, 2011)

DentSim

Este simulador fue desarrollado por DentSim Lab NYC. Es considerado uno de los primeros simuladores odontológicos que existe, permite realizar preparaciones dentales en modelos artificiales de dientes y mostrar el proceso en un monitor. (Duta M, Amariei C, Bogdan C, Popovici D, Ionescu N, Nuca C, 2011)

DentSim consta de varios componentes fundamentales: modelo físico (artificial) de la boca de un paciente en el cual se realizarán las prácticas, réplicas de los instrumentos odontológicos en físico con sensores adaptados para tener lectura de los procesos realizados en el modelo y un

monitor de proyección del simulador donde se muestran los procedimientos que se realizan durante la simulación. (DentSim Lab, n.d.)

DentSim proyecta en tiempo real todos los procedimientos que un alumno realice al modelo, permitiendo mostrar una retroalimentación para validar si el procedimiento se está realizando de forma adecuada, además, permite tener informes de toda la practica realizada con el fin de que el estudiante encuentre sus falencias y pueda mejorar sus habilidades manuales, psicomotoras y operativas. (Duta M, Amariei C, Bogdan C, Popovici D, Ionescu N, Nuca C, 2011)

Este sistema ha sido implementado en varias universidades odontológicas de américa del norte y Europa, logrando dar cuenta, a través de algunos informes realizados por las universidades, que es efectivo para que los estudiantes trabajen sin la supervisión de un docente, evalúen y monitoreen su desempeño. (Duta M, Amariei C, Bogdan C, Popovici D, Ionescu N, Nuca C, 2011)



Ilustración 3: Simulador odontológico "DentSim".
Fuente: http://dentsimlab.com/images/images/DentSim_Students/drill_Zahava.png

Simulador dental hapticamente habilitado

Este simulador fue desarrollado por Montgomery. Genera dientes en 3D mediante escaneo previo con micro-CT y fotografías de alta precisión, permitiendo al usuario tener una sensación o retorno táctil similar al que se experimenta al realizar una preparación cavitaria (Coro G, Suárez A, Gómez M, Gómez F, n.d.).

Analizando los diferentes simuladores desarrollados para el campo odontológico, podemos apreciar que, si bien su implementación es válida y cumple con los objetivos, carecen de experiencias inmersivas las cuales puede brindar de forma más acertada la realidad virtual.

Adicionalmente podemos observar que ninguno está enfocado en realizar prácticas de limpiezas bucales, lo cual representa una ventaja clara para el proyecto que se pretende realizar ya que permite incursionar en un campo de acción muy poco explorado.

El desarrollo del simulador que se quiere lograr es una herramienta que, no solo ayuda a capacitar a sus usuarios, sino que a su vez busca que el mismo se sienta a gusto a la hora de realizar dicha capacitación.

6.2. Marco conceptual

6.2.1. Conceptos odontológicos

Cepillo para profilaxis

Es un instrumento utilizado en odontología para la limpieza y pulido de los dientes, y los espacios interdentales. (Dentaltix, n.d.)

Contrangulo

Es un instrumento utilizado para retirar la dentina, para el pulido de los dientes, y para la preparación de cavidades, coronas y eliminación de obturaciones; Este va conectado al micromotor. (Dentaltix, n.d.)

Curetas

Son herramientas habituales del odontólogo y del higienista dental pues se utilizan para llevar a cabo las limpiezas de boca y los curetajes, su finalidad es eliminar la placa bacteriana y el sarro acumulado en la línea de las encías y por debajo de la misma. (Sanitas, 2018)

Espejo dental

Instrumento formado por un mango metálico en cuyo extremo está ubicado, con un ángulo aproximado de 45º, un pequeño espejo circular que permite examinar la cara oculta de los dientes o aquellas partes de la cavidad bucal que no pueden observarse directamente. (Universidad de Málaga, n.d.)

Explorador

Es un instrumento empleado para el examen clínico de los pacientes, permite descubrir cavidades cariosas. (EcuRed, n.d.)

Eyector

Es una herramienta odontológica cuya función es succionar el exceso de saliva presente en la boca durante algunos procedimientos odontológicos. (QuimiNet, 2012)

Micromotor

Es un aparato que permite el tratamiento de los tejidos dentales semiduros. Es un motor que funciona a baja velocidad el cual va unido a las piezas de mano (contra ángulo y eyector). (Dentaltix, n.d.)

Pasta profiláctica

Usada para la remoción de manchas externas e internas del diente. Controla la hipersensibilidad dental. (Sanitas, 2018)

Pinzas algodoneras

Es una pinza de prensión digital, acodada y cuya parte activa está estriada para lograr una mayor retención. Utilizada principalmente para agarrar algodones. (Gaceta dental, n.d.)

Profilaxis

Es el procedimiento de higiene dental cuyo objetivo es limpiar la superficie dentaria, retirando el sarro dental o placa calcificada que se encuentra adherido y acumulado en aquellas zonas de los dientes que no son accesibles por el cepillado dental. (Vitis, n.d.)

Unidad odontológica

Es el área de trabajo principal del odontólogo donde va a trabajar con el paciente. Está compuesto principalmente por: Lámpara operatoria, pila escupidera, sillón reclinatorio (cabezal, respaldo y reposa pies), bandejas, pedal, fuente automática y mangueras. (Dentaltix, n.d.)

6.2.2. Conceptos de ingeniería

Asset

Es una representación de cualquier ítem que puede ser utilizado en el proyecto. (Unity Technologies, 2016)

Blender

Es un paquete de creación 3D de código abierto y gratuito, admite la totalidad de la canalización 3D, animación, simulación y renderizado de objetos. (Blender, 2019)

Casos de uso

Es un artefacto que define una secuencia de acciones que da lugar a un resultado de valor observable. Proporcionan una estructura para expresar requisitos funcionales en el contexto de procesos de sistemas. (IBM, 2003)

Interfaz de usuario

Es el espacio donde los usuarios interactúan con la aplicación. (IBM, 2003)

Modelado

Creación o representación de un objeto real en una imagen tridimensional virtual. (EcuRed, n.d.)

Oculus rift

Es un visor con auriculares intrigados de última generación, creado principalmente para juegos en realidad virtual. Funciona en computadoras o dispositivos móviles. Permite tener experiencias inmersivas. (Oculus rift, 2014)

Realidad virtual

Sistema informático que genera, en tiempo real, representaciones de la realidad; se trata de una realidad perceptiva, sin ningún soporte físico. (Facultad de informática de Barcelona, n.d.)

Rup

"Rational Unified Process" Es un proceso de desarrollo de software iterativo, centrado en arquitectura y basado en casos de uso. Proporciona un proceso de ingeniería de software especialmente adecuado para crear y mantener soluciones de sistemas de software basados en componentes. (IBM, 2003)

Script

Es utilizado para responder a las entradas del usuario y asegurar que los eventos del software se ejecuten en el momento adecuado. Pueden ser usados para controlar aspectos físicos del entorno. (Unity, 2019)

Sdl

"Security Development Lifecycle" Es un proceso de desarrollo de software que ayuda a los desarrolladores a crear software más seguro y cumplir los requisitos de seguridad (integridad, disponibilidad y confidencialidad,). (Microsoft, 2015)

Unity

Es un motor de desarrollo, basado en componentes, principalmente utilizado para el desarrollo de videojuegos, creado por Unity Technologies. (Unity Technologies, 2016)

6.3. Marco ingenieril

6.3.1. Blender

Es un paquete de creación 3D de código abierto y gratuito, soporta toda la gama de desarrollo 3D como renderizado, modelado, animación, VFX, simulación, creación de juegos, edición de video, programación y customización. Es un sistema multiplataforma y utiliza una interfaz OpenGL para proporcionar experiencias más consistentes.

El desarrollo de Blender depende netamente de su comunidad global en línea, conformada por animadores, artistas, expertos en efectos visuales, aficionados, etc, quienes son los encargados de agregar todos los contenidos de la plataforma, tanto de desarrollo como de documentación.

> "Como un proyecto impulsado por la comunidad bajo la Licencia Pública General de GNU (GPL), el público está facultado para realizar cambios pequeños y grandes en la base del código, lo que lleva a nuevas características, correcciones de errores de respuesta y una mejor usabilidad." (Blender, 2019)

La licencia de Blender otorga una serie de libertades a sus usuarios:

- Libertad de uso del software para cualquier propósito. (Blender, 2019)
- Libertad de distribución del software. (Blender, 2019)
- Libertad de estudio del funcionamiento y cambio del software. (Blender, 2019)
- Libertad de distribución de versiones modificadas del software. (Blender, 2019)

Todas las creaciones realizadas en Blender son propiedad del autor, esto permite que se puedan utilizar tanto para proyectos comerciales, para investigación o para fines educativos.

6.3.2. Capacitación por medio de simulación

"Simular significa dar apariencia a una cosa de otra, fingiendo o imitando lo que no es" (Ballatore M, 2011), en la capacitación, el uso de simulaciones está cada vez más en auge. Uno de los métodos más utilizados para esto es el e-learning que trata de recrear situaciones de la vida real aplicables a cualquier área del saber.

La simulación puede ser utilizada como método de análisis; es una metodología que permite el estudio del funcionamiento de un sistema verdadero a través de observaciones en el comportamiento del sistema simulado. Permite encontrar soluciones a muchos desafíos del mundo real.

Una rama de la simulación es la simulación computarizada que no es más que un software (conjunto de instrucciones - programa) que se ejecuta en un hardware (ordenador, consola, dispositivo móvil, etc) con el fin de imitar el comportamiento de un sistema.

> "En la era de la 'realidad virtual', la palabra simulación está a la orden del día y en boca de todos. Las nuevas tecnologías nos permiten recrear escenarios y de esa manera, simular la realidad, ya sea para representar aquello que no está presente o bien, para proyectar cómo podría ser algo que todavía no es." (Ballatore M, 2011)

La simulación computarizada ofrece amplias posibilidades de interacción a los usuarios y permiten crear un modelo más exacto de la realidad, esto facilita la capacitación ya que le permite al usuario está inmerso en un ambiente exento de riesgos, esto incentiva la confianza y la seguridad en sí mismo para poder tomar decisiones.

Para que la capacitación por medio de simulación tenga efecto debe estar sustentada en un modelo teórico y pedagógico fuerte, debe estar pensada en que el usuario se pueda divertir en la práctica, pero a su vez pueda reflexionar sus acciones y aprender de ellas.

6.3.3. C Sharp (C#)

Es un lenguaje de programación simple, orientado a objetos y de tipo seguro. Está basado en el lenguaje de programación C y hace parte de la familia de los lenguajes C, C++ y Java. “C # está estandarizado por ECMA International como el estándar ECMA-334 y por ISO / IEC como el estándar ISO / IEC 23270” (Microsoft, n.d.)

A pesar de ser un lenguaje orientado a objetos, C# incluye un soporte para programación orientada a componentes. El diseño estaba basado en componentes de software en forma de paquetes de funcionalidad autocontenidos y autodescriptivos, esto presenta un modelo de programación con propiedades, métodos y eventos.

Las características principales de C# ayudan a construir aplicaciones robustas:

- **Garbage collection:** Recupera automáticamente memoria ocupada por objetos no utilizados. (Microsoft, n.d.)
- **Exception handling:** Proporciona un enfoque estructurado y extensible para la detección y recuperación de errores. (Microsoft, n.d.)
- **Type-safe:** Permite que sea imposible leer desde variables sin inicializar, indexar matrices más allá de sus límites y/o realizar conversiones de tipos sin marcar. (Microsoft, n.d.)

> “C # tiene un sistema de tipo unificado. Todos los tipos de C #, incluidos los tipos primitivos como int y double, heredan de un solo object tipo de raíz. Por lo tanto, todos los tipos comparten un conjunto de operaciones comunes, y los valores de cualquier tipo pueden almacenarse, transportarse y operarse de manera consistente.” (Microsoft, n.d.)

Finalmente, C# admite tipos de referencia definidos por el usuario lo cual permite la asignación dinámica de objetos.

6.3.4. Limpieza bucal (profilaxis)

Es un proceso bucodental profesional que emplea técnicas y herramientas especiales en busca de la eliminación del sarro, el detartraje y la placa bacteriana en todas las zonas de la boca; adicionalmente, este proceso permite eliminar manchas de los dientes, desinflamar encías y remineralizar el esmalte dental gracias al gel de flúor de alta concentración utilizado en el proceso.

> "Profilaxis significa «prevención de la enfermedad», por lo que esta limpieza estaría encaminada a evitar problemas de las encías, y por concepto será una limpieza sencilla y superficial. Si existe una enfermedad de las encías como gingivitis o periodontitis, el tratamiento tendrá que ser más avanzado, con limpiezas más profundas y secuenciadas mediante el raspado y alisado radicular." (Cercadillo I, 2018)

Normalmente, una limpieza dental sigue los siguientes pasos:

- **Exploración:** En este paso el odontólogo comprueba el estado de los dientes, es decir, si presenta sarro, placa bacteriana o si está limpio. (Cercadillo I, 2018) Para este proceso se utiliza el espejo dental y el explorador.
- **Eliminación del sarro:** En este paso el odontólogo retira el sarro o placa bacteriana supragingival y subgingival de las encías. (Cercadillo I, 2018) Para este proceso se utiliza la cureta, la pinza algodonera, el algodón y el detartrol.
- **Pulir piezas dentales:** En este pasó el odontólogo pule las piezas dentales para que queden totalmente lizas y libres de manchas. (Cercadillo I, 2018) Para este proceso se utiliza el contrangulo, el cepillo profiláctico, la pasta profiláctica y la jeringa triple.

La limpieza dental es un tratamiento sencillo pero muy efectivo a la hora de prevenir enfermedades bucodentales. "Aunque una persona disfrute de una buena salud bucodental, se

recomienda en cualquier caso realizar una profilaxis cada seis meses, o una al año como mínimo.” (Cercadillo I, 2018)

6.3.5. MySQL

Es un sistema de gestión de bases de datos relacionales, basado en consultas estructuradas (SQL), es de código abierto y está respaldado por Oracle. Se ejecuta prácticamente en cualquier sistema operativo, entre ellos Linux, Unix y Windows.

MySQL está basado en un modelo cliente – servidor; el servidor maneja todas las instrucciones de la base de datos y se presenta como un programa separado para su uso, ya sea como una aplicación cliente – servidor y/o como una biblioteca que se puede incrustar en aplicaciones independientes.

> “MySQL funciona junto con varios programas de utilidad que admiten la administración de bases de datos MySQL. Los comandos se envían a MySQLServer a través del cliente MySQL, que se instala en una computadora.” (Rouse M, 2018)

Aunque MySQL este instalado en una sola máquina, es posible enviar la base de datos a múltiples ubicaciones ya que MySQL permite que los usuarios puedan acceder a ella a través de diferentes interfaces de cliente MySQL; a través de sentencias SQL, la interfaz se comunica con el servidor y muestra los resultados.

6.3.6. Oculus rift

Es un casco de realidad virtual de alto rendimiento, el cual permite representaciones graficas de alta calidad y alta precisión en la interacción con el entorno virtual. Este dispositivo sigue al usuario (mediante unos sensores incorporados) a través de la mirada para identificar su posición al interactuar con el entorno virtual.

A utilizar el dispositivo, los usuarios pueden moverse libremente dentro de su entorno físico ya sea de pie, sentados, caminando, girando, esquivando, como lo deseen, y estos movimientos serán representados en el entorno virtual.

> "El auricular tiene una pantalla OLED con una resolución de 2060 x 1200 y una frecuencia de actualización de 90Hz. El campo de visión (FOV) es de 110 grados y el área de seguimiento es de 5' por 11'. Los sensores incluyen acelerómetros, giroscopios y magnetómetros. El sistema permite el seguimiento posicional completo de 360 grados." (Rouse M, 2016)

6.3.7. Realidad virtual

Es un ambiente gráfico virtual con características tridimensionales, posee un comportamiento dinámico y es ejecutado en tiempo real. La idea principal de este sistema esta centra en que el usuario se sienta inmerso en el interior de este ambiente y puede interactuar con él.

La realidad virtual cuenta con la capacidad de emitir infinidad de reacciones para cada acción realizada por el usuario, ofreciendo así una experiencia inmersiva, interactiva y multisensorial; el objetivo es lograr que la brecha entre el mundo real y el artificial se disminuya.

> "Básicamente, al hablar de realidad virtual se puede decir que se trata de un tipo de completo sistema informático que brinda una interfaz que genera ambientes artificiales dentro de equipos diseñados para dicho fin, logrando representar esa realidad ilusoria en tiempo real." (Tecnología & informática, n.d.)

Se trata de una realidad que solo puede ser percibida pero no tocada, permitiendo solo su manipulación a través de equipos especializados como cascos, guantes, controles, etc.

6.3.8. Unity

Es un motor de desarrollo, basado en componentes, altamente flexible y con múltiples prestaciones. Se encuentra disponible en Windows, Linux y Mac. Presenta múltiples herramientas que ayudan a que la edición e interacción durante el ciclo de desarrollo sea mucho más sencilla.

Algunas de las características principales del editor de Unity son:

- **Editor todo en uno:** Cuenta con herramientas de diseño que permiten crear escenarios envolventes para el usuario y, adicionalmente, cuenta con herramientas de desarrollo para incorporar la lógica de interacción del usuario con dichos escenarios. (Unity, 2019)
- **2D y 3D:** Permite desarrollar entornos en dos y tres dimensiones con funcionalidades específicas para cada uno. (Unity, 2019)
- **Herramientas IA:** Permite crear objetos que pueden moverse solos por el entorno gracias al uso de inteligencia artificial. También permite crear obstáculos dinámicos. (Unity, 2019)
- **Flujos de trabajo eficientes:** Los prefabs (GameObjects preconfigurados) proporcionan un flujo de trabajo eficiente y flexible ya que permiten trabajar sin la preocupación de cometer errores que consumen mucho tiempo. (Unity, 2019)
- **Interfaces de usuario:** El sistema UI incorporado permite crear interfaces de usuario de forma rápida e intuitiva. (Unity, 2019)
- **Despliegue:** Permite el despliegue del entorno desarrollado en más de 25 plataformas. (Unity, 2019)
- **Cloud build:** Crea y comparte compilaciones automáticamente con cualquier miembro de un grupo. (Unity, 2019)

CAPÍTULO 3.

7. METODOLOGÍA

Para el desarrollo de este proyecto se pretende utilizar la metodología de desarrollo "Rational Unified Process (RUP)". RUP, desarrollada por Rational Software, es una metodología de proceso iterativo e incremental, enfocada en el análisis, diseño, implementación y documentación de sistemas orientados a objetos.

7.1. Fases de RUP

1. **Inicio:** En esta fase se define el alcance del proyecto, se identifican los actores y los casos de uso, y se desarrolla un plan de negocio que determine los recursos necesarios para el proyecto. (Universitat de Girona, n.d.)
2. **Elaboración:** En esta fase se analiza el dominio del problema, se establecen los cimientos de la arquitectura, se desarrolla el plan del proyecto y se eliminan los mayores riesgos. (Universitat de Girona, n.d.)
3. **Construcción:** En esta fase se busca alcanzar la capacidad operacional del producto de forma incremental a través de varias iteraciones. En esta fase se implementan, integran y prueban todos los componentes, características y requisitos del producto buscando una versión aceptable. (Universitat de Girona, n.d.)
4. **Transición:** En esta fase se busca colocar el producto en las manos del usuario final, para ello se busca cumplir con las tareas relacionadas al ajuste del producto, configuración, instalación y facilidad de uso de este. (Universitat de Girona, n.d.)

7.2. Flujo de trabajo de RUP

1. **Modelado del negocio:** Modelado de los procesos del negocio empleando los casos de uso de la organización. (Sommerville, 2011)
2. **Requerimientos:** Identificación de los actores que interactúan con el sistema y desarrollo de los casos de uso con los requerimientos del sistema. (Sommerville, 2011)

3. **Análisis y diseño:** Creación y documentación de un modelo de diseño utilizando modelos arquitectónicos, de componentes, de objetos y de secuencias. (Sommerville, 2011)
4. **Implementación:** Implementación y estructuración de los componentes del sistema en subsistemas de implementación. (Sommerville, 2011)
5. **Pruebas:** Proceso iterativo en conjunto con la implementación (seguidas al completar la implementación). (Sommerville, 2011)
6. **Despliegue:** Liberación del producto a los usuarios e instalación en lugares de trabajo. (Sommerville, 2011)

7.3. Actividades metodología

Tabla 1: Actividades para la ejecución del proyecto.

Actividades para la ejecución del proyecto	
Modelado del negocio	Establecer el ámbito del proyecto y sus limites
	Documentar los casos de uso del sistema
Requerimientos	Establecer los actores que interactúan con el sistema
	Elaborar el diagrama de requisitos
Análisis y diseño	Desarrollar una arquitectura para los escenarios principales
	Definir y validar la arquitectura
	Estimar el tiempo de coste en recursos y tiempo de todo el proyecto
	Diseñar los diagramas de actividades con los procesos del sistema
	Diseñar los formularios de la aplicación
	Desarrollar un wireframe de la aplicación
	Diseñar el modelo de la base de datos
	Crear un plan de construcción (iterativo)
Implementación	Desarrollar versiones funcionales en base al plan de construcción
Pruebas	Prueba de caja blanca y caja negra para validar funcionamiento
Despliegue	Entrega de manuales de usuario
	Entrega del software terminado

7.4. Diagrama metodología

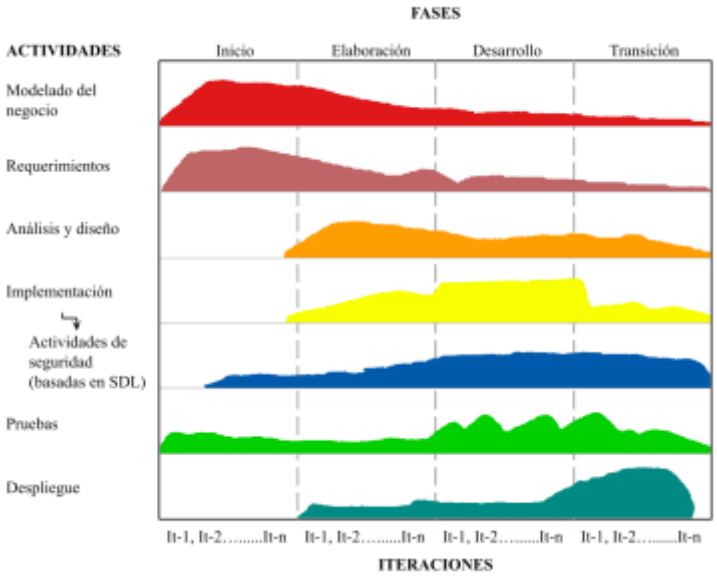


Ilustración 4: Ciclo de trabajo metodología hibrida.

Fuente: Elaboración propia.

8. DESARROLLO DEL PROYECTO

8.1. Desarrollo de la metodología

8.1.1. Requisitos del sistema

Requisitos funcionales:

- El sistema debe contar con tres perfiles de usuario (estudiante, administrador y docente).
- El sistema debe permitir consultar la información personal al usuario.
- El sistema debe permitir consultar la información de las simulaciones al usuario (estudiante).
- El sistema debe permitir editar la información personal a cada usuario.
- El sistema debe permitir crear usuarios para estudiantes (docentes).
- El sistema debe permitir crear usuarios para docentes (administrador).
- El sistema debe permitir eliminar perfiles (administrador).

Requisitos no funcionales:

- La interfaz debe ser fácil de comprender por el usuario.
- El software se implementará en computadores con sistema operativo Windows.
- Los datos modificados en la base de datos deben ser actualizados al instante.
- El sistema debe contar con manuales de usuario estructurados adecuadamente.
- El sistema y sus procedimientos de mantenimiento de datos deben cumplir con las leyes y reglamentos de protección de datos.
- El sistema debe tener disponibilidad las 24 horas del día.

Reglas de negocio:

- Creación de perfiles de estudiante; el estudiante debe presentarse con su respectivo docente para la creación de su perfil de usuario.

- Creación de perfiles de docente; el docente debe presentarse con el administrador del sistema para la creación de su perfil de usuario.
- Cuando el usuario reactiva su perfil, después de un periodo de inactividad mayor a 30 días, debe actualizar su información personal.
- Cualquier usuario debe poder ingresar al sistema desde la fecha de creación de su perfil.
- El software debe tener un video instructivo sobre su correcto uso.

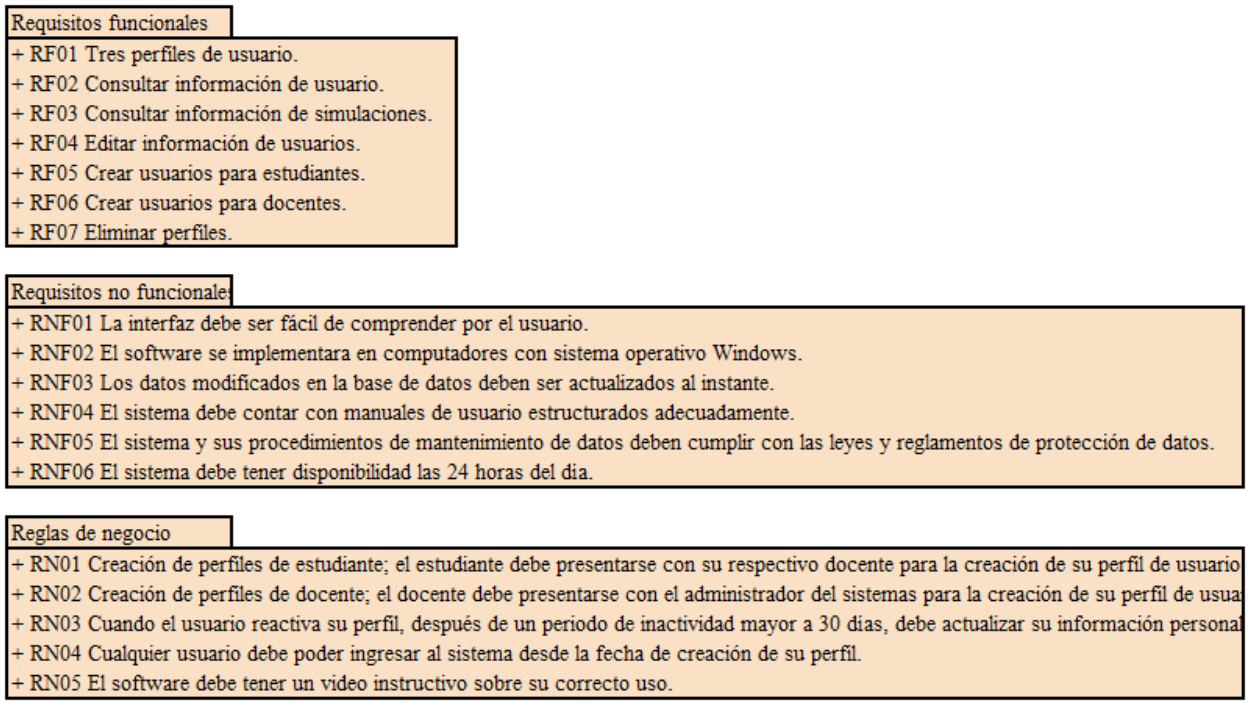


Ilustración 5: Diagrama general.

Fuente: Elaboración propia.



Ilustración 6: Requisitos funcionales.

Fuente: Elaboración propia.

RNF01 La interfaz debe ser fácil de comprender por el usuario.
RNF02 El software se implementara en computadores con sistema operativo Windows.
RNF03 Los datos modificados en la base de datos deben ser actualizados al instante.
RNF04 El sistema debe contar con manuales de usuario estructurados adecuadamente.
RNF05 El sistema y sus procedimientos de mantenimiento de datos deben cumplir con las leyes y reglamentos de protección de datos.
RNF06 El sistema debe tener disponibilidad las 24 horas del dia.

Ilustración 7: Requisitos no funcionales.

Fuente: Elaboración propia.

+ RN01 Creación de perfiles de estudiante; el estudiante debe presentarse con su respectivo docente para la creación de su perfil de usuario.
+ RN02 Creación de perfiles de docente; el docente debe presentarse con el administrador del sistemas para la creación de su perfil de usuario.
+ RN03 Cuando el usuario reactiva su perfil, después de un periodo de inactividad mayor a 30 días, debe actualizar su información personal.
+ RN04 Cualquier usuario debe poder ingresar al sistema desde la fecha de creación de su perfil.
+ RN05 El software debe tener un video instructivo sobre su correcto uso.

Ilustración 8: Reglas de negocio.

Fuente: Elaboración propia.

8.1.2. Cronograma

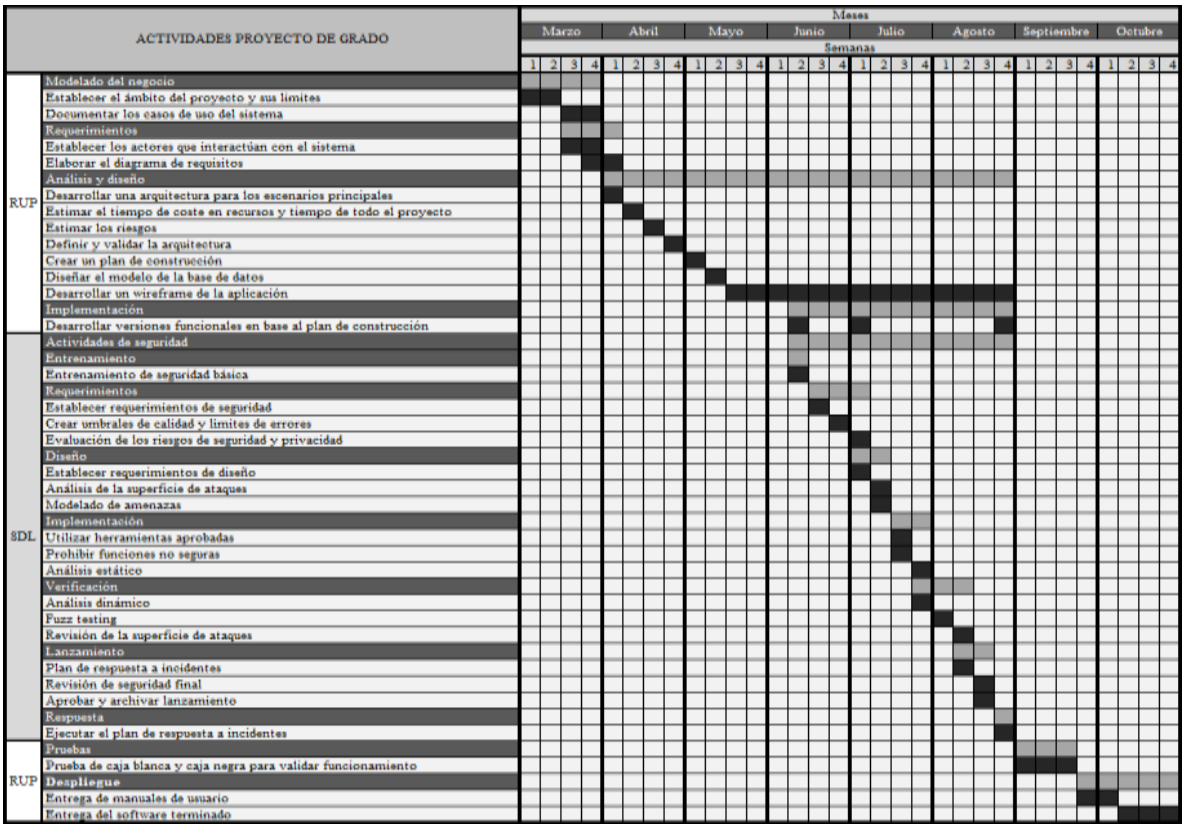


Ilustración 9: Cronograma.

Fuente: Elaboración propia.

8.1.3. Arquitectura escenario

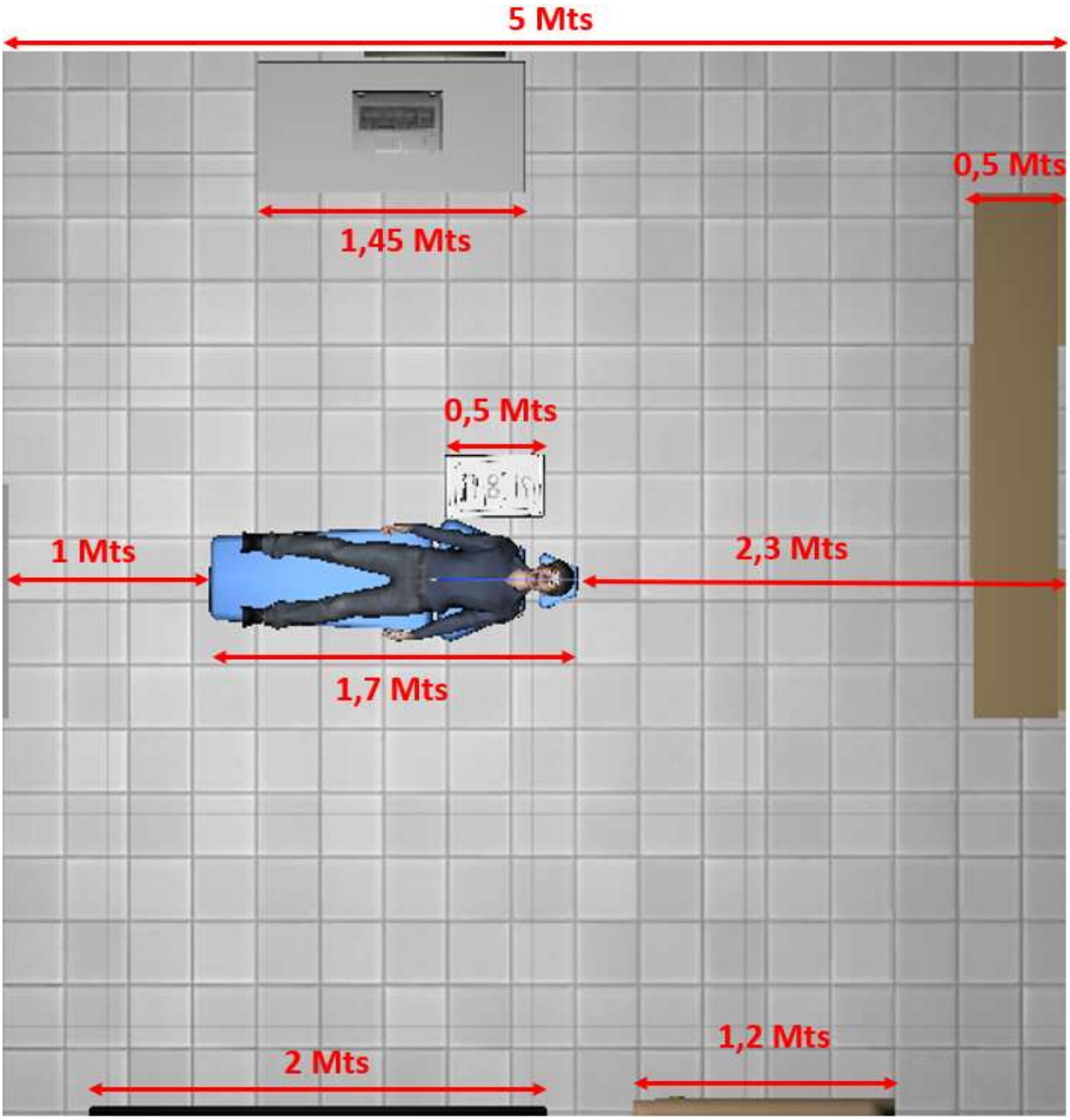


Ilustración 10: Arquitectura del escenario principal.

Fuente: Elaboración propia.

8.1.4. Casos de uso

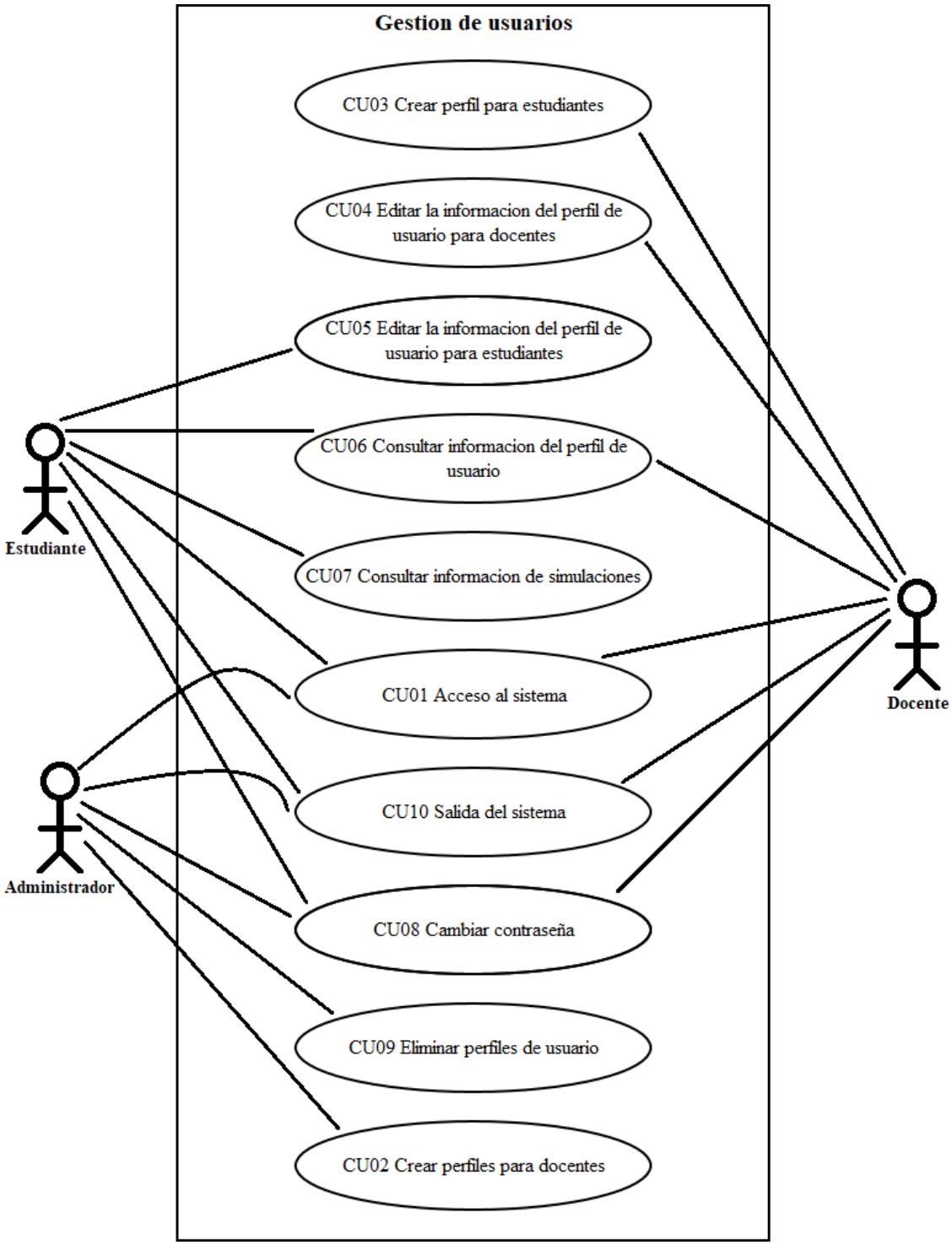


Ilustración 11: Diagrama de casos de uso – gestión de usuarios.

Fuente: Elaboración propia.

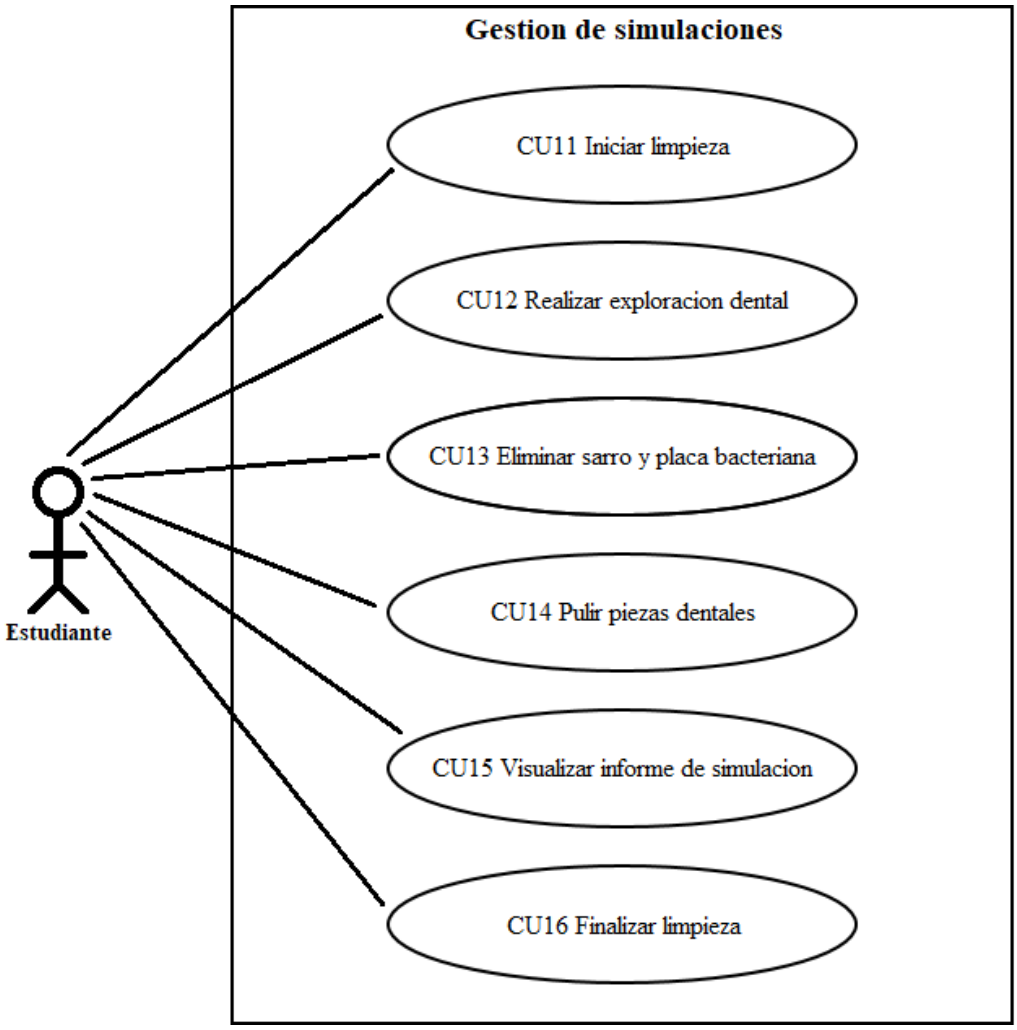


Ilustración 12: Diagrama de casos de uso – gestión de simulaciones.

Fuente: Elaboración propia.

Especificaciones de casos de uso – gestión de usuario:

Tabla 2: Caso de uso CU01.

CASO DE USO	CU01 Acceso al sistema.
ACTORES	Estudiante, docente, administrador.
DESCRIPCION	Ingresar usuario y contraseña para ingresar al sistema.
FLUJO PRINCIPAL	1. El sistema solicita el usuario y la contraseña de ingreso, 2. El usuario ingresa los datos y presiona ingresar, 3. El sistema valida los datos e ingresa al sistema.

EXCEPCIONES	1. El usuario ingresa la contraseña o el usuario, lo borra e ingresa unos nuevos, 2. El usuario ingreso una contraseña incorrecta, el sistema muestra un mensaje con el error, 3. El usuario ingreso un usuario que no existe, el sistema muestra un mensaje con el error, 4. El usuario olvido su usuario de ingreso o la contraseña, el sistema muestra un enlace de ayuda para restablecerlos.
PRECONDICIONES	Abrir el software.
POSTCONDICIONES	Visualización del menú principal.

Tabla 3: Caso de uso CU02.

CASO DE USO	CU02 Crear perfiles de usuario para docentes.
ACTORES	Administrador.
DESCRIPCION	Registrar los datos básicos de los docentes de la institución en el sistema y crear el perfil de acceso.
FLUJO PRINCIPAL	1. El sistema solicita los datos personales del docente, 2. El usuario llena los campos solicitados y presiona cargar, 3. El sistema asigna el usuario de acceso y la contraseña (Ambos serán el número de documento del docente) y lo muestra al usuario, 4. El usuario confirma la información y presiona guardar, 5. El sistema crea el perfil del docente.
EXCEPCIONES	1. El usuario no diligencio un campo y presiono cargar, el sistema muestra un mensaje con el error, 2. El usuario ingreso la información en un campo, lo borra e ingresa otra información. 3. El usuario abandona el registro, el sistema descarta todas las entradas.
PRECONDICIONES	Debe estar en el menú principal.
POSTCONDICIONES	Visualización del cuadro de confirmación de creación del perfil.

Tabla 4: Caso de uso CU03.

CASO DE USO	CU03 Crear perfiles de usuario para estudiantes.
ACTORES	Docente.

DESCRIPCION	Registrar los datos básicos de los estudiantes de la institución en el sistema y crear el perfil de acceso.
FLUJO PRINCIPAL	1. El sistema solicita los datos personales del estudiante, 2. El usuario llena los campos solicitados y presiona cargar, 3. El sistema asigna el usuario de acceso y la contraseña (Ambos serán el número de documento del estudiante) y lo muestra al usuario, 4. El usuario confirma la información y presiona guardar, 5. El sistema valida la información y crea el perfil del estudiante.
EXCEPCIONES	1. El usuario no diligencio un campo y presiono cargar, el sistema muestra un mensaje con el error, 2. El usuario ingreso la información en un campo, lo borra e ingresa otra información. 3. El usuario abandona el registro, el sistema descarta todas las entradas.
PRECONDICIONES	Debe estar en el menú principal.
POSTCONDICIONES	Visualización del cuadro de confirmación de creación del perfil.

Tabla 5: Caso de uso CU04.

CASO DE USO	CU04 Editar la información del perfil de usuario para docentes.
ACTORES	Docente.
DESCRIPCION	Modificar la información del docente que este mal diligenciada o desactualizada.
FLUJO PRINCIPAL	1. El usuario presiona el botón de editar información, 2. El sistema muestra todos los datos personales asociados al docente, 3. El usuario modifica los campos que desea cambiar y presiona guardar, 4. El sistema valida la información y guarda los datos.
EXCEPCIONES	1. Al buscar la información del docente, esta no existe en el sistema, el sistema muestra un mensaje informando, 2. El usuario abandona la modificación, el sistema descarta todos los cambios, 3. El usuario ingreso la información en un campo, lo borra e ingresa otra información.
PRECONDICIONES	Debe estar en el menú principal.
POSTCONDICIONES	Visualización de los datos personales del docente.

Tabla 6: Caso de uso CU05.

CASO DE USO	CU05 Editar la información del perfil de usuario para estudiantes.
ACTORES	Estudiante.
DESCRIPCION	Modificar la información del estudiante que este mal diligenciada o desactualizada.
FLUJO PRINCIPAL	1. El usuario presiona el botón de editar información, 2. El sistema muestra todos los datos personales asociados al estudiante, 3. El usuario modifica los campos que desea cambiar y presiona guardar, 4. El sistema valida la información y guarda los datos.
EXCEPCIONES	1. Al buscar la información del estudiante, esta no existe en el sistema, el sistema muestra un mensaje informando, 2. El usuario abandona la modificación, el sistema descarta todos los cambios, 3. El usuario ingreso la información en un campo, lo borra e ingresa otra información.
PRECONDICIONES	Debe estar en el menú principal.
POSTCONDICIONES	Visualización de los datos personales del estudiante.

Tabla 7: Caso de uso CU06.

CASO DE USO	CU06 Consultar información del perfil de usuario.
ACTORES	Estudiante, docente.
DESCRIPCION	Consultar los datos personales del perfil de usuario.
FLUJO PRINCIPAL	1. El usuario presiona el botón datos personales, 2. El sistema solicita la contraseña de acceso al sistema, 3. El usuario ingresa la contraseña y presiona mostrar, 4. El sistema valida los datos ingresados y muestra la información al usuario.
EXCEPCIONES	1. El usuario ingresa la contraseña, la borra e ingresa una nueva, 2. El usuario ingreso una contraseña incorrecta, el sistema muestra un mensaje con el error, 3. El usuario abandona la consulta, el sistema descarta la acción.
PRECONDICIONES	Debe estar en el menú principal.

Tabla 8: Caso de uso CU07.

CASO DE USO	CU07 Consultar información de simulaciones.
ACTORES	Estudiante.
DESCRIPCION	Consultar los datos de las simulaciones realizadas por el usuario.
FLUJO PRINCIPAL	1. El usuario presiona el botón información de simulaciones, 2. El sistema solicita la contraseña de acceso al sistema, 3. El usuario ingresa la contraseña y presiona mostrar, 4. El sistema valida los datos ingresados y muestra la información al usuario.
EXCEPCIONES	1. El usuario ingresa la contraseña, la borra e ingresa una nueva, 2. El usuario ingreso una contraseña incorrecta, el sistema muestra un mensaje con el error, 3. El usuario abandona la consulta, el sistema descarta la acción.
PRECONDICIONES	Debe estar en el menú principal.

Tabla 9: Caso de uso CU08.

CASO DE USO	CU08 Cambiar contraseña.
ACTORES	Estudiante, docente, administrador.
DESCRIPCION	Cambiar la contraseña de acceso al sistema
FLUJO PRINCIPAL	1. El usuario presiona el botón cambiar contraseña, 2. El sistema solicita la contraseña actual de acceso al sistema, 3. El usuario ingresa la contraseña y presiona continuar, 4. El sistema solicita dos campos con la nueva contraseña, 5. El usuario ingresa la nueva contraseña y presiona cambiar contraseña, 6. El sistema valida los datos y cambia la contraseña.
EXCEPCIONES	1. El usuario ingresa la contraseña, la borra e ingresa una nueva, 2. El usuario ingreso una contraseña incorrecta, el sistema muestra un mensaje con el error, 3. El usuario abandona el cambio, el sistema descarta los cambios, 4. Los dos campos de la nueva contraseña no coinciden, el sistema muestra un mensaje con el error.
PRECONDICIONES	Debe estar en el menú principal.
POSTCONDICIONES	Visualización del cuadro de confirmación de cambio de contraseña.

Tabla 10: Caso de uso CU09.

CASO DE USO	CU09 Eliminar perfiles de usuario.
ACTORES	Administrador.
DESCRIPCION	Eliminar los perfiles de usuario de estudiantes o docentes.
FLUJO PRINCIPAL	1. El usuario presiona el botón eliminar perfil, 2. El sistema solicita la contraseña de acceso al sistema, 3. El usuario ingresa la contraseña y presiona eliminar, 4. El sistema muestra un mensaje preguntando si está seguro de realizar la acción, 5. El usuario presiona si, 6. El sistema valida la información y elimina el perfil del usuario.
EXCEPCIONES	1. Al buscar el estudiante o docente, este no existe en el sistema, el sistema muestra un mensaje informando, 2. El usuario abandona la eliminación, el sistema descarta todas las acciones, 3. El usuario ingresa la contraseña, la borra e ingresa una nueva, 4. El usuario ingreso una contraseña incorrecta, el sistema muestra un mensaje con el error.
PRECONDICIONES	Debe encontrarse en el perfil del paciente a eliminar.
POSTCONDICIONES	Visualización del cuadro de confirmación de eliminación del perfil.

Tabla 11: Caso de uso CU10.

CASO DE USO	CU10 Salida del sistema.
ACTORES	Estudiante, docente, administrador.
DESCRIPCION	Cerrar el perfil de usuario del sistema.
FLUJO PRINCIPAL	1. El usuario presiona el botón cerrar sesión, 2. El sistema muestra un mensaje preguntando si está seguro de realizar la acción, 3. El usuario presiona si, 4. El sistema valida la información y cierra la sesión.
EXCEPCIONES	1. El usuario abandona la confirmación, el sistema descarta la acción.
PRECONDICIONES	Debe estar en el menú principal.

Especificaciones de casos de uso – gestión de simulaciones:

Tabla 12: Caso de uso CU11.

CASO DE USO	CU11 Iniciar limpieza.
ACTORES	Estudiante.
DESCRIPCION	Comenzar a simular la limpieza odontológica.
FLUJO PRINCIPAL	1. El usuario presiona el botón iniciar simulación, 2. El sistema valida la acción y carga el ambiente de simulación.
EXCEPCIONES	1. El usuario no ha presionado el botón de iniciar simulación.
PRECONDICIONES	Debe estar en el menú principal.
POSTCONDICIONES	Visualización del escenario para la simulación de la limpieza odontológica.

Tabla 13: Caso de uso CU12.

CASO DE USO	CU12 Realizar exploración dental.
ACTORES	Estudiante.
DESCRIPCION	Comprobar el estado de los dientes y encías, localizando el sarro y la placa bacteriana.
FLUJO PRINCIPAL	1. El usuario agarra el eyector, 2. El sistema valida la acción y posiciona el eyector en la mano del usuario, 3. El usuario introduce el eyector en la boca del paciente y lo suelta, 4. El sistema valida la acción y posiciona el eyector sobre la boca del paciente, 5. El usuario agarra el espejo, 6. El sistema valida la acción y posiciona el espejo en la mano del usuario, 7. El usuario introduce el espejo en la boca del paciente y realiza una observación de todas las caras dentales, 8. El usuario agarra el explorador con la otra mano, 9. El sistema valida la acción y posiciona el explorador en la mano del usuario, 10. El usuario pasa diente por diente el explorador buscando sarro o placa bacteriana, 11. El sistema valida la acción y muestra en el explorador residuos de sarro o placa bacteriana por cada diente si estos se encuentran presentes, 12. El usuario suelta el espejo y el explorador

	sobre la bandeja cuando ha terminado la detección del sarro o la placa bacteriana en todos los dientes, 13. El sistema valida la acción y posiciona el espejo y el explorador sobre la bandeja, 14. El usuario presiona el botón de abrir informe, 15. El sistema muestra los campos de cada diente para diligenciar, 16. El usuario ingresa la información y presiona guardar, 17. El sistema guarda los datos. 18. El usuario presiona el botón de finalizar exploración, 19. El sistema valida la información, guarda toda la información y termina la exploración.
EXCEPCIONES	1. El usuario quiere agarrar otro instrumento pero tiene ambas manos ocupadas, el sistema muestra un mensaje con el error, 2. El usuario guarda el informe sin la información completa, el sistema muestra un mensaje con el error, 3. El usuario pretende trabajar con el instrumento incorrecto, el sistema muestra una alerta al usuario informando, 4. El usuario pretende finalizar la exploración sin diligenciar el informe, el sistema muestra un mensaje con el error.
PRECONDICIONES	Debe estar en el escenario para la simulación de la limpieza odontológica.
POSTCONDICIONES	Habilita la eliminación de sarro y placa bacteriana.

Tabla 14: Caso de uso CU13.

CASO DE USO	CU13 Eliminar sarro y placa bacteriana.
ACTORES	Estudiante.
DESCRIPCION	Retirar el sarro y la placa bacteriana de los dientes y encías.
FLUJO PRINCIPAL	1. El usuario presiona el botón abrir informe, 2. El sistema muestra el informe de exploración, 3. El usuario agarra la cureta, 4. El sistema valida la acción y posiciona la cureta en la mano del usuario, 5. El usuario pasa la cureta a cada diente en el cual, según su informe, ahí presencia de sarro o placa bacteriana, desde la zona gingival hasta la parte externa del diente, 6. El sistema valida la acción y retira el sarro o placa bacteriana de los dientes tratados, 7. El usuario va marcando los dientes ya tratados para llenar el informe, 8. El usuario suelta la

	cureta sobre la bandeja, 9. El sistema valida la acción y posiciona la cureta sobre la bandeja, 10. El usuario agarra la pinza algodonera, 11. El sistema valida la acción y posiciona la pinza algodonera en la mano del usuario, 12. El usuario agarra un algodón con la pinza algodonera, 13. El sistema valida la acción y posiciona el algodón en la pinza algodonera, 14. El usuario introduce el algodón en el detartrol para humedecerlo, 15. El sistema valida la acción y cambia la textura del algodón, 16. El usuario pasa el algodón por todos los dientes para retirar los residuos de sarro o placa bacteriana, 17. El sistema valida la acción y retira los residuos de sarro o placa bacteriana de los dientes tratados, 18. El usuario suelta la pinza algodonera sobre la bandeja, 19. El sistema valida la acción y posiciona la pinza algodonera sobre la bandeja, 20. El usuario presiona el botón de finalizar eliminación, 21. El sistema guarda toda la información y termina la eliminación.
EXCEPCIONES	1. El usuario quiere agarrar otro instrumento pero tiene ambas manos ocupadas, el sistema muestra un mensaje con el error, 2. El usuario pretende realizar un proceso sin completar pasos previos, el sistema muestra una alerta al usuario informando, 3. El usuario pretende trabajar con el instrumento incorrecto, el sistema muestra una alerta al usuario informando, 4. El usuario pretende finalizar la eliminación sin diligenciar el informe, el sistema muestra un mensaje con el error.
PRECONDICIONES	Debe estar en el escenario para la simulación de la limpieza odontológica y haber completado la exploración dental.
POSTCONDICIONES	Habilita el pulido de piezas dentales.

Tabla 15: Caso de uso CU14.

CASO DE USO	CU14 Pulir piezas dentales.
ACTORES	Estudiante.
DESCRIPCION	Pulir los dientes hasta dejar la superficie lisa y libre de manchas.

FLUJO PRINCIPAL	1. El usuario agarra el contrangulo, 2. El sistema valida la acción y posiciona el contrangulo en la mano del usuario, 3. El usuario agrega el cepillo profiláctico al contrangulo, 4. El sistema valida la acción y posiciona el cepillo profiláctico en el contrangulo, 5. El usuario introduce el cepillo profiláctico en la pasta profiláctica, 6. El sistema valida la acción y cambia la textura del cepillo profiláctico, 7. El usuario pasa el cepillo profiláctico por todos los dientes para pulir las piezas dentales, 8. El sistema valida la acción y cambia la textura de los dientes tratados, 9. El usuario suelta el contrangulo sobre la bandeja, 10. El sistema valida la acción y posiciona el contrangulo sobre la bandeja, 11. El usuario agarra la jeringa triple, 12. El sistema valida la acción y posiciona la jeringa triple en la mano del usuario, 13. El usuario aplica agua en toda la boca del paciente para retirar los residuos de los materiales utilizados en la limpieza, 14. El sistema valida la acción y muestra el agua eliminando los residuos de la boca del paciente, 15. El usuario agarra el eyector, 16. El sistema valida la acción y posiciona el eyector en la mano del usuario, 17. El usuario suelta el eyector sobre la bandeja, 18. El sistema valida la acción y posiciona el eyector sobre la bandeja, 19. El usuario presiona el botón de finalizar pulido, 20. El sistema guarda termina el pulido.
EXCEPCIONES	1. El usuario quiere agarrar otro instrumento pero tiene ambas manos ocupadas, el sistema muestra un mensaje con el error, 2. El usuario pretende realizar un proceso sin completar pasos previos, el sistema muestra una alerta al usuario informando, 3. El usuario pretende trabajar con el instrumento incorrecto, el sistema muestra una alerta al usuario informando.
PRECONDICIONES	Debe estar en el escenario para la simulación de la limpieza odontológica y haber completado la eliminación del sarro y placa bacteriana.
POSTCONDICIONES	Habilita la creación del informe.

Tabla 16: Caso de uso CU15.

CASO DE USO	CU15 Visualizar informe de simulación.
ACTORES	Estudiante.
DESCRIPCION	Muestra un informe detallado del proceso de simulación brindando retroalimentación de cada paso.
FLUJO PRINCIPAL	1. El usuario presiona el botón informe, 2. El sistema valida la acción y carga un cuadro mostrando el informe de la simulación.
EXCEPCIONES	1. El usuario abandona la simulación, el sistema descarta la creación del informe.
PRECONDICIONES	Debe estar en el escenario para la simulación.

Tabla 17: Caso de uso CU16.

CASO DE USO	CU16 Finalizar limpieza.
ACTORES	Estudiante.
DESCRIPCION	Terminar la simulación de la limpieza odontológica.
FLUJO PRINCIPAL	1. El usuario presiona el botón finalizar simulación, 2. El sistema valida la acción y carga el menú principal.
EXCEPCIONES	1. El usuario no ha presionado el botón de finalizar simulación.
PRECONDICIONES	Debe estar en el escenario para la simulación.
POSTCONDICIONES	Visualización del menú principal.

8.1.5. Diagrama de actividades

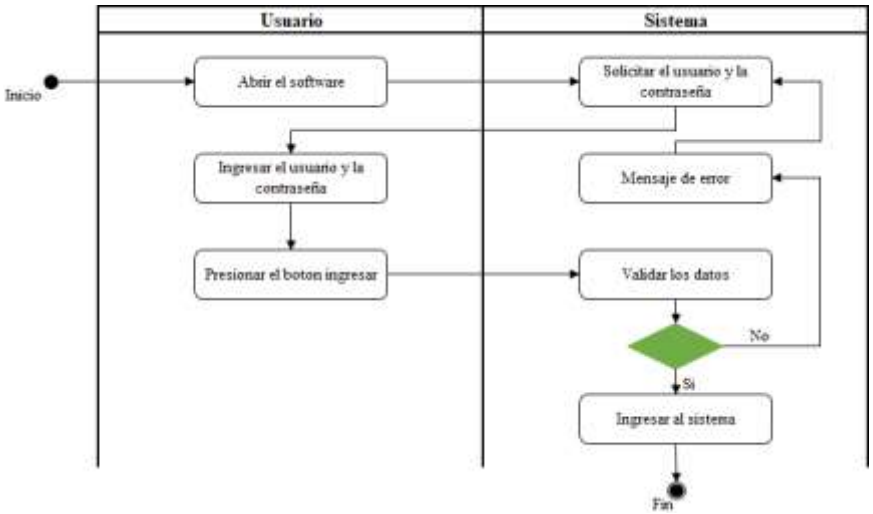


Ilustración 13: Acceso al sistema DA01.

Fuente: Elaboración propia.

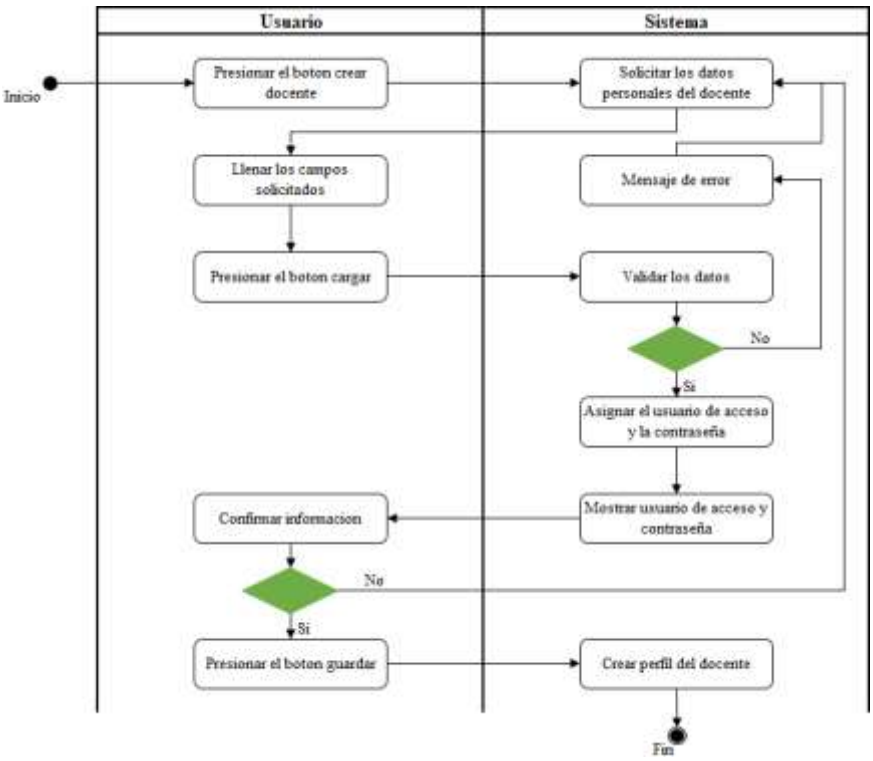


Ilustración 14: Crear perfiles de usuario para docentes DA02.

Fuente: Elaboración propia.

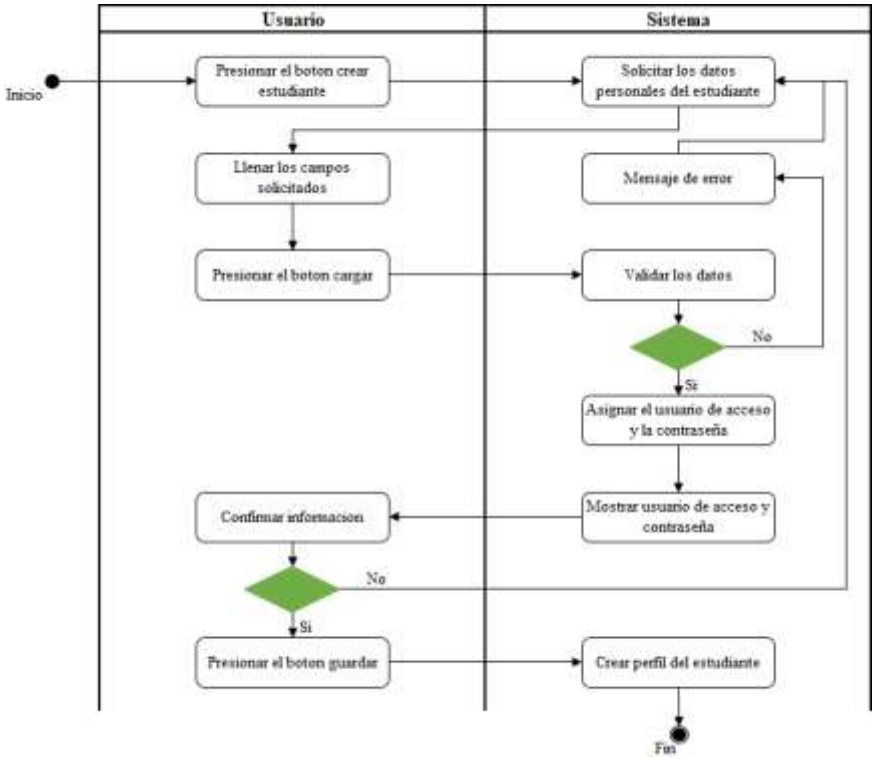


Ilustración 15: Crear perfiles de usuario para estudiantes DA03.

Fuente: Elaboración propia.

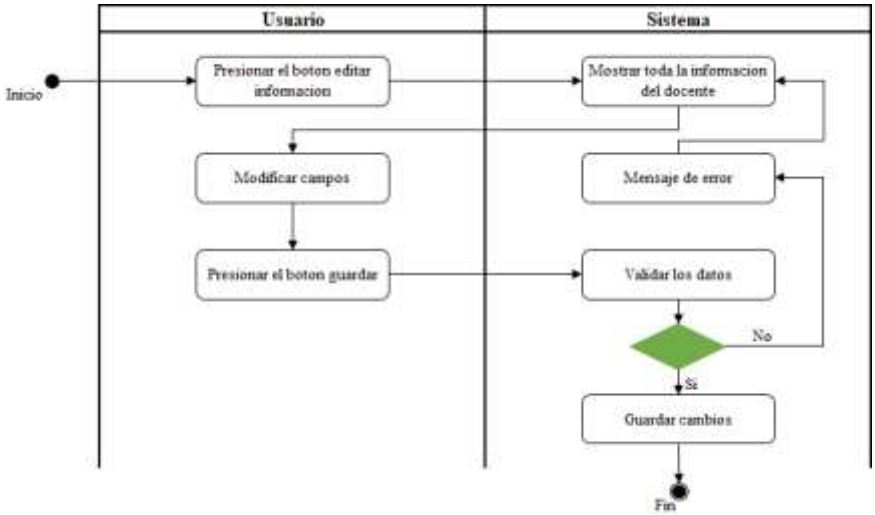


Ilustración 16: Editar la información del perfil de usuario para docentes DA04.

Fuente: Elaboración propia.

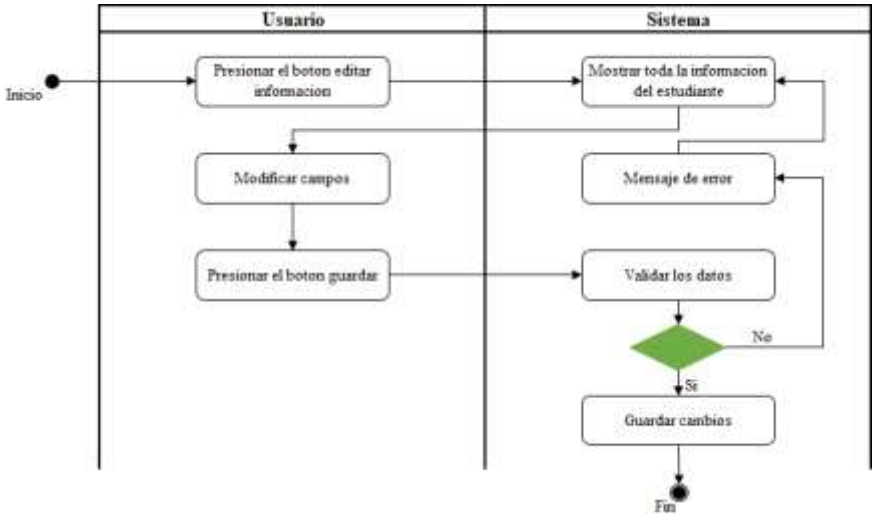


Ilustración 17: Editar la información del perfil de usuario para estudiantes DA05.

Fuente: Elaboración propia.

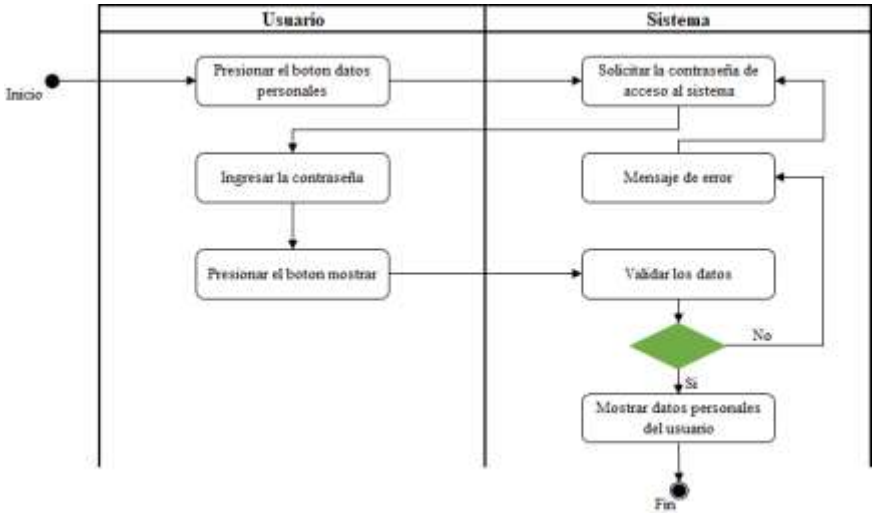


Ilustración 18: Consultar información del perfil de usuario DA06.

Fuente: Elaboración propia.

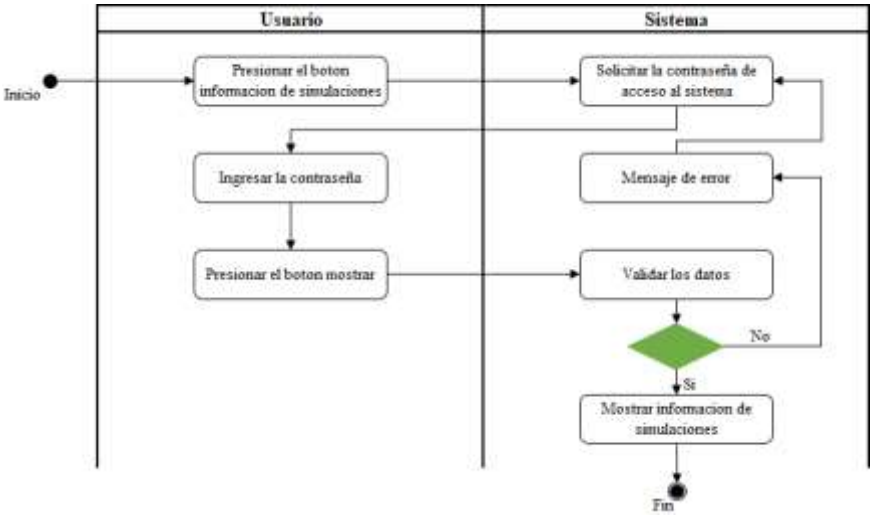


Ilustración 19: Consultar información de simulaciones DA07.

Fuente: Elaboración propia.

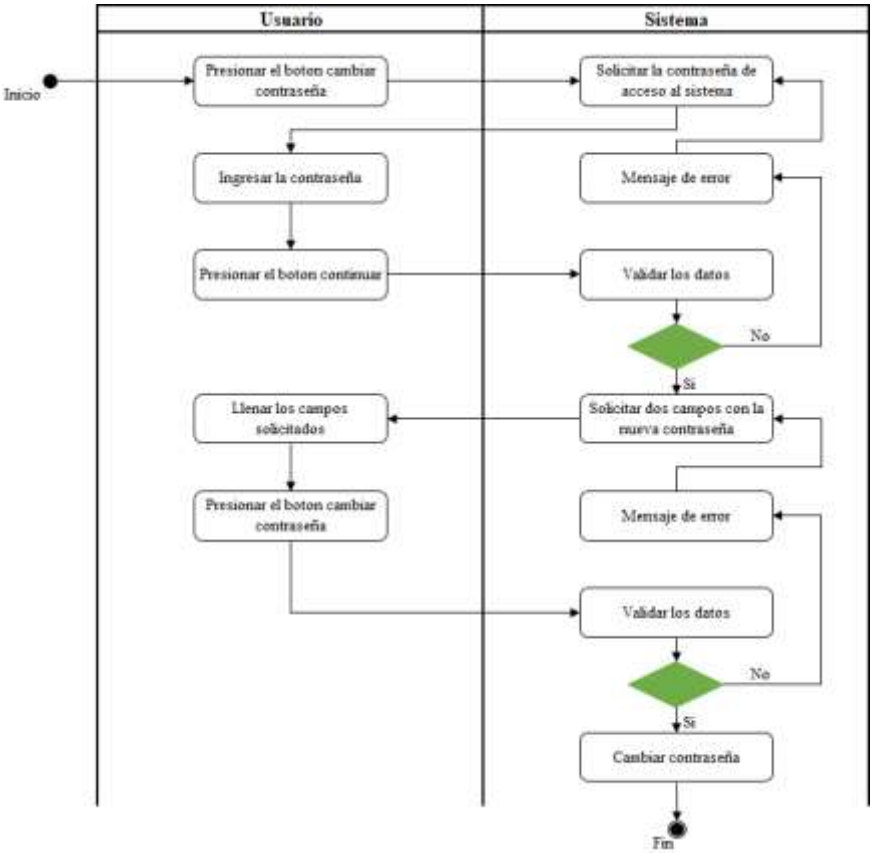


Ilustración 20: Cambiar contraseña DA08.

Fuente: Elaboración propia.

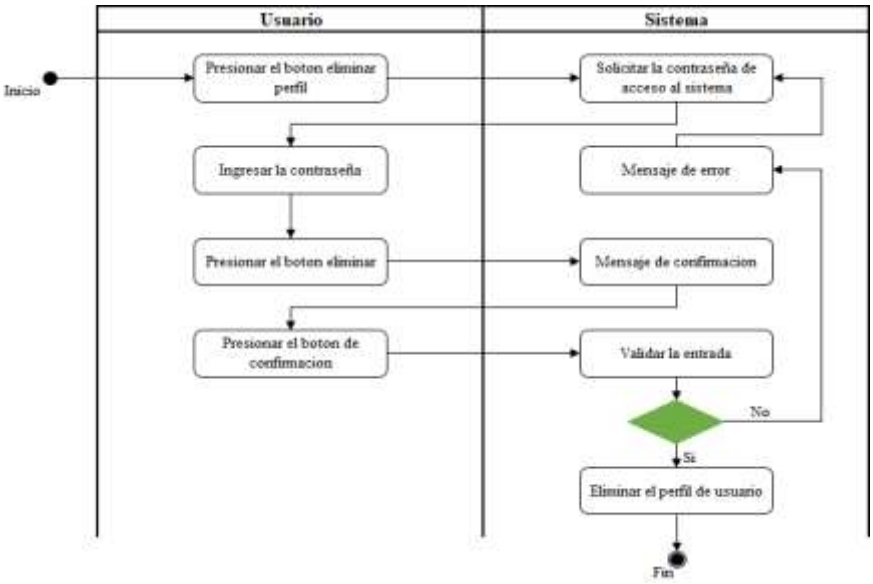


Ilustración 21: Eliminar perfiles de usuario DA09.

Fuente: Elaboración propia.

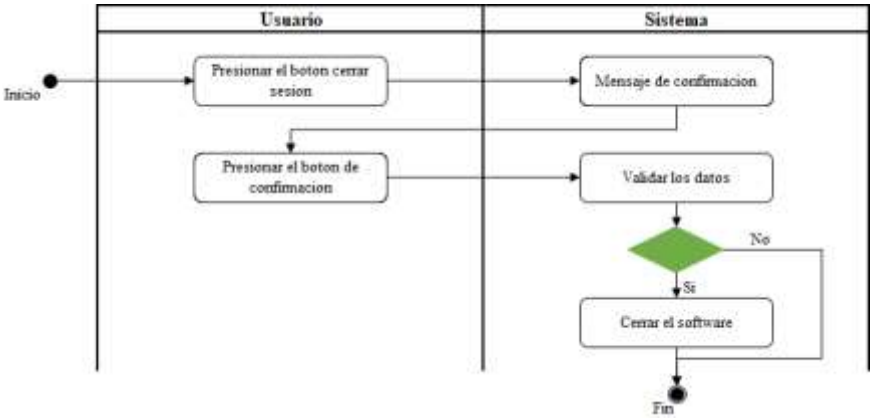


Ilustración 22: Salida del sistema DA10.

Fuente: Elaboración propia.

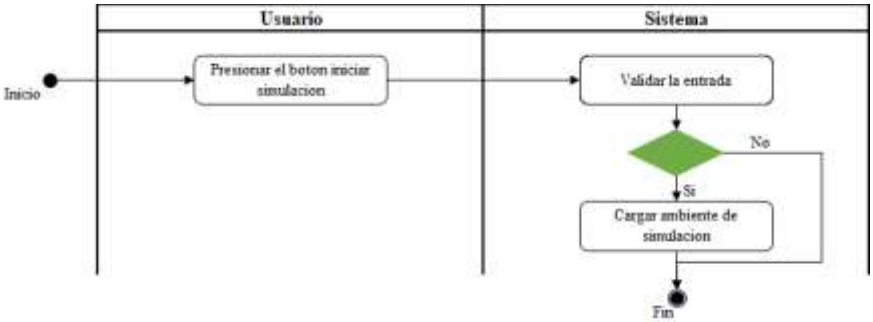


Ilustración 23: Iniciar limpieza DA11.

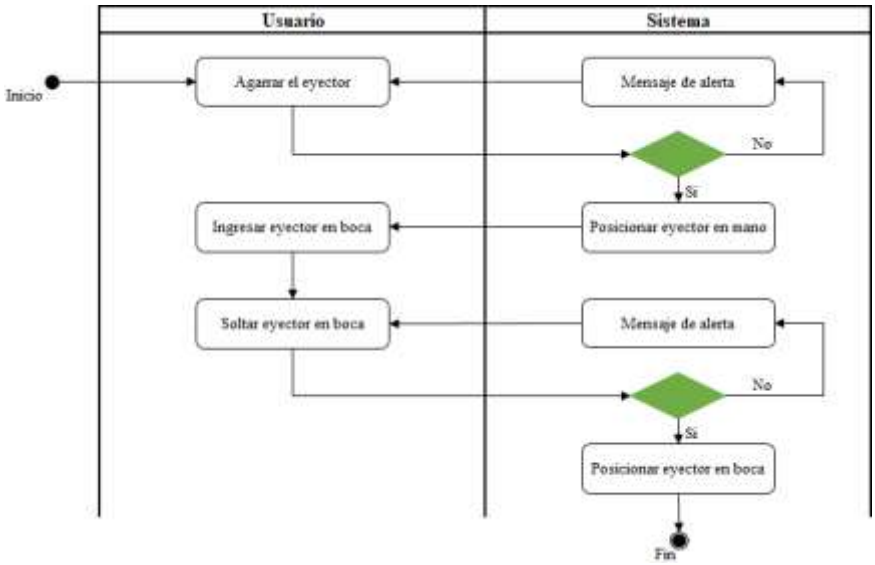


Ilustración 24: Realizar exploración dental (parte 1) DA12.

Fuente: Elaboración propia.

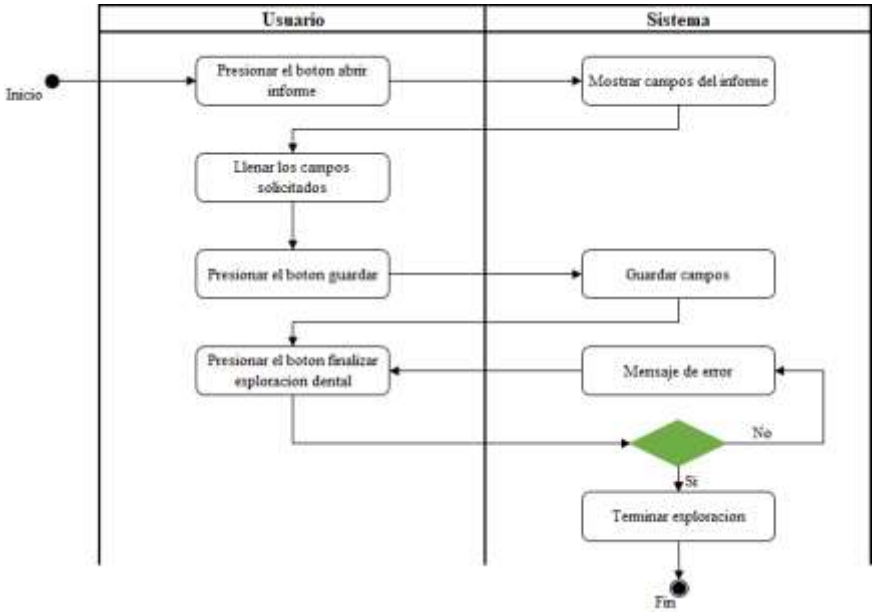


Ilustración 25: Realizar exploración dental (parte 3) DA13.

Fuente: Elaboración propia.

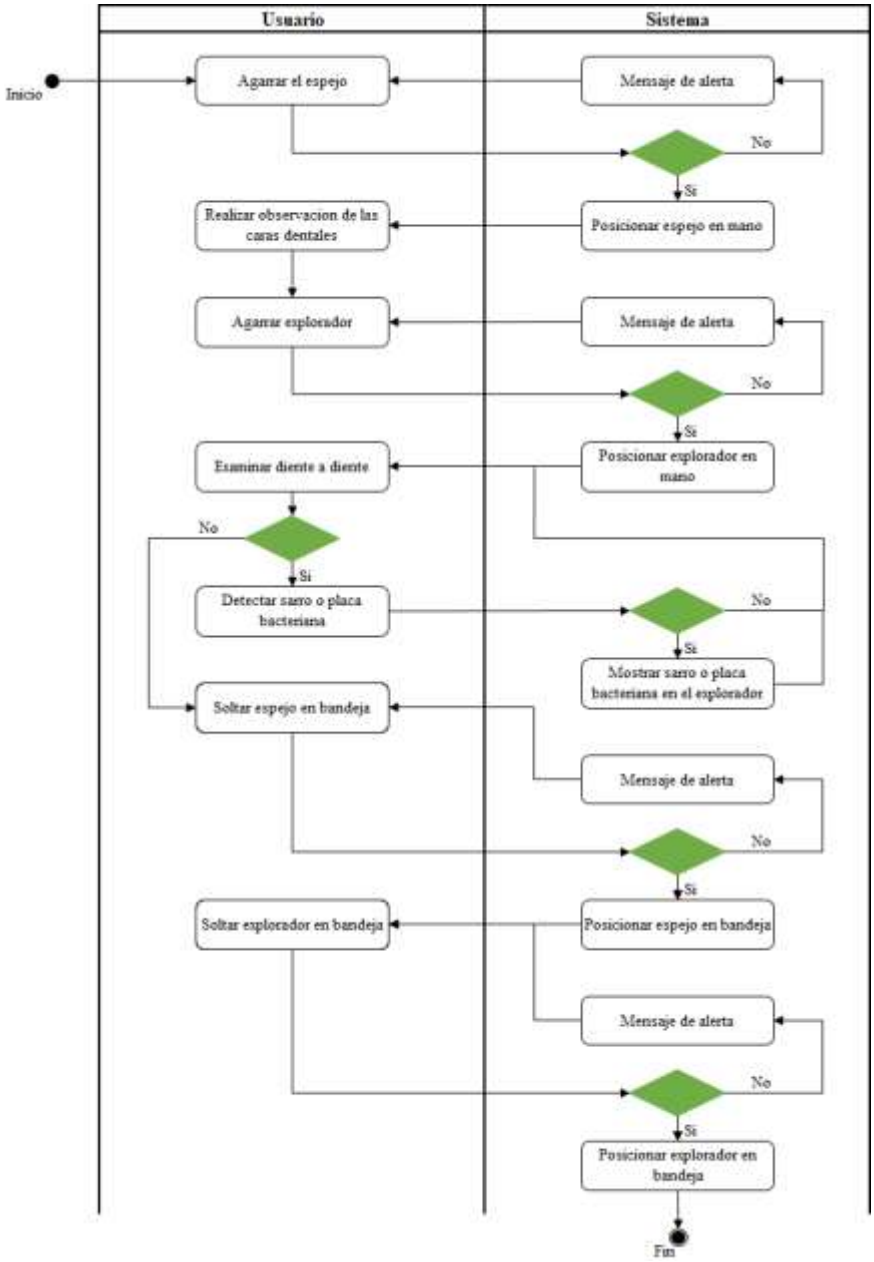


Ilustración 26: Realizar exploración dental (parte 2) DA14.

Fuente: Elaboración propia.

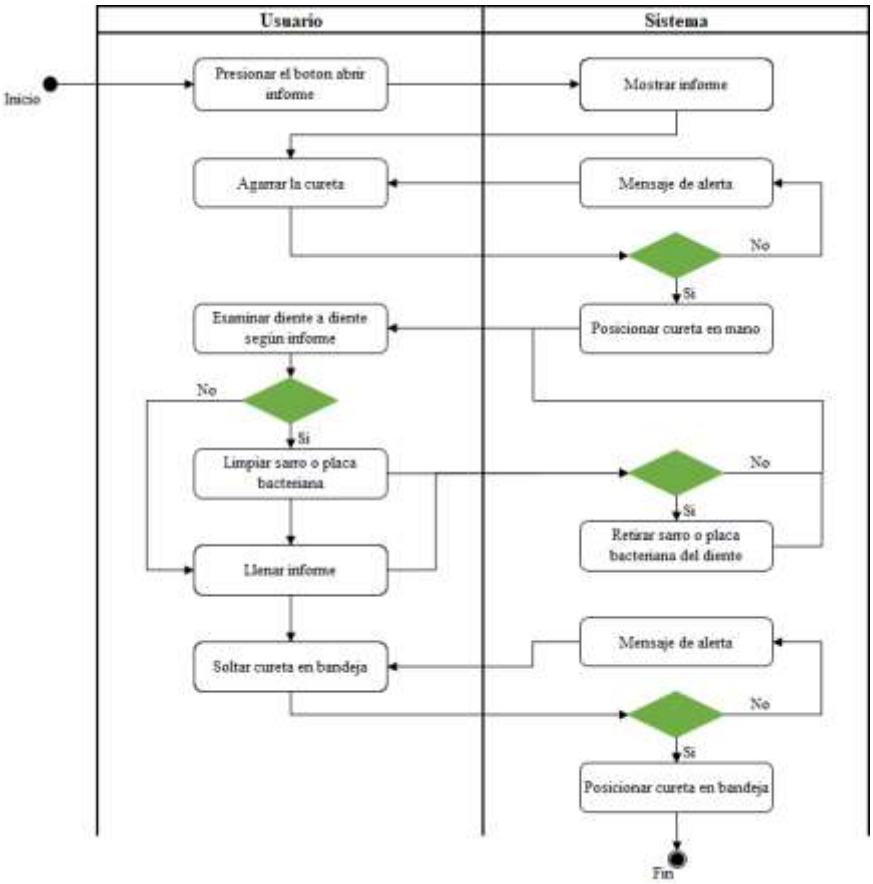


Ilustración 27: Eliminar sarro y placa bacteriana (parte 1) DA15.

Fuente: Elaboración propia.

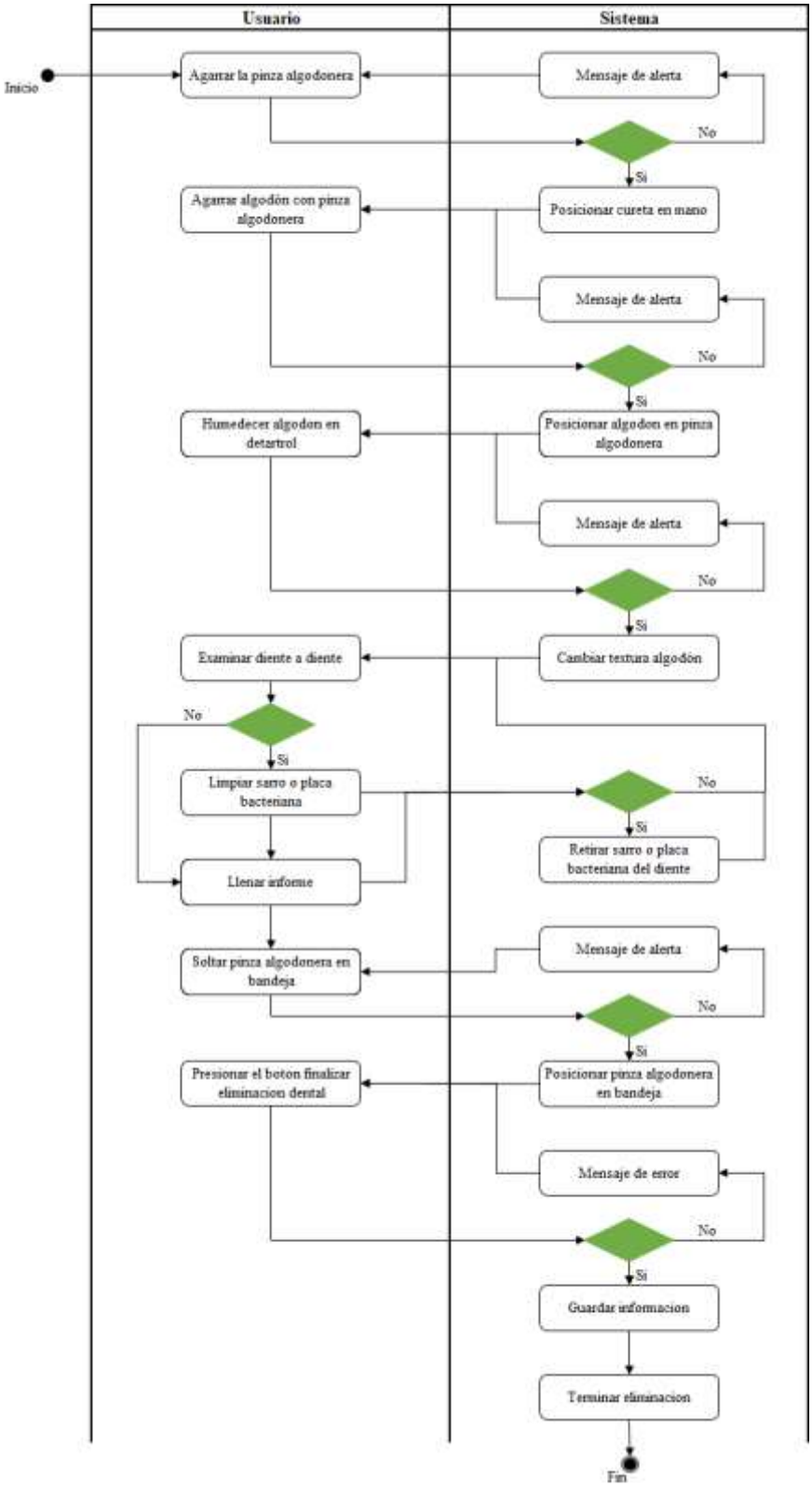


Ilustración 28: Eliminar sarro y placa bacteriana (parte 2) DA16.

Fuente: Elaboración propia.

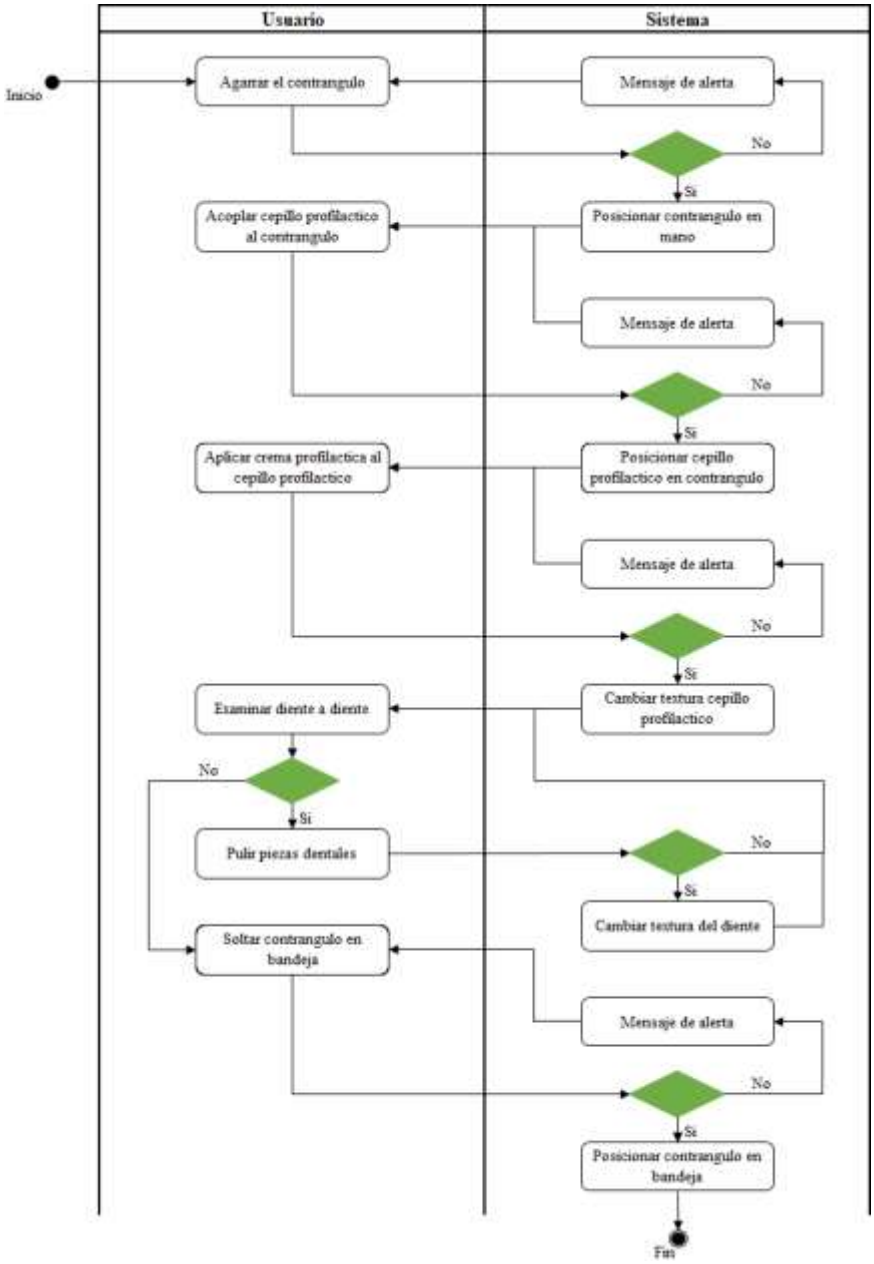


Ilustración 29: Pulir piezas dentales (parte 1) DA17.

Fuente: Elaboración propia.

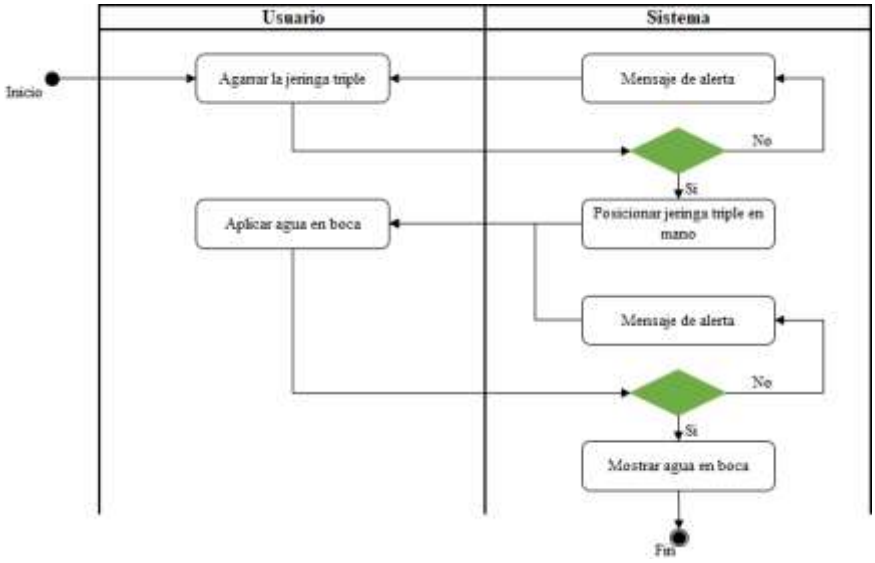


Ilustración 30: Pulir piezas dentales (parte 2) DA18.

Fuente: Elaboración propia.

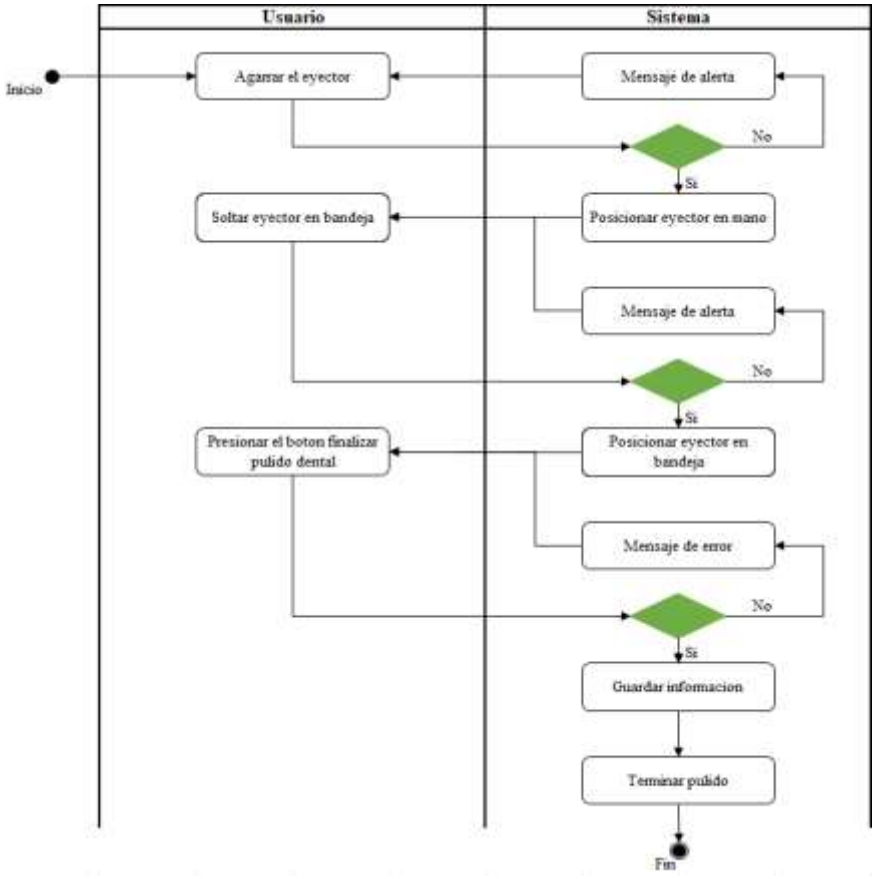


Ilustración 31: Pulir piezas dentales (parte 3) DA19.

Fuente: Elaboración propia.

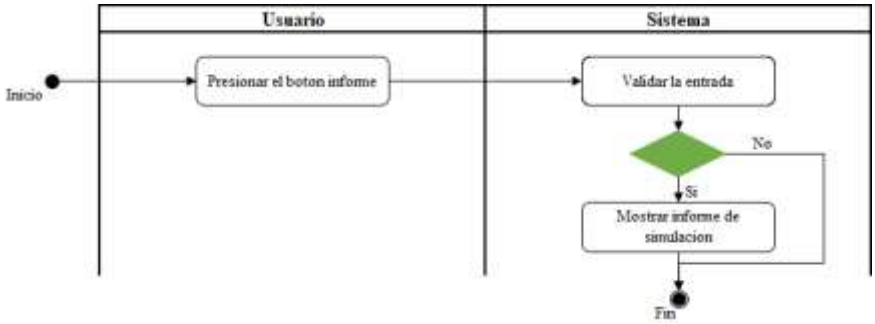


Ilustración 32: Visualizar informe de simulación DA20.

Fuente: Elaboración propia.

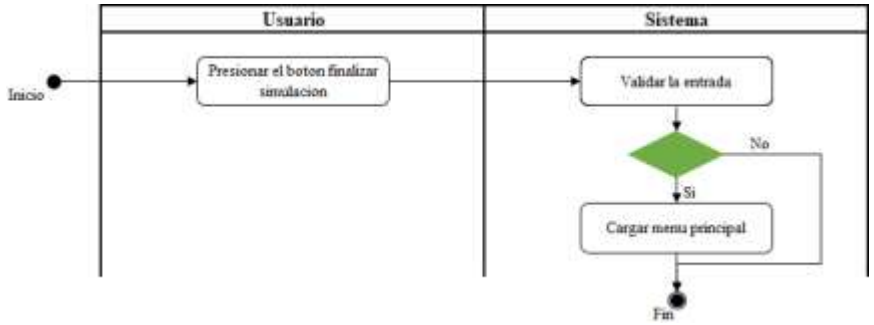


Ilustración 33: Finalizar limpieza DA21.

Fuente: Elaboración propia.

8.1.6. Diagrama de formularios



Ilustración 34: Acceso al sistema DF01.

Fuente: Elaboración propia.



Ilustración 35: Menú administrador DF02.

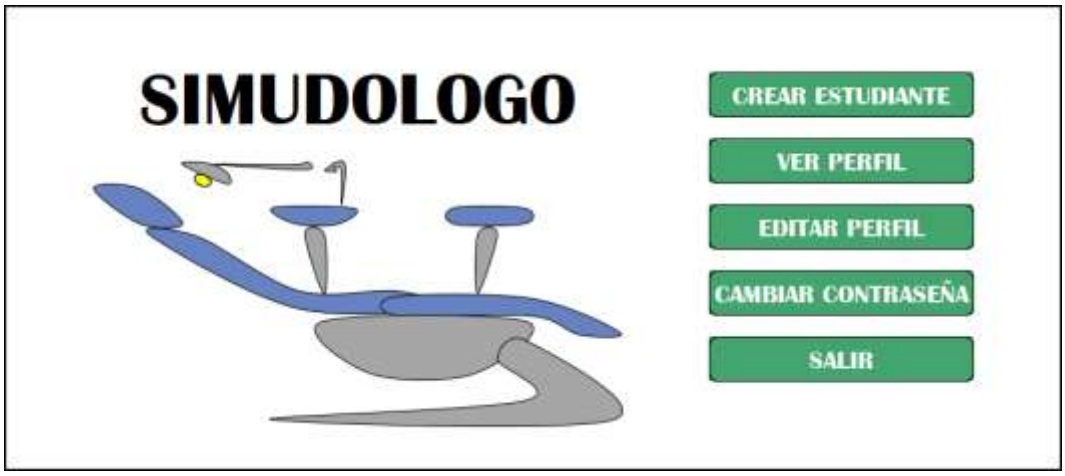


Ilustración 36: Menú docente DF03.



Ilustración 37: Menú estudiante DF04.



Ilustración 38: Finalización limpieza DF05.

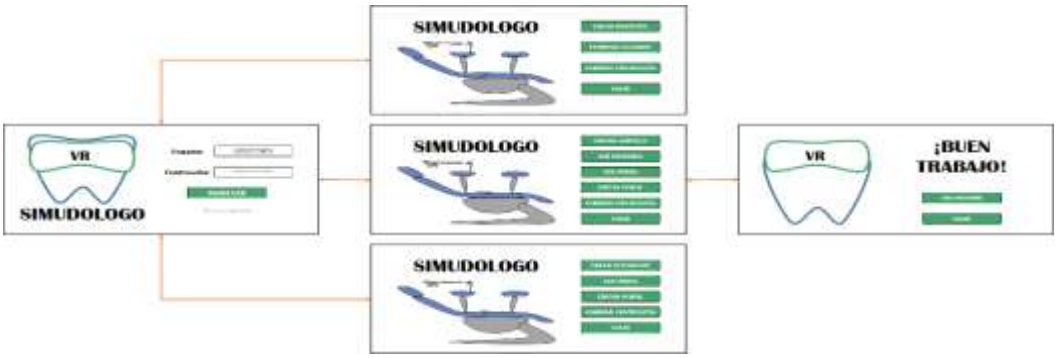


Ilustración 39: Diagrama general flujo de navegación.

8.1.7. Wireframe

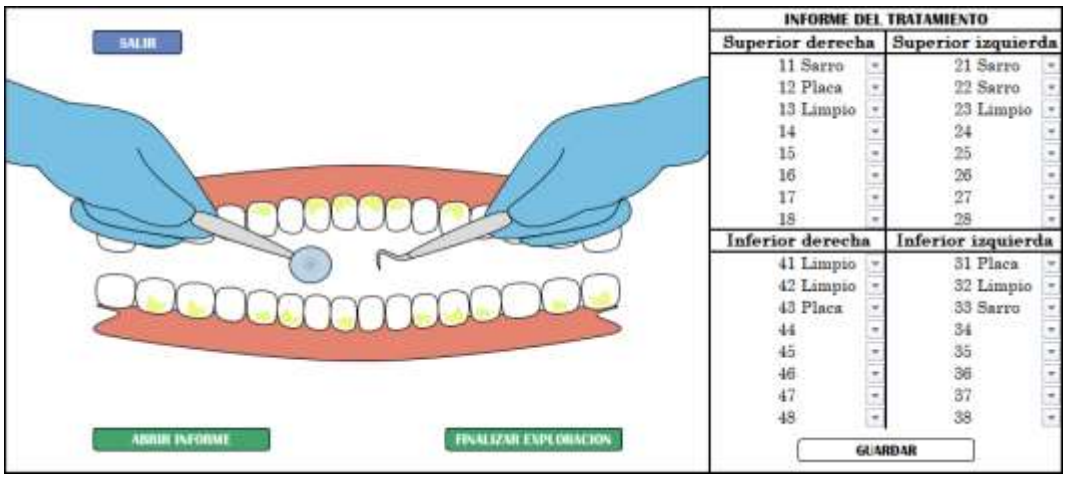


Ilustración 40: Exploración dental WF01.

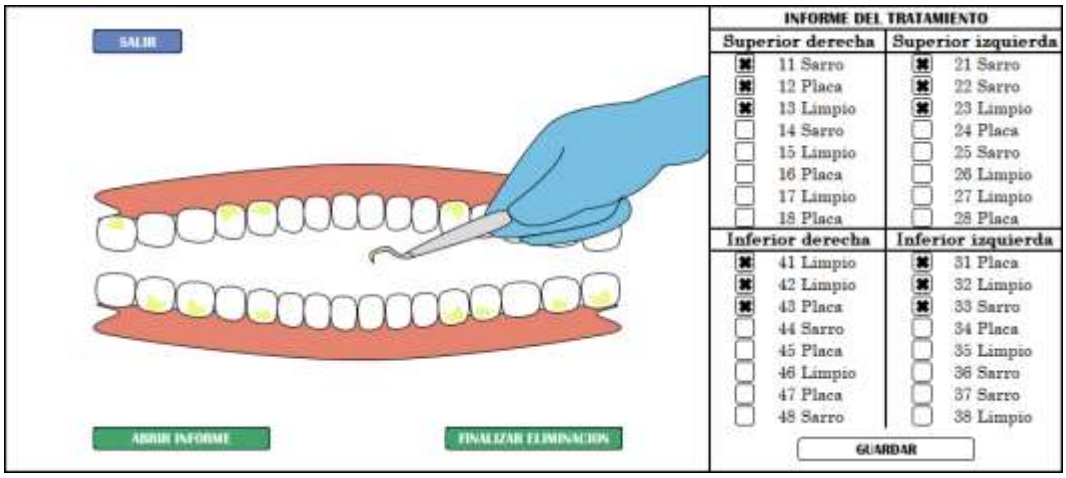


Ilustración 41: Eliminación sarro y placa bacteriana (parte 1) WF02.

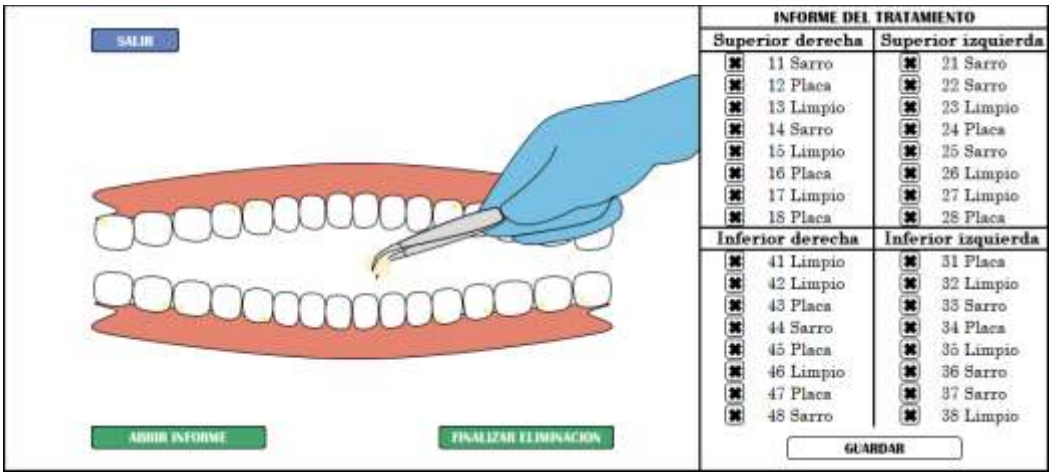


Ilustración 42: Eliminación sarro y placa bacteriana (parte 2) WF03.

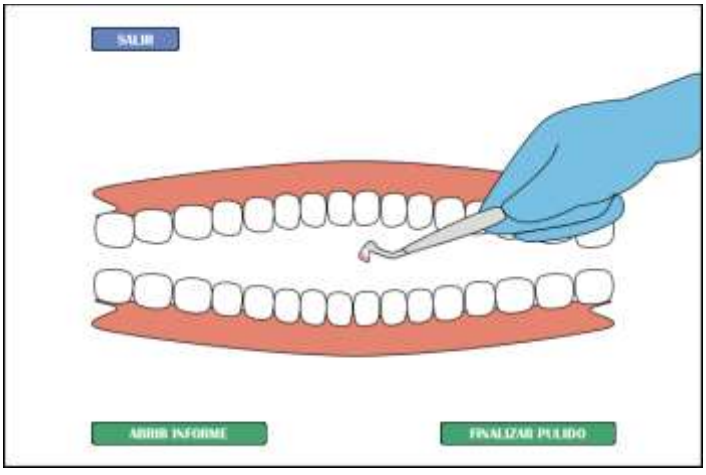


Ilustración 43: Pulido piezas dentales (parte 1) WF04.

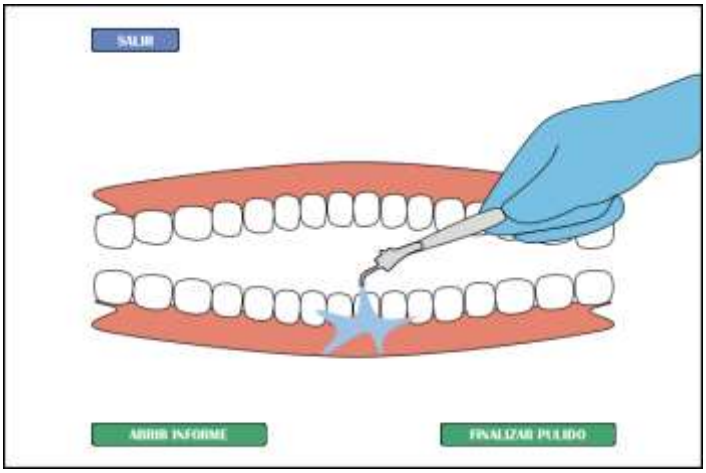


Ilustración 44: Ilustración 41: Pulido piezas dentales (parte 2) WF05.

8.1.8. Diagrama de clases

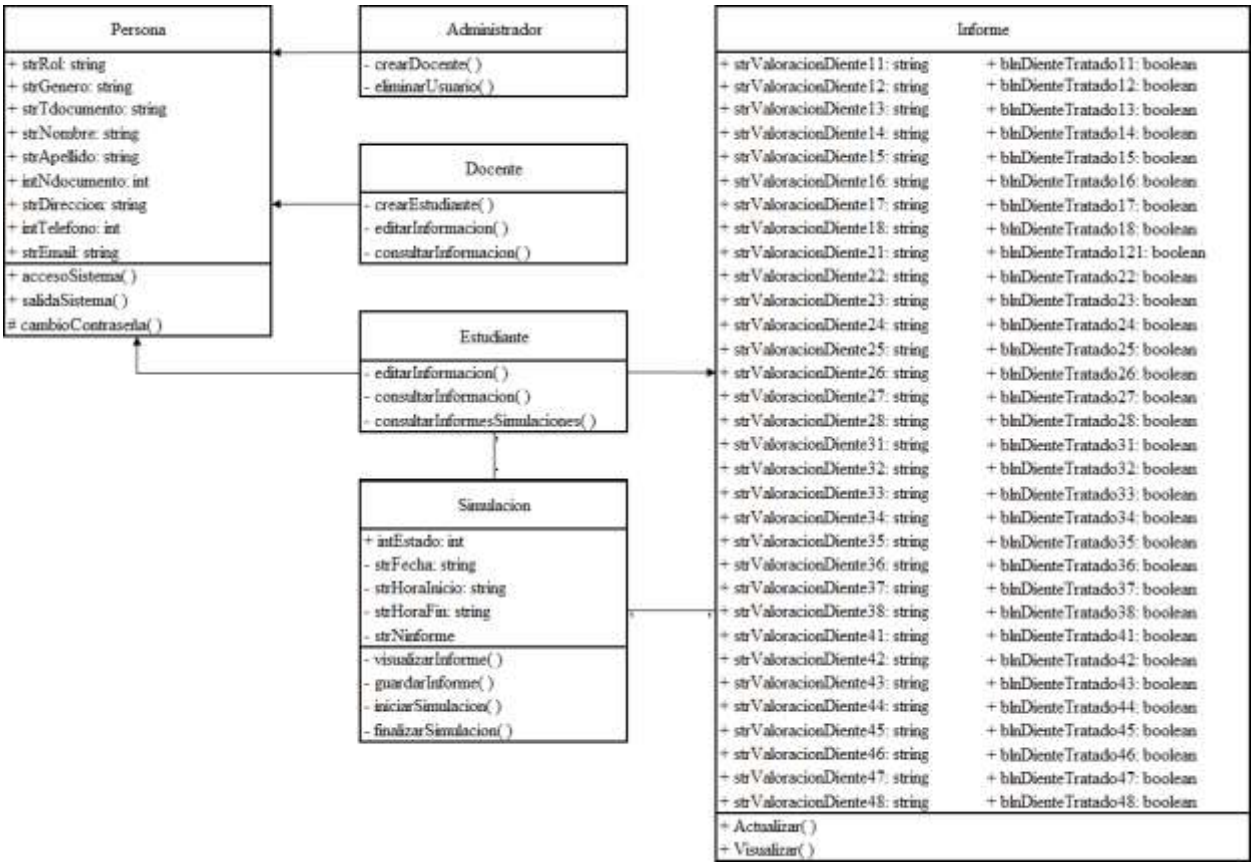


Ilustración 45: Diagrama de clases.

Fuente: Elaboración propia.

8.1.9. Modelo relacional

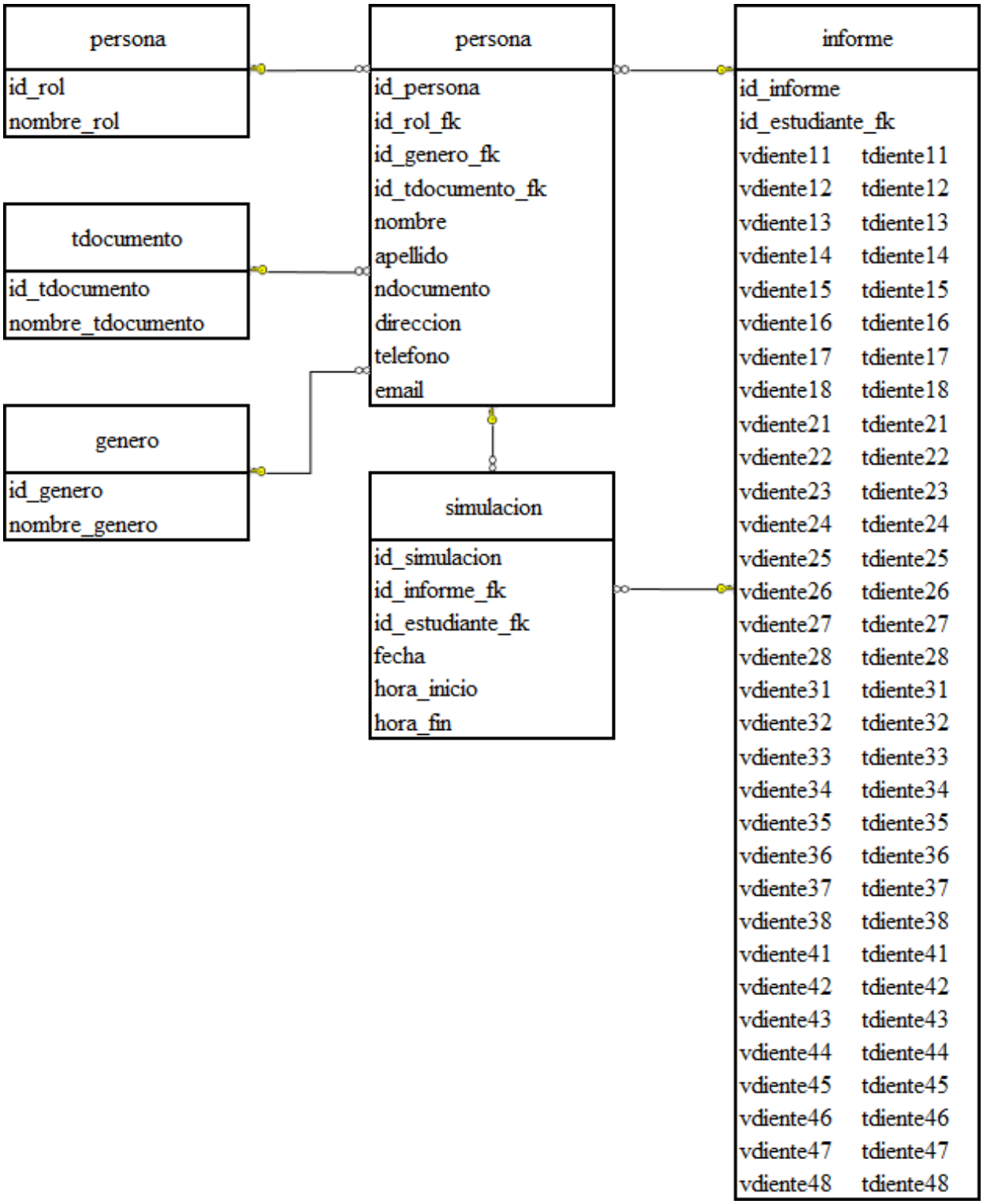


Ilustración 46: Modelo relacional.

Fuente: Elaboración propia.

8.1.10. Desarrollo primera versión funcional

La primera versión del proyecto estaba enfocada en realizar un aplicativo funcional, en el cual se pudieran empezar a implementar y probar mecánicas básicas que sirvieran como base para todo el desarrollo. El objetivo principal de esta versión era empezar a descubrir cuales serían los principales problemas en cuanto a desarrollo y diseño que tendría el proyecto, con el fin de darles solución en versiones posteriores.

En esta medida lo primero que se realizo fue crear la interfaz de usuario (Formulario de registro, menú de login y menú principal y formulario de registro) en Unity.



Ilustración 47: Formulario de registro.
Fuente: Elaboración propia.

En esta versión no se implementó la conexión a la base de datos, por lo que los datos recolectados del registro se guardaban en variables asignadas en el código y únicamente funcionaban cada vez que se ejecutaba la aplicación. La única finalidad de este proceso era validar que el funcionamiento de la captura de datos funcionara de forma correcta.



Ilustración 48: Menú principal.

Fuente: Elaboración propia.



Ilustración 49: Menú de login.

Fuente: Elaboración propia.

Igual que con el registro, los datos ingresados para el acceso al sistema se quemaron en el código fuente puesto que la única intención era poder observar el comportamiento de las interfaces y que el cambio entre ella se realizara de forma correcta.

Al finalizar con la creación de las interfaces se procedió a montar la escena donde se encontraría los instrumentos de trabajo del odontólogo, la unidad odontológica y el paciente; la unidad odontológica, para esta versión, fue descargada de una página gratuita llamada “Free3D” (https://free3d.com/) ya que, como se mencionó anteriormente, el objetivo era probar las funcionalidades del aplicativo para posteriormente mejorarlo.

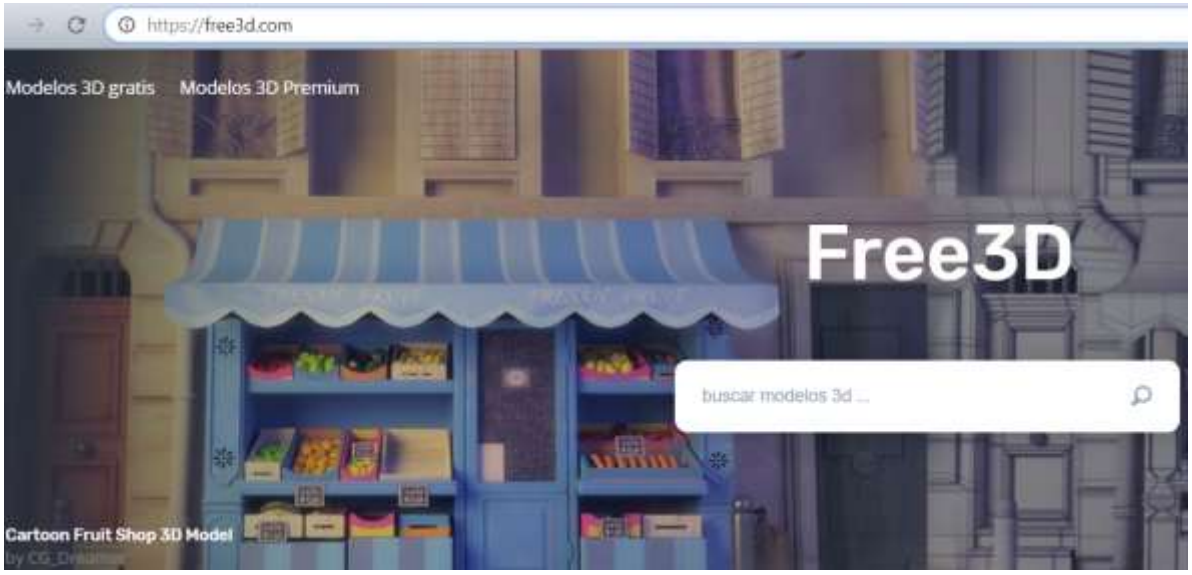


Ilustración 50: Free3D.



Ilustración 51: Modelo gratuito unidad odontológica.

La unidad odontológica descargada contaba con todo el instrumental odontológico necesario para realizar las pruebas. El odontólogo y el paciente fueron modelados en Blender y para representarlos se utilizó un par de manos y una mandíbula con dientes respectivamente.

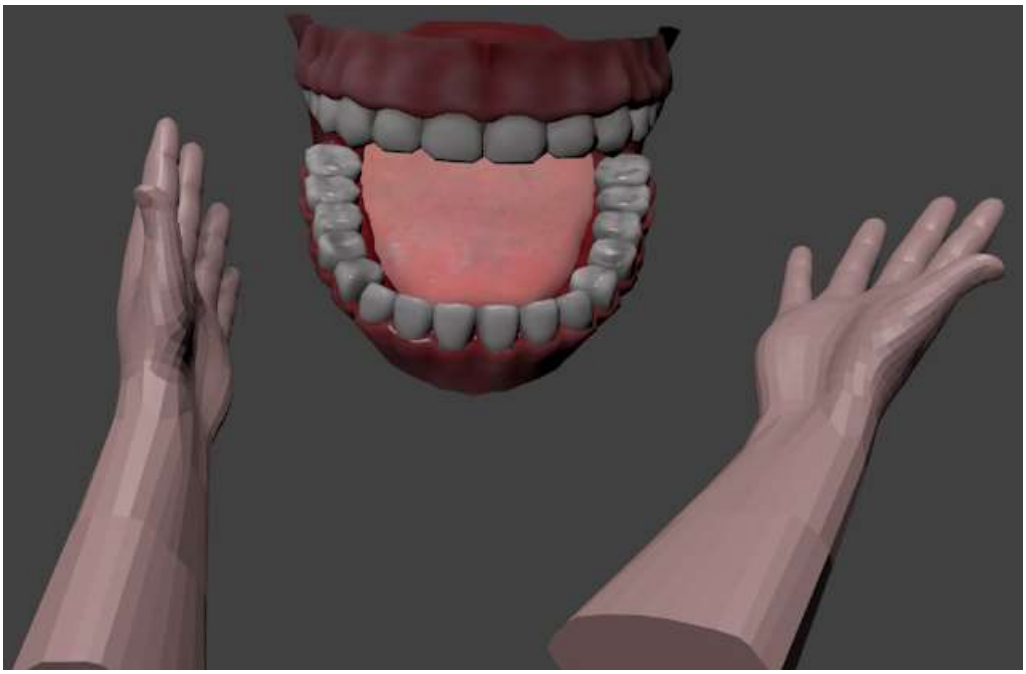


Ilustración 52: Modelado paciente y odontólogo.
Fuente: Elaboración propia.



Ilustración 53: Consultorio odontológico versión 1.
Fuente: Elaboración propia.

Luego de crear la escena en Unity, se programó una limpieza odontológica sencilla, sin minucias del proceso, y con algunas instrucciones básicas para empezar a realizar pruebas de funcionamiento. Se agregaron funciones como seleccionar instrumental y limpiar determinados dientes; cada función recibía una retroalimentación interactiva indicando si el proceso se realizó de forma correcta o incorrecta.



Ilustración 54: Selección de instrumental.

Fuente: Elaboración propia.



Ilustración 55: Retroalimentación para selección de instrumental.

Fuente: Elaboración propia.

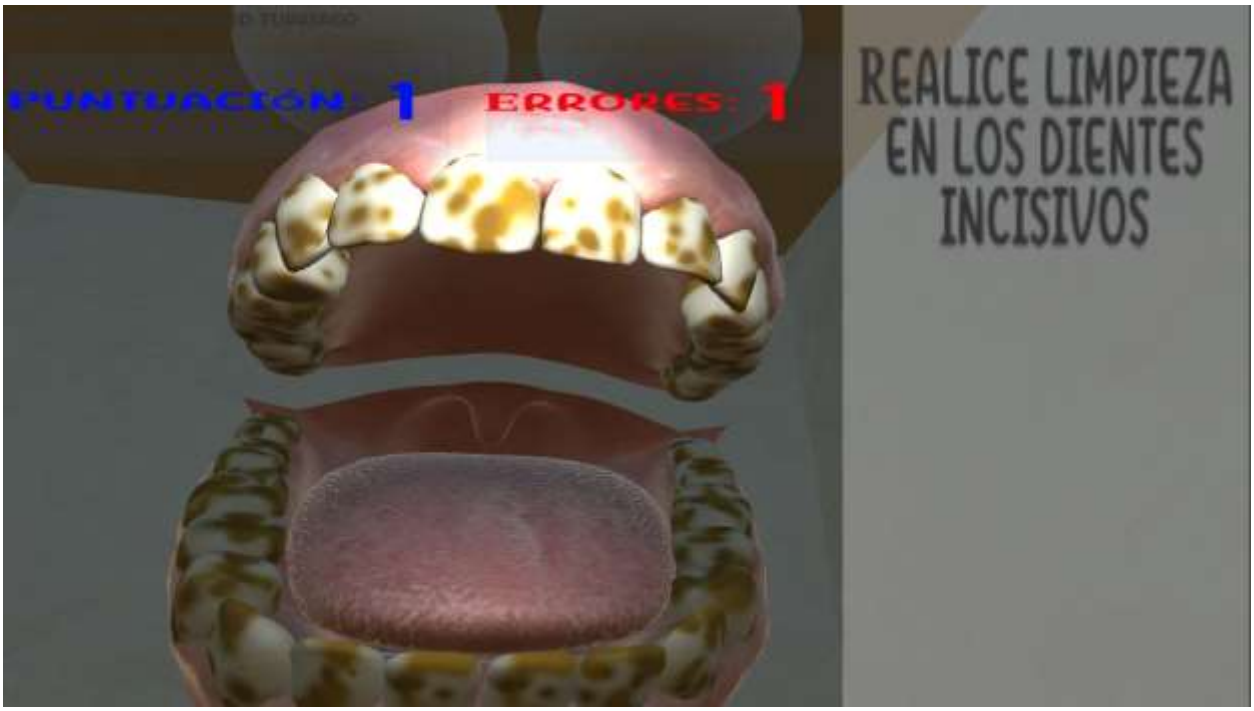


Ilustración 56: Indicación de limpieza.

Fuente: Elaboración propia.

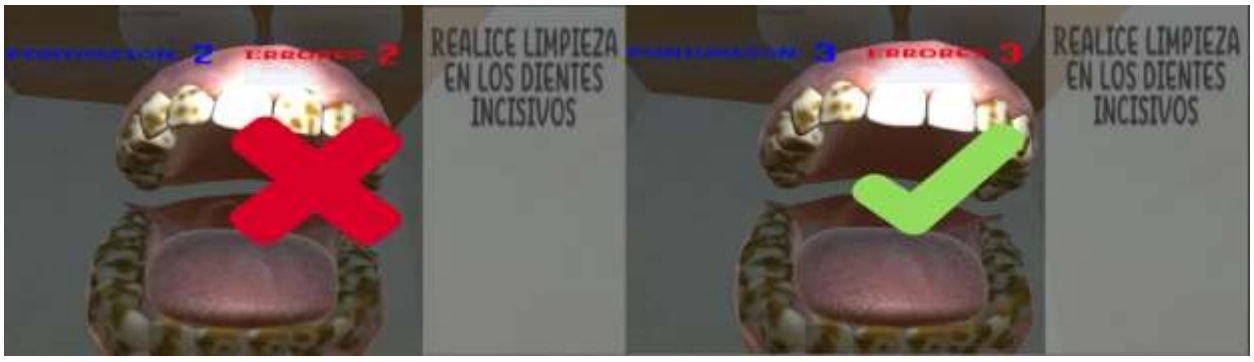


Ilustración 57: Retroalimentación para indicación de limpieza.

Fuente: Elaboración propia.

Al finalizar con la limpieza se le entregaba al usuario una retroalimentación sencilla de las veces que realizo el procedimiento de forma adecuada y la cantidad de errores que cometió, esto con el fin de tener un primer acercamiento a la forma en la que se entregara el informe final de la limpieza en posteriores versiones.



Ilustración 58: Retroalimentación final de la limpieza.
Fuente: Elaboración propia.

Con todas las funcionalidades implementadas ya se tenía una visión general del software y el funcionamiento que iba a tener, por ende, se dio por terminada la primera versión del software que arrojó como resultado el primer prototipo funcional de la aplicación.

8.1.11. Desarrollo segunda versión funcional

En la segunda versión del proyecto se dio más vida a la parte visual, se crearon y descargaron más modelos 3D con el fin de hacer más agradable la escena, se creó una interfaz de usuario más dinámica y fluida, se implementó la realidad virtual, se implementaron mecánicas más exactas para el proceso de limpieza, se generaron los menús de ayuda y se crearon los informes. Esta versión tenía por objetivo crear un aplicativo casi terminado capaz de cubrir todos los objetivos del proyecto.

En la primera versión se modelo una mandíbula con todos sus dientes incrustados lo cual no permitía manipular los dientes de manera independiente, por este motivo, lo primero que se realizó en la segunda versión fue crear modelos de todas las piezas dentales. Para este proceso, en

Blender, se tomó como base un cubo y, con una imagen guía de fondo, se empezó a transformar dicho cubo en un diente. Al ser un modelo 3D, fue necesario dar forma por todas las caras del cubo. Este proceso se llevó a cabo para los 32 dientes que tiene la boca humana ya que cada diente es diferente.

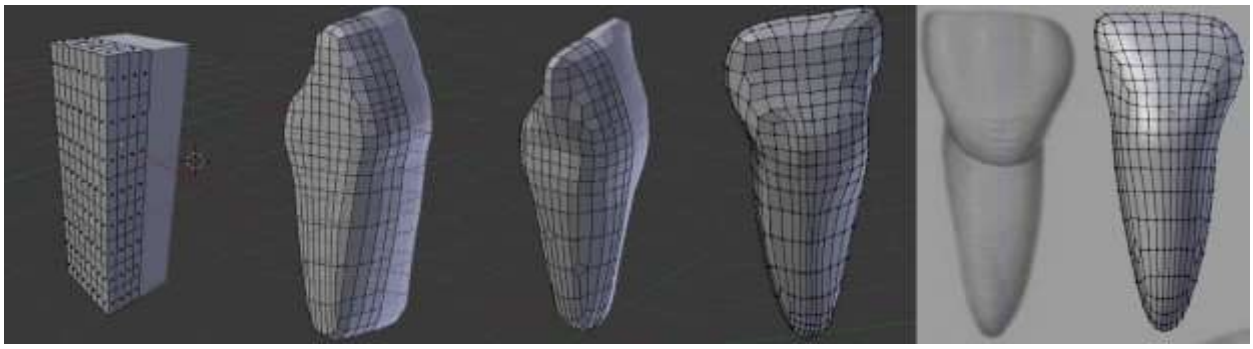


Ilustración 59: Proceso de modelado diente canino.
Fuente: Elaboración propia.

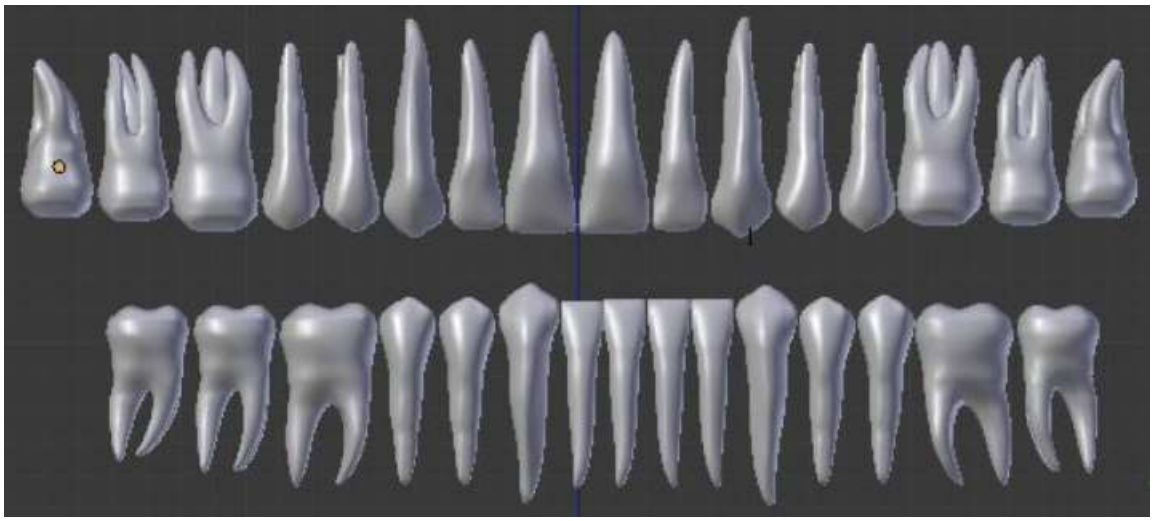


Ilustración 60: Modelado dientes superiores e inferiores.
Fuente: Elaboración propia.

Luego de tener todos los modelos de los dientes, se aprovechó la mandíbula modelada en la primera versión y se incrustaron los nuevos dientes allí.

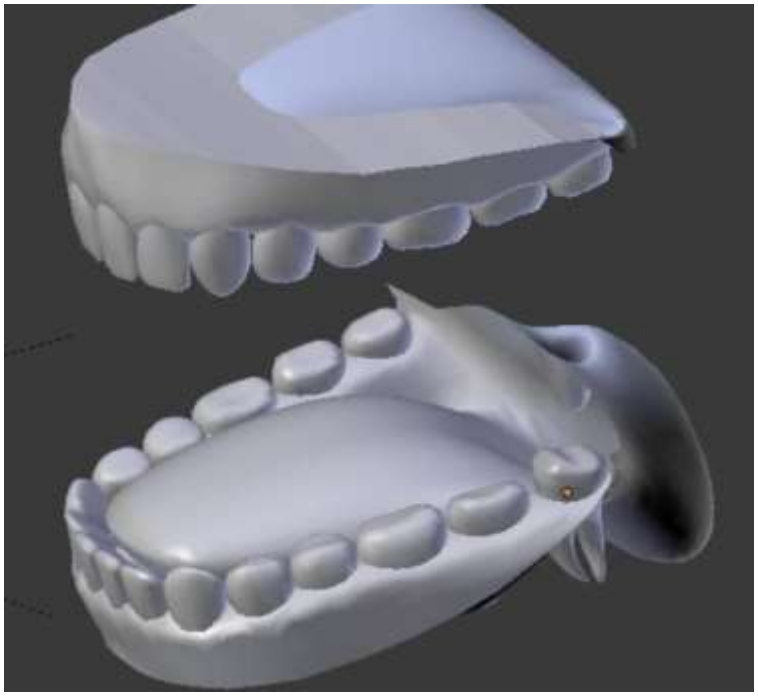


Ilustración 61: Incrustación de dientes.

Fuente: Elaboración propia.

Otras de las cosas importantes a modelar para esta versión eran las herramientas odontológicas necesarias para la limpieza, estas son: cureta, eyector, explorador, jeringa triple, algodón, espejo odontológico, pinzas algodoneras, cepillo profiláctico y contrangulo. Para realizar estos modelados se utilizó el mismo principio del modelado de los dientes.

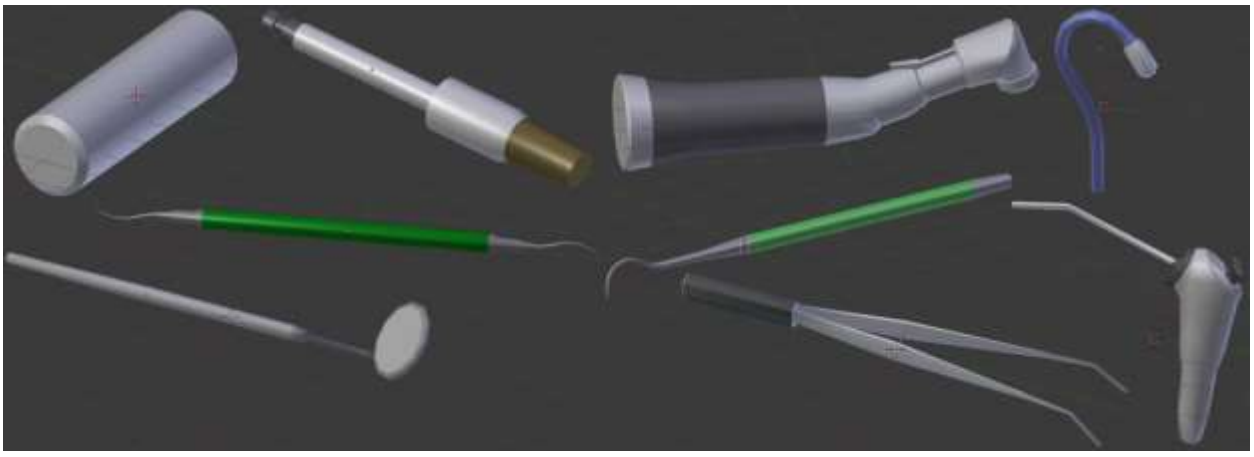


Ilustración 62: Modelados herramientas.

Fuente: Elaboración propia.

Para la construcción de la escena también era indispensable contar con modelados de decoración que ayudaran a mejorar la estética del escenario, para esto se crearon modelados sencillos como: una ventana, un tablero de corcho, un marco para colocar un diploma y post-its para colocar en el tablero. Estos modelados se hicieron utilizando planos de diferentes materiales y colando uno encima del otro buscando la forma correspondiente para cada modelo.

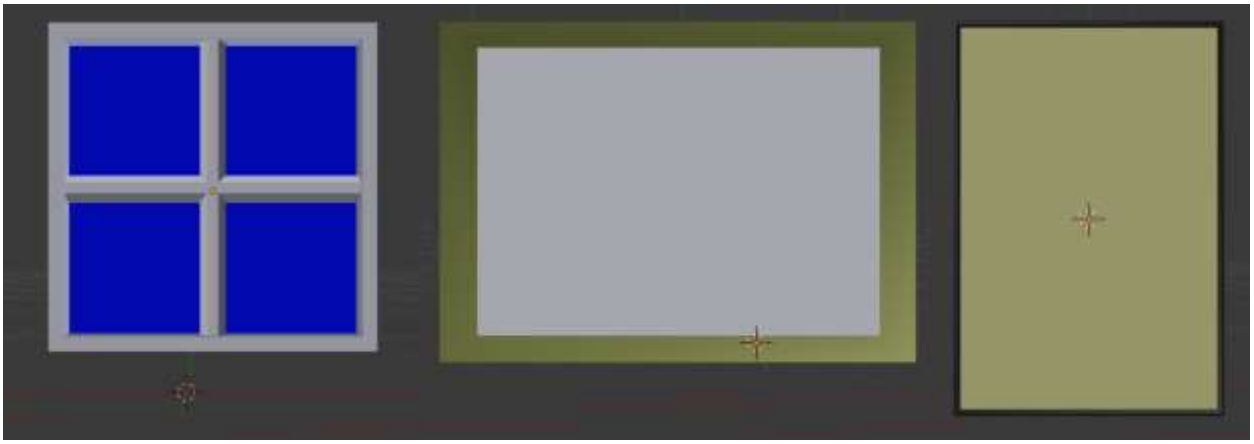


Ilustración 63: Modelados decoración.
Fuente: Elaboración propia.

Con el fin de complementar los modelados necesarios para la decoración de la escena, se volvió a recurrir a la página “Free3D” (https://free3d.com/) la cual ofrece modelos 3D gratuitos. De allí se descargaron modelos de: escritorio, bandeja, mesa, computador, estante y puerta.

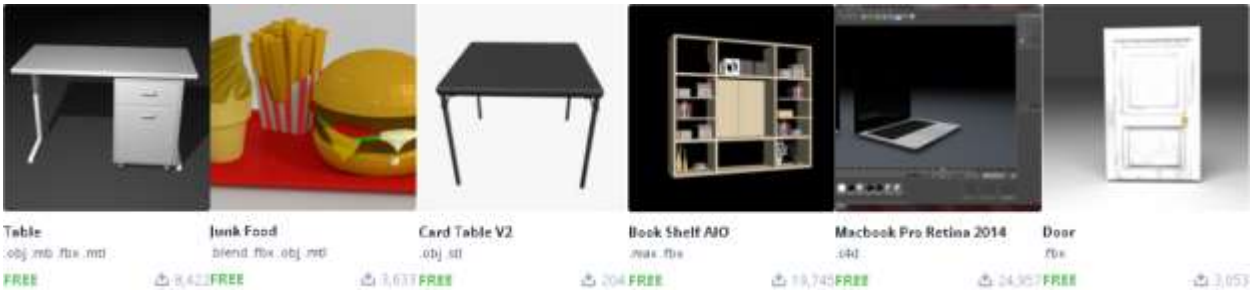


Ilustración 64: Modelos gratuitos decoración.

Con todos los modelados listos se procedió a montar la escena en Unity tratando de dejarla lo más llamativa posible. Para esto se trató de ordenar los modelos alrededor de la escena con el fin de replicar un consultorio real. La unidad odontológica se colocó en el centro de la habitación,

y se tomó como referencia para posicionar el resto de los objetos. El estante se ubicó en la parte trasera, al lado derecho se colocó la mesa con los instrumentos odontológicos y el escritorio con el computador, al lado izquierdo se ubicó la puerta y el tablero con los post-it, y, por último, en la parte frontal se ubicó la ventana. A algunos objetos se le hicieron unas modificaciones, agregándoles imágenes o cambiándoles el color, para hacerlos más llamativos.

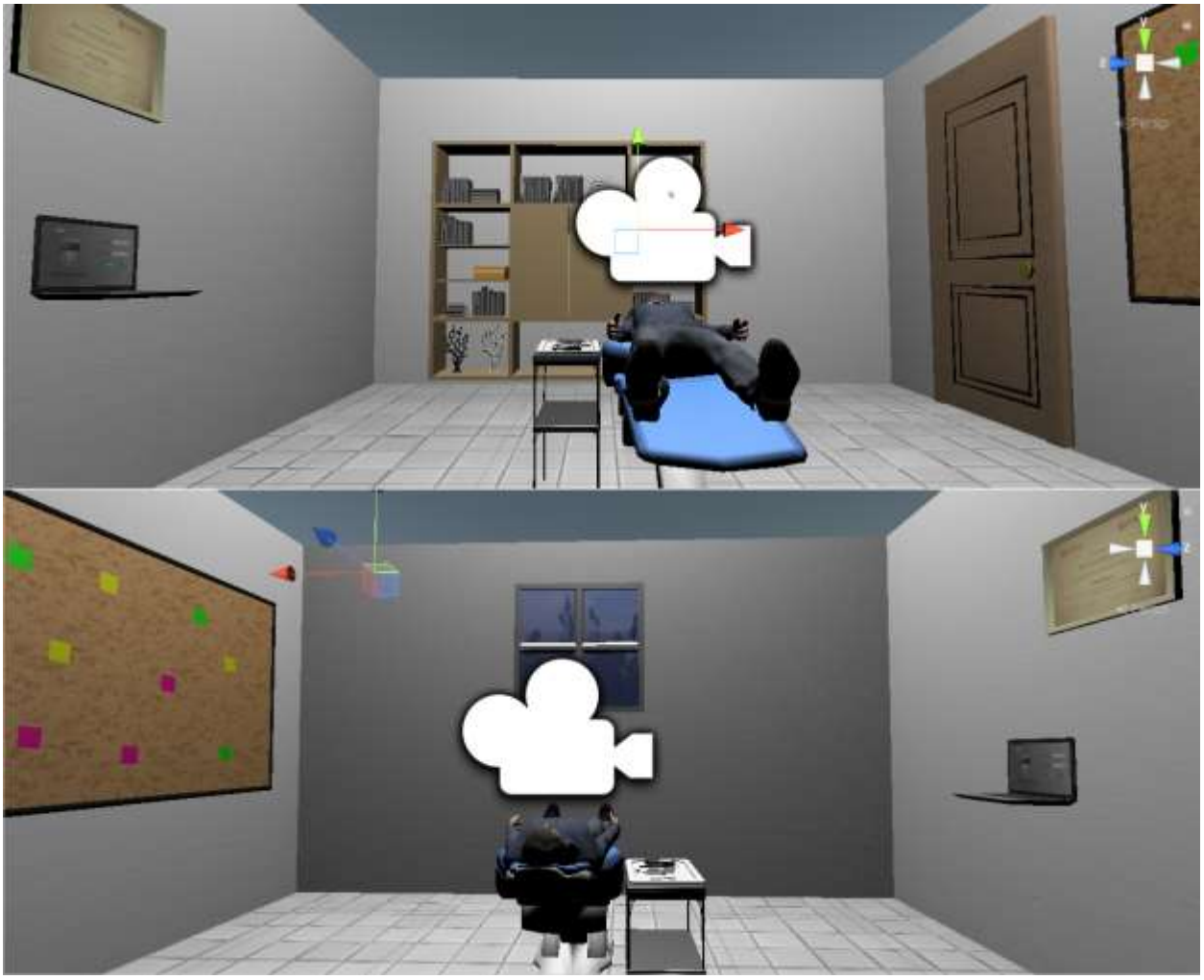


Ilustración 65: Montaje escena.

Fuente: Elaboración propia.

Otro aspecto importante por mejorar en esta versión era la interfaz de usuario. En este punto se empezaron a utilizar los colores definitivos que tendría la aplicación y las tipografías. Los colores empleados fueron: Azul (R:65, G:13, B:156), verde (R:67, G:165, B:109) y gris (R:125, G:125, B:125), y las tipografías empleadas fueron: Britannic bold y century. También se crearon

dos imágenes especiales para las interfaces, una de ellas serviría como logo para la aplicación y la otra como imagen de decoración para los menús de usuario.

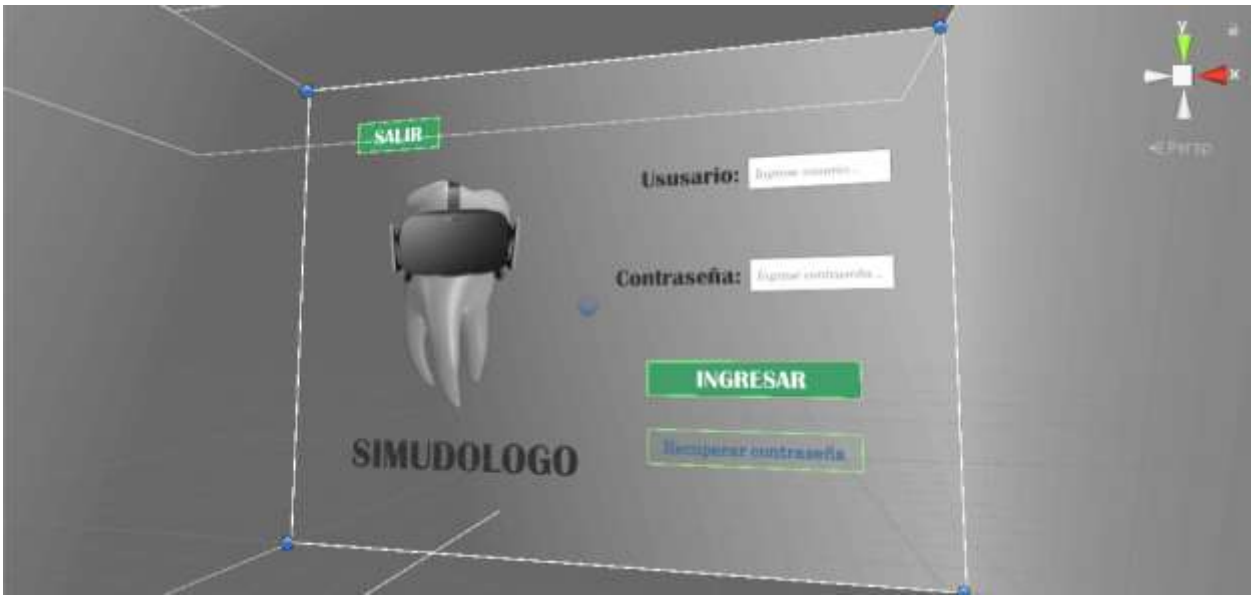


Ilustración 66: Interfaz login.

Fuente: Elaboración propia.



Ilustración 67: Interfaz menú estudiante.

Fuente: Elaboración propia.

Antes de iniciar con la programación se necesitaba hacer la implementación de la realidad virtual al proyecto, este proceso permite utilizar las librerías especiales de Oculus para utilizar el control, compilar el proyecto en las gafas, realizar pruebas en realidad virtual, entre otras opciones. No hacer este proceso antes de empezar a programar implica una alta probabilidad de tener que reprogramar toda la aplicación; esto fue uno de los hallazgos que dejo la primera versión ya que, antes de comenzar con la segunda versión, se intentó utilizar la programación ya existente en realidad virtual y no se logró que funcionara.

Lo primero que se debe realizar para implementar la realidad virtual en el proyecto es cambiar la plataforma de compilación del proyecto a Android, esto se hace desde el "Build Settings". Una vez termina de cambiar la plataforma se debe asignar el "Company Name", el "Product Name" y se debe habilitar la opción "Auto Graphics API", todo esto se encuentra en "Player Settings".

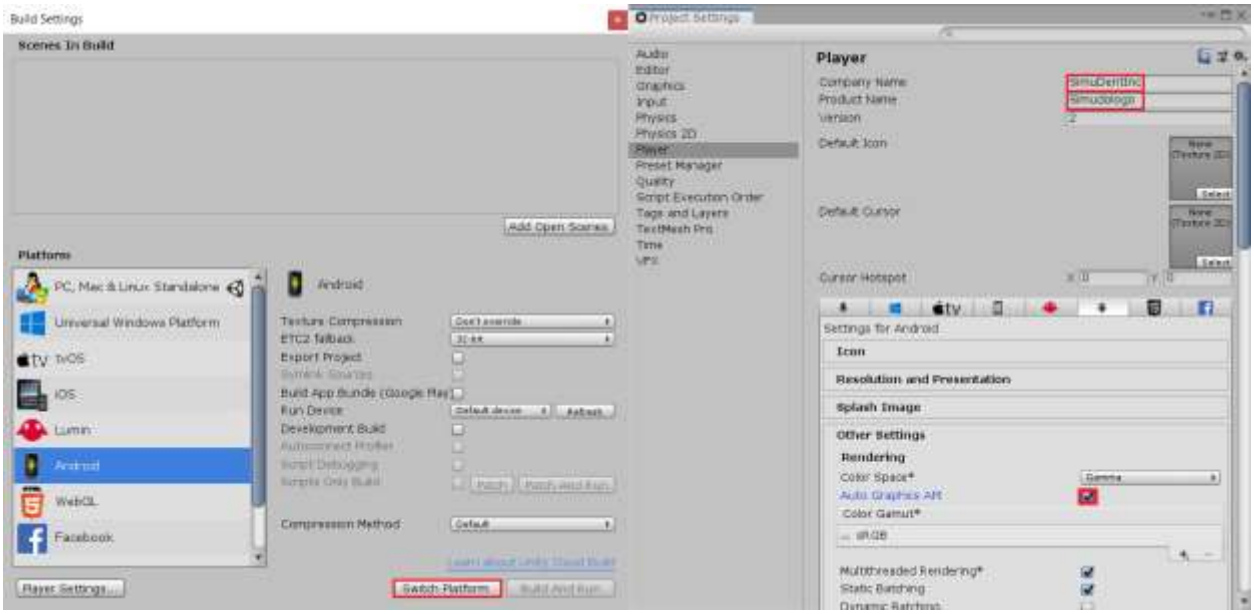


Ilustración 68: Configuración "Build Settings" y "Player Settings".

Fuente: Elaboración propia.

Nuevamente en "Player Settings" se verifica que el nombre del paquete coincida con el "Company Name" y el "Product Name" que se había asignado, se selecciona la versión de Android en la que se desea compilar y se activa el SDK de Oculus. Con esto ya estaba configurada la

aplicación para compilar en realidad virtual para plataformas Android, solo quedaba descargar el paquete de herramientas y librerías propias de Oculus.

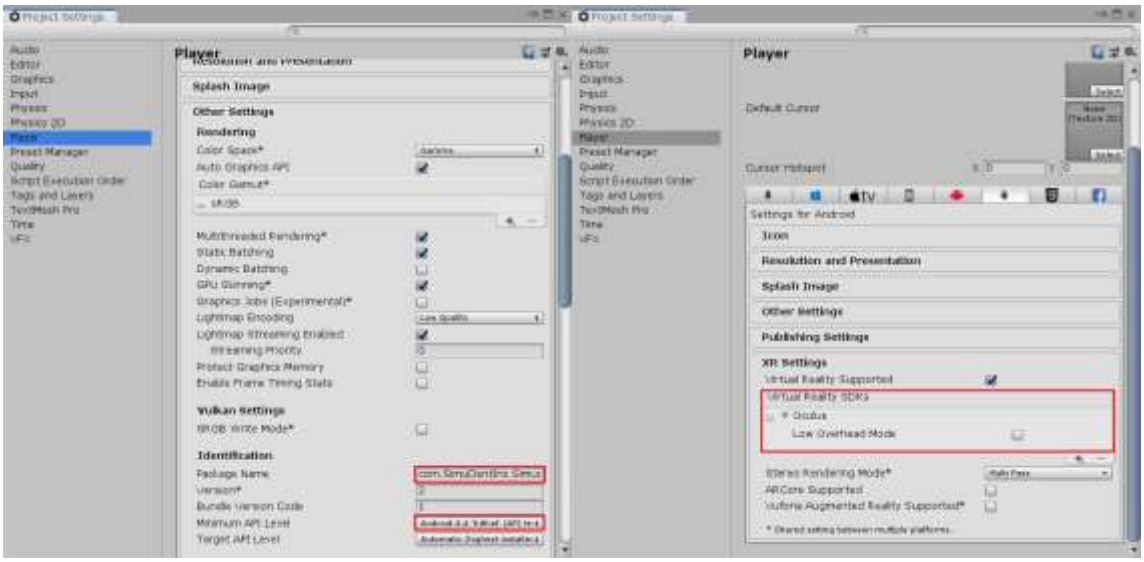


Ilustración 69: Configuración "Player Settings".

Fuente: Elaboración propia.

Para obtener los paquetes de Oculus lo que se hizo fue ir al “Asset Store” y buscar Oculus, esta búsqueda arroja como resultado un paquete llamado “Oculus Integration”, este es el paquete que se importó para poder interactuar con las gafas y el mando.



Ilustración 70: Paquete Oculus.

Fuente: Elaboración propia.

Una vez finalizada la importación, se crea en el proyecto una carpeta con el nombre “Oculus”, en esta carpeta están todos los elementos necesarios para manipular las gafas de realidad virtual y el control.



Ilustración 71: Oculus implementado.

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, con el escenario montado, con las interfaces de usuario creadas y con la implementación de la realidad virtual en el proyecto, se dio inicio a la programación de la aplicación para empezar a tener interacción con la misma. Lo primero que se programo fue la aparición del control de las Oculus en la escena y que este a su vez permitiera, por medio de un click con el botón, agarra una de las herramientas odontológicas.

Para esta funcionalidad se creó un objeto, de la clase RayCast, el cual crea un rayo en la escena y permite identificar, a través de sus propiedades, los objetos con los que esta interactuando, para esto se creó una validación que lo verifique. Una vez el rayo identifica un objeto, se crea una variable donde se almacena el nombre del mismo y se realiza una validación que verifica si el usuario está presionando el botón del control; si esto se cumple, se realiza una última validación en la que se identifica si el nombre del objeto coincide con el nombre de una herramienta odontológica, si cumple, se habilita la manipulación de la herramienta, si no cumple, se sale de las validaciones sin realizar ninguna acción.

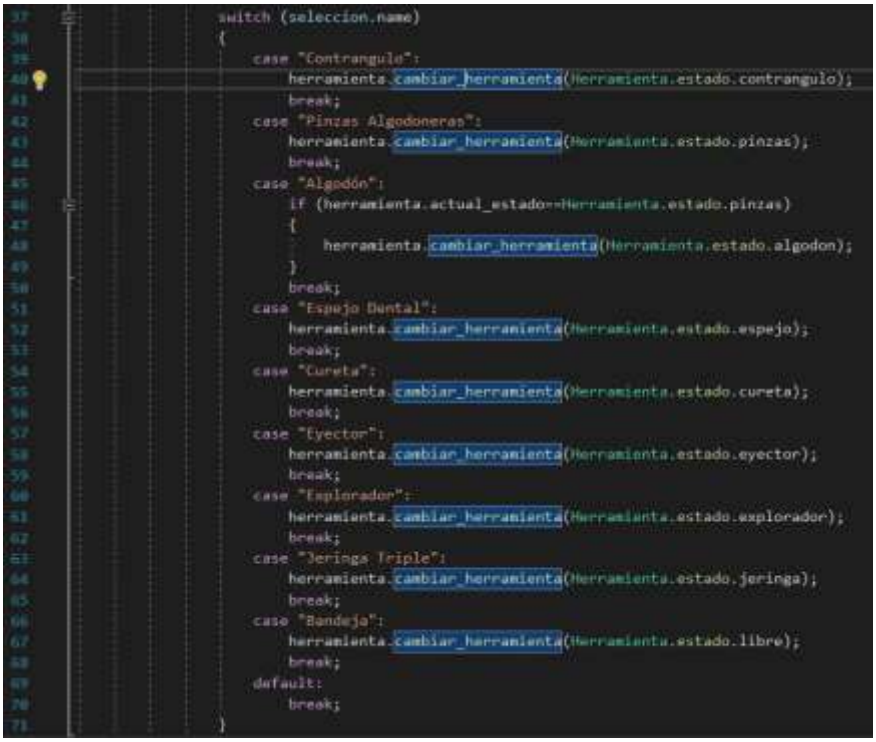


```
void Update()
{
    Ray ray = new Ray(transform.position, transform.forward);
    RaycastHit hit;
    Debug.DrawRay(transform.position, transform.forward * 3, Color.blue);
    if (Physics.Raycast(ray, out hit))
    {
        var seleccion = hit.transform;
        print(seleccion.name);
        if ((OVRInput.GetDown(OVRInput.Button.PrimaryIndexTrigger) || Input.GetKey(KeyCode.Mouse0)))
        {
            switch (seleccion.name)
            {
                case "Contrangulo":
                    herramienta.cambiar_herramienta(Herramienta.estado.contrangulo);
                    break;
                default:
                    break;
            }
        }
    }
    else
    {
        indicador.position = hit.normal;
        indicador.rotation = Quaternion.FromToRotation(Vector3.up, hit.normal);
        print("No funciona");
    }
}
```

Ilustración 72: Código para manipular herramientas.

Fuente: Elaboración propia.

Una vez funciono este código con el contrangulo, solo fue necesario agregar en los casos del switch las demás herramientas odontológicas con las que se puede interactuar.



```
switch (seleccion.name)
{
    case "Contrangulo":
        herramienta.cambiar_herramienta(Herramienta.estado.contrangulo);
        break;
    case "Pinzas Algodoneras":
        herramienta.cambiar_herramienta(Herramienta.estado.pinzas);
        break;
    case "Algodón":
        if (herramienta.actual_estado==Herramienta.estado.pinzas)
        {
            herramienta.cambiar_herramienta(Herramienta.estado.algodon);
        }
        break;
    case "Espejo Dental":
        herramienta.cambiar_herramienta(Herramienta.estado.espejo);
        break;
    case "Cureta":
        herramienta.cambiar_herramienta(Herramienta.estado.cureta);
        break;
    case "Eyector":
        herramienta.cambiar_herramienta(Herramienta.estado.eyector);
        break;
    case "Explorador":
        herramienta.cambiar_herramienta(Herramienta.estado.explorador);
        break;
    case "Jeringa Triple":
        herramienta.cambiar_herramienta(Herramienta.estado.jeringa);
        break;
    case "Bandeja":
        herramienta.cambiar_herramienta(Herramienta.estado.libre);
        break;
    default:
        break;
}
```

Ilustración 73: Código lista de herramientas.

Fuente: Elaboración propia.

Ya con esta funcionalidad implementada fue posible empezar a programar la limpieza odontológica. Lo que se realizo fue asignar un collider, con la opción “Is Trigger” habilitada, a cada una de las herramientas. Se programo un método “OnTriggerStay” en el cual se realiza una validación que identifica el nombre de la herramienta que se está utilizando; si el nombre del objeto coincide con el nombre asignado, se realiza una validación que verifica si el usuario está presionando el botón del control; si esto también se cumple se elimina el sarro o la placa bacteriana de la boca del paciente, de lo contrario. Este código se asignó a cada uno de los objetos que representan sarro y/o placa bacteriana.

```
private void OnTriggerStay(Collider other)
{
    if (other.name == "Cureta")
    {
        if ((OVRInput.GetDown(OVRInput.Button.PrimaryIndexTrigger) || Input.GetKey(KeyCode.Mouse0)))
        {
            Destroy(gameObject);
            segundos = Time.time + rango;
        }

    }
    if (other.name == "Explorador")
    {
        if ((OVRInput.GetDown(OVRInput.Button.PrimaryIndexTrigger) || Input.GetKey(KeyCode.Mouse0)))
        {
            explorador.desactivar();
            segundos = Time.time + rango;
        }
    }
}
```

Ilustración 74: Código eliminar sarro y/o placa bacteriana.

Fuente: Elaboración propia.



Ilustración 75: Eliminación de sarro y/o placa bacteriana.

Fuente: Elaboración propia.

1. TESTER

8.1. Pruebas de caja blanca

8.1.1 Pruebas de manipulación de herramientas

Una de las acciones que más utilizara el usuario en la aplicación es la de agarrar herramientas para trabajar con el paciente, por esto, es importante validar que el funcionamiento de este proceso se realice de manera correcta.

Realizando las pruebas pertinentes se encontró que, este proceso funcionaba, pero no correctamente; esto se debía a que el código que reconoce que se ha agarrado un objeto se ejecuta en el método update, por consiguiente, se ejecuta muchas veces en un segundo. Al darle click con el control para agarrar el objeto, para el usuario era un click, para la maquina eran muchísimos clicks, esto depende de la velocidad de procesamiento del dispositivo, es por esto que no funcionaba correctamente el proceso.

Al intentar agarrar la herramienta esta aprecia y desaparecía constantemente, como si el usuario la estuviera agarrando y soltando varias veces, lo cual generaba que, en ocasiones, no se agarrara la herramienta.

Para solucionar este error fue necesario crear un retardo dentro de la validación que reconoce que se ha agarrado un objeto, con el fin de que se detuviera la ejecución de los frames por unas milésimas de segundo y de esta forma lograr que la maquina reconociera solo un click y no varios como lo venía haciendo.

Para esto se crearon dos variables, una para almacenar el tiempo que durara el retardo y otra que servirá como contador para alcanzar dicho tiempo. Para hacer la validación se utilizó la función Time.time que nos indica el tiempo que ha transcurrido desde el inicio de la escena y se indicó que dicho tiempo debía ser mayor a la variable asignada como contador; así se garantizó que la validación de agarrar objetos solo se ejecutara cada cinco milésimas de segundo.

Dentro de la validación, se igualo la variable utilizada como contador a la suma de la función Time.time con la variable que almacena el tiempo del retardo. Aquí es donde se está creando el retardo de cinco milisegundos.

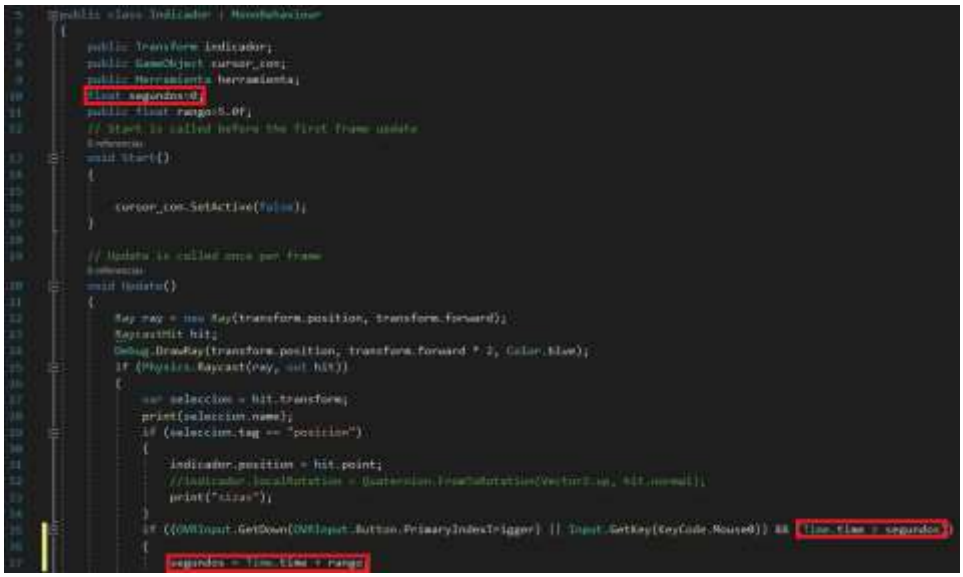


Ilustración 76: Código retardo.

Fuente: Elaboración propia.

8.1.2. Pruebas de interfaces

Realizar pruebas a las interfaces de usuario también resulta importante ya que es necesario validar que el comportamiento de estas se realice de forma correcta y eficiente, por esto fue necesario validar que los botones estuvieran bien configurados y que se dirigieran a las interfaces correctas; también era indispensable validar que el cambio entre interfaces se realizara de forma fluida.

Al realizar las pruebas se observó que todos los botones estaban bien configurados y se dirigían a los menús y submenús correctos, sin embargo, se observó que el cambio entre los menús requería de una pantalla de carga ya que, al presionar el botón, se veía la interfaz recortada y con un espacio en negro mientras cargaba la siguiente interfaz, esto ocasionaba que no se viera un cambio fluido.

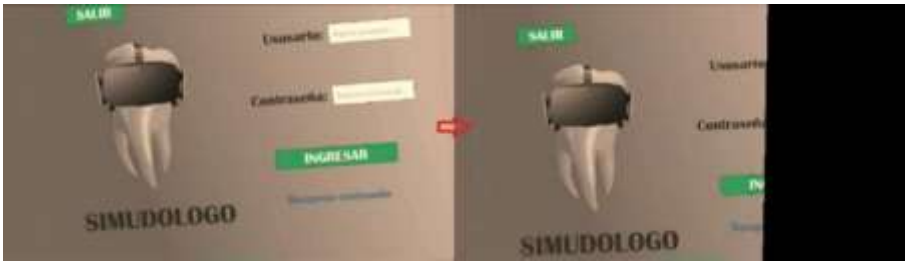


Ilustración 77: Prueba cambio entre interfaces 1.

Fuente: Elaboración propia.



Ilustración 78: Prueba cambio entre interfaces 2.

Fuente: Elaboración propia.

Para dar solución a este inconveniente se diseñó una imagen para la pantalla de carga, la cual se muestra sobre la escena y evita que se muestre este espacio negro mientras se carga la siguiente escena.

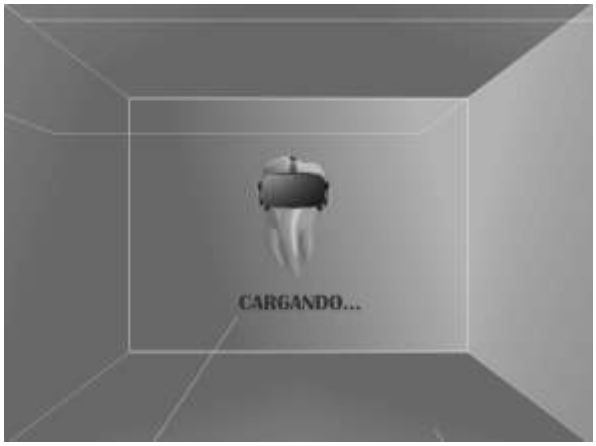


Ilustración 79: Pantalla de carga.

Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, la navegación a través de los submenús si se veía de manera fluida por lo que no fue necesario aplicar cambios en esto.

8.2. Pruebas de caja negra

8.2.1. Pruebas de experiencia de usuario

Para realizar estas pruebas se solicitó la ayuda de la asesora del proyecto, en temas odontológicos, la odontóloga Sara García, con el fin de que interactuara con la aplicación, realizara una limpieza odontológica allí y respondiera una breve entrevista (Ver anexo B). El objetivo era obtener una retroalimentación por parte de alguien con conocimiento del tema y así poder identificar fallas y corregirlas.



Ilustración 80: Pruebas odontóloga.

Fuente: Elaboración propia.

Una de las apreciaciones de la odontóloga fue que el indicador que sale del control para interactuar con los objetos de la escena era muy corto y de color muy claro, por lo que se procedió a solucionar esta falla atendiendo estas recomendaciones. Lo que se hizo fue aumentar el tamaño de la escala de la línea de 2 a 2.5, con aumentar la escala, el color ya se notaba un poco más por lo que no fue necesario cambiarlo.

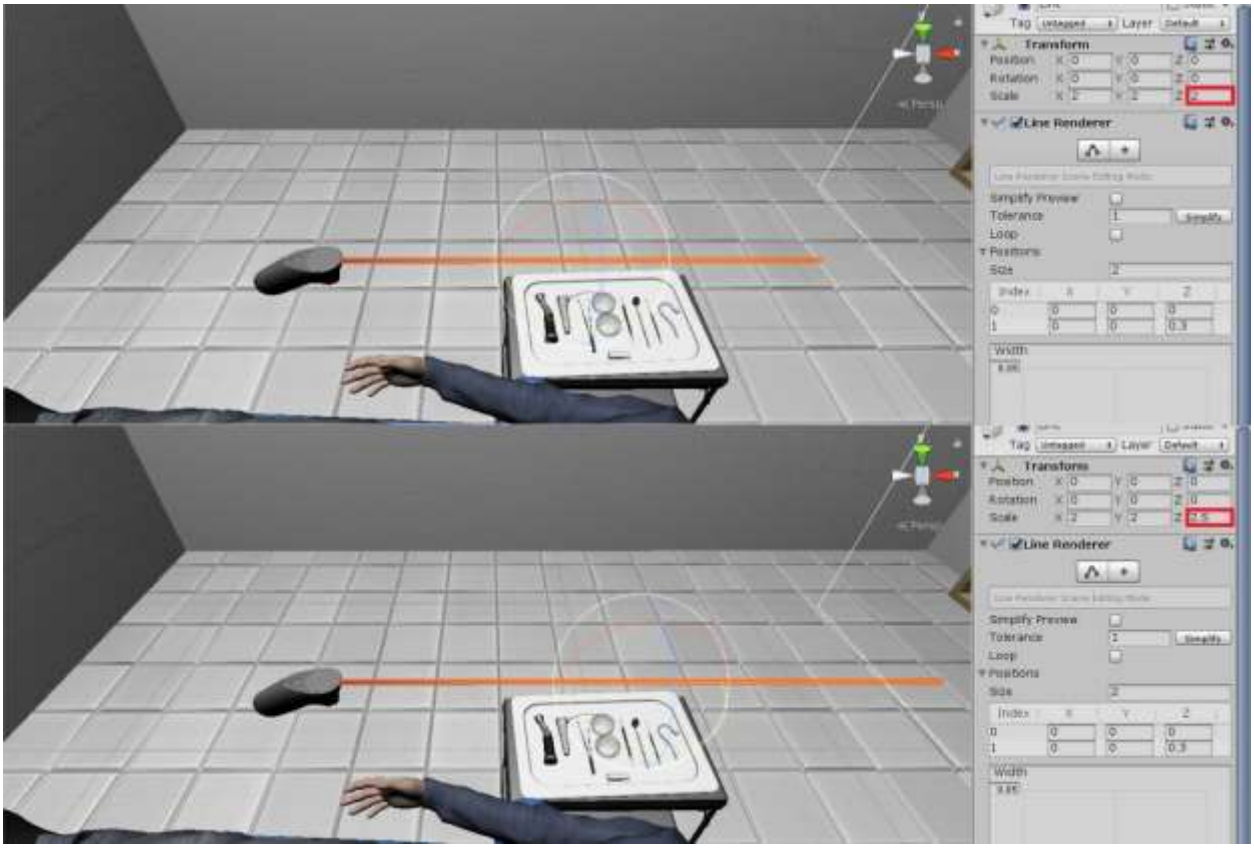


Ilustración 81: Reescalado indicador del control.

Fuente: Elaboración propia.

La odontóloga también menciona otras dos apreciaciones importantes para mejorar la aplicación; la primera era que el botón del menú se encontraba muy arriba y la segunda era que el informe se veía demasiado grande. Para dar solución a estos dos aspectos fue necesario modificar la escala del canvas que contiene estos objetos y reposicionarlos en la escena.



Ilustración 82: Reescalado y reposicionamiento de canvas.

Fuente: Elaboración propia.

8.2.2. Pruebas de consumo CPU

Para realizar esta prueba fue necesario cerrar todas las aplicaciones en ejecución, abrir el administrador de tareas y capturar los datos registrados allí. Luego se ejecutó la aplicación, se abrió nuevamente el administrador de tareas y se capturaron nuevamente los datos.



Ilustración 83: Consumo GPU.

Fuente: Elaboración propia.

El resultado de la prueba arroja los siguientes datos:

Tabla 18: Consumo GPU.

Aspecto	Antes	Después	Aumento
Uso	4%	27%	23%
Velocidad	1,52 GHz	2,17 GHz	0,65 GHz
Procesos	196	205	9
Subprocesos	2535	2757	222
Identificadores	90565	94900	4335

8.2.3. Pruebas de consumo de memoria RAM

Para realizar esta prueba fue necesario cerrar todas las aplicaciones en ejecución, abrir el administrador de tareas y capturar los datos registrados allí. Luego se ejecutó la aplicación, se abrió nuevamente el administrador de tareas y se capturaron nuevamente los datos.



Ilustración 84: Consumo RAM.

Fuente: Elaboración propia.

El resultado de la prueba arroja los siguientes datos:

Tabla 19: Consumo RAM.

Aspecto	Antes	Después	Aumento
En uso (comprimido)	6,2 GB (52,8 MB)	6,2 GB (52,8 MB)	0 GB (0 MB)
Disponible	8,5 GB	8,4 GB	-0,1 GB
Confirmada	8,8/17,2 GB	8,8/17,2 GB	0/0 GB
En cache	3,8 GB	3,8 GB	0 GB
Bloque paginado	345 MB	344 MB	-1 MB
Bloque no paginado	635 MB	636 MB	1 MB

8.2.4. Pruebas de consumo de batería

Para realizar esta prueba fue necesario cerrar todas las aplicaciones en ejecución y cargar la batería de las gafas al 100%. Luego se abrió la aplicación y se ejecutó durante 10 minutos (tiempo promedio que tarda un usuario para realizar una limpieza). Pasado el tiempo se verifico el porcentaje de batería para poder realizar el cálculo de consumo.

Tabla 20: Consumo batería.

	Inicio	Fin (10 min después)	Sin batería
Carga	100%	90%	0%
Tiempo	0 min	10 min	100 min

En los 10 minutos que duró la prueba, la batería disminuyo un 10%, haciendo una estimación podemos calcular que, en una hora y cuarenta minutos, de ejecución de la aplicación ,el dispositivo se quedara sin carga.

8.2.5. Pruebas de tiempos de carga

Para realizar esta prueba fue necesario abrir la aplicación, navegar en ella y registrar los tiempos de carga que se tomaba la aplicación para cambiar entre una escena y otra.

El resultado de la prueba arroja los siguientes datos:

Tabla 21: Prueba consumo batería.

N menú	Mp1	Mp2	Mp3	Mp4	Sm1	Sm2	Sm3	Sm4
Tiempo	1,02	0,73	2,54	1,71	0,64	0,63	0,68	0,71

- **Mp1:** Menú de login.
- **Mp2:** Menú principal estudiante.
- **Mp3:** Consultorio.
- **Mp4:** Menú de finalización.
- **Sm1:** Submenú ver informe.
- **Sm2:** Submenú ver perfil.
- **Sm3:** Submenú editar perfil
- **Sm4:** Submenú cambiar contraseña

CAPÍTULO 4.

10. CONCLUSIONES

La simulación puede ser utilizada como método de análisis; es una metodología que permite el estudio del funcionamiento de un sistema verdadero a través de observaciones en el comportamiento del sistema simulado. Permite encontrar soluciones a muchos desafíos del mundo real. Permite fallar una y otra vez, sin alterar el sistema. Permite ir mejorando en cada iteración gracias al conocimiento previamente adquirido de los fallos anteriores.

Por ello, la simulación y la realidad virtual van muy de la mano ya que la realidad virtual cuenta con la capacidad de emitir infinidad de reacciones para cada acción realizada por el usuario, ofreciendo así una experiencia inmersiva, interactiva y multisensorial; el objetivo es lograr que la brecha entre el mundo real y el artificial se disminuya.

La realidad virtual ofrece amplias posibilidades de interacción a los usuarios y permiten crear un modelo más exacto de la realidad, esto facilita la capacitación ya que le permite al usuario estar inmerso en un ambiente exento de riesgos, esto incentiva la confianza y la seguridad en sí mismo para poder tomar decisiones.

Es por esto que SIMUDOLOGO es una herramienta capaz de capacitar odontólogos en la realización de limpiezas odontológicas ya que ofrece al usuario una experiencia inmersiva, interactiva y multisensorial que se asemeja de una forma casi exacta al ambiente que día a día viven los odontólogos.

Con cada iteración realizada con la aplicación se pudo apreciar que el usuario iba mejorando y disminuyendo la cantidad de errores cometidos al tratar al paciente; el tiempo de tratamiento también iba disminuyendo. Esto permitió pensar que el usuario empezó a mecanizar el proceso lo cual es una clara señal de aprendizaje.

11. RECOMENDACIONES

Es indispensable que los lectores tengan claro que este proyecto está basado en un método de limpieza odontológica tradicional y simple, ya que este proceso puede variar debido a nuevas técnicas empleadas por los odontólogos para realizar dicho procedimiento y/o la utilización de algún instrumental más especializado.

Es importante promover el desarrollo de aplicativos en realidad virtual que permitan realizar capacitación, sin importar de que tipo, ya que este tipo de desarrollos permiten la interacción con entornos virtuales controlados donde el usuario puede experimentar todas las posibles acciones que puede realizar antes de hacer una práctica real.

Desarrollar aplicaciones robustas de realidad virtual cuentan con la desventaja de requerir un hardware potente que sea capaz de soportar la aplicación en ejecución, por esto es recomendable tener en cuenta si el costo beneficio de la aplicación suple la necesidad de desarrollo.

12. PROYECCIONES

El proyecto queda en una etapa donde se pueden tomar dos caminos:

Complementar el proceso de limpieza: El procedimiento para realizar la limpieza odontológica, utilizado para el desarrollo del proyecto, está basado en un modelo tradicional y sencillo, el cual no conlleva muchos procedimientos para su realización, sin embargo, hoy en día la limpieza odontológica agrega algunos procedimientos adicionales los cuales logran que la limpieza tenga un mejor resultado, incluso utilizando un instrumental mucho más especializado. Complementar el proyecto con estas alternativas permitiría más opciones al usuario de entrenamiento, capacitación y aprendizaje.

Agregar nuevos tratamientos: En la odontología existen diferentes tipos de tratamientos como ortodoncia, tratamientos de conducto, resinas, etc. Una buna alternativa para el proyecto es ir agregando más tratamientos con el fin de brindar al usuario diferentes posibilidades de entrenamiento, capacitación y aprendizaje, esto permitiría tener un proyecto más robusto y más llamativo para el usuario.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Suebnukarn S, Phatthanasathiankul N, Sombatweroje S, Rhienmora P, Haddawy P. (4 de mayo de 2009). Process and outcome measures of expert/novice performance on a haptic virtual reality system. Recuperado el 12 de septiembre de 2018, en: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19481326
- Bakr MM, Massey WL, Alexander H. (2011). Academic evaluation of Simodont® haptic 3D virtual reality dental training simulator. Gold Coast Health and Medical Research Conference. Recuperado el 12 de septiembre de 2018, en: https://experts.griffith.edu.au/publication/n840f54042a073124ac4e92eacf7e80d3
- Vervoorn JM, Wesselink PR (2009). The perception of the level of realism of a dental training simulator (Simodont). ACTA Conference Poster. Medicine Meets Virtual Reality (MMVR) Conference, Long Beach USA
- Parada V. (2015). Estudio exploratorio de simulador de realidad virtual como herramienta educativa odontológica en estudiantes de la universidad de chile del sexto semestre año 2014. Recuperado el 12 de septiembre de 2018, en: http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/137648/Estudio-exloratorio-de-simulador-de-realidad-virtual-como-herramienta-educativa.pdf?sequence=1
- Coro G, Suárez A, Gómez M, Gómez F. (n.d.). Didáctica de la introducción y uso de simuladores hápticos con entornos 3d en la docencia odontológica. Recuperado el 22 de septiembre de 2018, en: https://abacus.universidadeuropea.es/bitstream/handle/11268/4494/jiiu_2015_99.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- Ferran L. (15 de enero de 2015). Metodologías para el desarrollo de software seguro. Recuperado el 2 de octubre de 2018, en: https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/24902/103275.pdf
- Informativo de salud. (12 de junio de 2017). Malas prácticas dentales crean preocupación a especialistas. Recuperado el 2 de octubre de 2018, en: http://www.informativodesalud.com/1930-2/

- Joaquín, C, Abundis, B. (Diciembre de 2013). Metodologías para desarrollar software seguro Recuperado el 2 de octubre de 2018, en: http://recibe.cucei.udg.mx/revista/es/vol2-no3/pdf/computacion05.pdf
- Sanitas. (n.d.) ¿De qué se ocupa la odontología? Recuperado el 20 de octubre de 2018, en: https://www.sanitas.es/sanitas/seguros/es/particulares/biblioteca-de-salud/salud-dental/odontologia-funciones.html
- Sanitas. (n.d.). Por qué debes hacerte una limpieza bucal cada seis meses. Recuperado el 20 de octubre de 2018, en: https://www.sanitas.es/sanitas/seguros/es/particulares/biblioteca-de-salud/salud-dental/limpieza-bucal.html
- Sanitas. (n.d.). Los cinco problemas dentales más frecuentes. Recuperado el 20 de octubre de 2018, en: https://www.sanitas.es/sanitas/seguros/es/particulares/biblioteca-de-salud/salud-dental/cinco-problemas-mas-frecuentes.html
- ACTA. (n.d.). Essence. Recuperado el 10 de febrero de 2019, en: https://www.acta.nl/en/studying-at-acta/simodont/essence/index.aspx
- Coro G, Suárez A, Gómez M, Gómez F, Muñoz MJ, Dieguez M. (n.d.). Integración curricular de un laboratorio virtual inteligente para talleres de habilidades en Odontología. Recuperado el 10 de febrero de 2019, en: http://zaguan.unizar.es/record/62854/files/008.pdf?version=1
- Unidental. (26 de enero de 2017). Limpieza dental profesional, paso a paso. Recuperado el 15 de febrero de 2019, en: dentalhttp://www.unidental.es/blog/salud/limpieza-dental-profesional-paso-a-paso
- Universitat G. (n.d.) Rational Unified Process (RUP). Recuperado el 18 de febrero de 2019, en: http://ima.udg.edu/~sellares/EINF-ES2/Present1011/MetodoPesadesRUP.pdf
- Sommerville (2011) Ingeniería de software 9. México: Pearson.
- Hernández P. (10 de marzo de 2017). Tecnología de realidad virtual: Estado actual y futuros retos. Recuperado el 05 de mayo de 2019, en: https://filmora.wondershare.com/es/virtual-reality/virtual-reality-technology-current-state-and-future-challenges.html

- Novit (2007). Novint 3D haptics technology software. Recuperado el 05 de mayo de 2019, en: https://www.sandia.gov/research/research_development_100_awards/_assets/documents/2007_winners/novint_SAND2007-1997P.pdf
- Pavaloiu I, Ioanitescu R, Dragoi G, Grigorescu S, Sandu S. (21 de abril de 2016). Virtual reality for education and training in dentistry. Recuperado el 07 de mayo de 2019, en: http://www.vir-pro.ro/etapa%203/Articol%202.pdf
- Duta M, Amariei C, Bogdan C, Popovici D, Ionescu N, Nuca C. (01 de marzo de 2011). An overview of virtual and argument Reality in dental education. Recuperado el 07 de mayo de 2019, en: http://oralhealth.ro/volumes/2011/volume-1/Paper234.pdf
- DentSim Lab. (n.d.). The best dental students get better. Recuperado el 07 de mayo de 2019, en: http://dentsimlab.com/
- Dentaltix. (n.d.). Cepillos profilaxis. Recuperado el 07 de junio de 2019, en: https://www.dentaltix.com/es/cepillos-profilaxis-dental
- Dentaltix. (n.d.). Contra ángulos. Recuperado el 07 de junio de 2019, en: https://www.dentaltix.com/es/contra-angulo-dentales
- EcuRed. (n.d.) Explorador dental. Recuperado el 07 de junio de 2019, en: https://www.ecured.cu/Explorador_dental
- Dentaltix. (n.d.). Micromotores dentales. Recuperado el 07 de junio de 2019, en: https://www.dentaltix.com/es/micromotores-dentales
- Vitis. (n.d.). Profilaxis dental. Recuperado el 07 de junio de 2019, en: https://www.vitis.es/blog/glossary/profilaxis-dental/
- Dentaltix. (n.d.). Sillón dental. Recuperado el 07 de junio de 2019, en: https://www.dentaltix.com/es/sillones-dentales
- Sanitas. (2018). Curetas gracey. Recuperado el 07 de junio de 2019, en: https://www.sanitas.es/sanitas/seguros/es/particulares/biblioteca-de-salud/salud-dental/curetas-gracey.html
- QuimiNet. (27 de junio de 2012). Los eyectores de saliva en procedimientos odontológicos. Recuperado el 07 de junio de 2019, en: https://www.quiminet.com/articulos/los-eyectores-de-saliva-en-procedimientos-odontologicos-2800628.htm

- Gaceta dental. (n.d.). Instrumental dental I. Recuperado el 07 de junio de 2019, en: http://www.edu.xunta.gal/centros/iesmontecastelo/system/files/TAO_06%28250308%29.pdf
- Unity. (2018). Unity user manual (2018.3). Recuperado el 07 de junio de 2019, en: https://docs.unity3d.com/es/current/Manual/UnityManual.html
- IBM. (2003). Conceptos de interfaz de usuario. Recuperado el 07 de junio de 2019, en: https://www.ibm.com/support/knowledgecenter/es/SSFTDH_8.5.6/com.ibm.wbpm.wle.editor.doc/topics/c_uielements.html
- IBM. (2003). Casos de uso. Recuperado el 07 de junio de 2019, en: https://www.ibm.com/support/knowledgecenter/es/SSYMRC_6.0.2/com.ibm.rational.rrm.help.doc/topics/c_uc.html
- Blender. (2019). The software. Recuperado el 07 de junio de 2019, en: https://www.blender.org/about/
- EcuRed. (n.d.). Modelado. Recuperado el 07 de junio de 2019, en: https://www.ecured.cu/Modelado
- Oculus rift. (2014). Oculus rift. What is the Oculus Rift?. Recuperado el 07 de junio de 2019, en: https://web.archive.org/web/20140319175245/http://oculusriftonline.com/
- Facultad de informática de Barcelona. (n.d.). Realidad virtual. Recuperado el 07 de junio de 2019, en: https://www.fib.upc.edu/retro-informatica/avui/realitatvirtual.html
- Unity. (2019). Scripting. Recuperado el 07 de junio de 2019, en: https://docs.unity3d.com/es/current/Manual/ScriptingSection.html
- IBM. (2003). What is RUP?. Recuperado el 07 de junio de 2019, en: https://www.ibm.com/developerworks/rational/library/4763.html
- Microsoft. (2015). Ciclo de vida de desarrollo seguro de software. Recuperado el 07 de junio de 2019, en: https://social.technet.microsoft.com/wiki/contents/articles/36676.ciclo-de-vida-de-desarrollo-seguro-de-software-es-es.aspx
- Blender. (2019). License details. Recuperado el 14 de junio de 2019, en: https://www.blender.org/about/license/
- Ballatore M. (2011). El diseño de simulaciones para la capacitación empresarial. Recuperado el 14 de junio de 2019, en: http://www.americalearningmedia.com/edicion-013/150-analisis/1401-el-diseno-de-simulaciones-para-la-capacitacion-empresarial-

- Microsoft. (n.d.). Introduction. Recuperado el 14 de junio de 2019, en: https://docs.microsoft.com/en-us/dotnet/csharp/language-reference/language-specification/introduction
- Cercadillo I. (6 de noviembre de 2018). ¿Qué es la profilaxis o limpieza bucal?. Recuperado el 21 de junio de 2019, en: https://ahoa.es/la-profilaxis-limpieza-bucal/
- Rouse M. (Julio de 2018). MySQL. Recuperado el 21 de junio de 2019, en: https://searchoracle.techtarget.com/definition/MySQL
- Tecnología & informática. (n.d.). Realidad virtual: Características, objetivos e historia. Lentes y juegos. Recuperado el 21 de junio de 2019, en: https://tecnologia-informatica.com/realidad-virtual-caracteristicas-objetivos-historia-lentes-juegos/
- Unity. (2019). The world´s leading real-time creation platform. Recuperado el 21 de junio de 2019, en: https://unity3d.com/es/unity
- Rouse M. (Marzo de 2016). Oculus Rift. Recuperado el 21 de junio de 2019, en: https://whatis.techtarget.com/definition/Oculus-Rift

ANEXO A

ENTREVISTA A PROFESIONAL EN ODONTOLOGÍA – ACERCAMIENTO A LOS PROCESOS DE CAPACITACIÓN ODONTOLÓGICA EN EL ÁMBITO UNIVERSITARIO

Fecha: 20 de septiembre del 2018.
Entrevistador: Jorge Luis Roncancio Turriago, estudiante de ingeniería de sistemas de la Universidad de Cundinamarca (UDEC).
Entrevistado: Sara Lucia Garcia Berjan, profesional en odontología de la Universidad Colegios de Colombia (UNICOC).
Años/experiencia: 2.
Cargo: Odontóloga general.

Como parte de mi tesis de grado de la facultad de ingeniería de la UDEC de Colombia, estoy realizando una investigación acerca de los procesos de capacitación que reciben los odontólogos, en el ámbito universitario, específicamente en UNICOC. La información suministrada en esta entrevista es de carácter confidencial, solo será utilizada para los propósitos de la investigación. Agradezco su colaboración.

Entrevistador (E1): ¿Dónde efectuaba sus prácticas odontológicas?

Entrevistado (E2): *"Mis practicas las realice en los laboratorios de la universidad. Allí contábamos con modelos especiales para realizarlas; modelos físicos artificiales y modelos tipodonto. Aunque estos modelos son muy alejados de la realidad, puesto que no cuentan con los comportamientos de un paciente."*

E1: ¿Cómo realizaba sus prácticas odontológicas, en la universidad, antes de ejercer en el ámbito laboral?

E2: *"Las practicas se realizaban en modelos artificiales de ivorina, los cuales simulan la dentadura humana. En algunas ocasiones se realizaban las prácticas en modelos con cavidades especiales, que permitían colocar dientes naturales."*

E1: ¿Considera que el sistema actual de prácticas puede, o debe, ser mejorado para que aporte aún más en el desarrollo de competencias profesionales?

E2: *"Indubitablemente, es importante que se usen nuevos métodos y tecnologías, con el fin de crear alternativas que puedan ser más efectivas para adquirir experiencia y salir mejor preparado al ámbito profesional."*

E1: ¿Cree que los contenidos teóricos y prácticos de las asignaturas, carecen de la implementación de avances científico, tecnológico y técnico?

E2: *"Es cierto que las asignaturas contemplan las técnicas y tecnologías que se usan actualmente en el campo laboral, pero no se emplean alternativas innovadoras."*

E1: ¿Realizo prácticas en limpieza bucal?

E2: *"Si"*

E1: ¿Considera usted que las limpiezas odontológicas son un procedimiento importante para un paciente?

E2: *"Claro que sí, es importante que un paciente se realice una limpieza periódicamente (mínimo cada 6 meses) ya que esta permite contralar infecciones como las caries, enfermedades periodontales, además de permitir mantener una higiene oral adecuada."*

E1: ¿Cuáles fueron los métodos empleados por parte de la universidad para capacitarla en la realización de limpiezas odontológicas?

E2: *"La universidad cuenta con materias enfocadas en este aspecto, una de ella es 'Periodoncia', en esta asignatura, el estudiante adquiere conocimientos anatómicos de la boca, el instrumental adecuado para realizar las limpiezas, los pasos a seguir a la hora de realizar una limpieza, las técnicas que se deben emplear, las afectaciones que trae consigo no tener una adecuada higiene oral, entre otras cosas. Adicionalmente, se inician practicas entre los alumnos, orientadas por un docente, con el fin de tener mayores acercamientos a los procesos a realizar."*

E1: ¿Considera que la capacitación recibida por parte de la universidad, en el proceso de realización de limpiezas odontológicas, es suficiente y completa para enfrentarse a la vida profesional?

E2: *"La capacitación brindada por la universidad es buena, sin embargo, hubiera sido interesante recibir modelos que simularan casos extremos, con esto, es posible tener un acercamiento más real y de esta manera tener conocimiento y poder actuar ante casi cualquier situación."*

E1: ¿Considera que los estudiantes al terminar la carrera cuentan con las habilidades requeridas para realizar una correcta limpieza bucal en el campo laboral?

E2: *"No del todo, considero que, los ejercicios que se realizan en la universidad para poder lograr una correcta limpieza bucal son correctos, pero no suficientes, puesto que las prácticas realizadas no son suficientes para lograr desarrollar las habilidades y conocimientos necesarios para este procedimiento."*

E1: ¿Ha escuchado hablar de la realidad virtual?

E2: *"Un poco, sé que es un tipo de tecnología que es capaz de simular cosas reales en lugares virtuales, creando una sensación en la que uno se siente dentro del lugar."*

E1: Efectivamente, es un entrono generado por tecnología informática, capaz de hacer sentir al usuario una experiencia inmersiva. ¿Cree usted que la simulación en realidad virtual, del

proceso de realización de una limpieza odontológica, pueda contribuir a que los estudiantes salgan mejor capacitados a la vida profesional?

E2: *"Es posible, a pesar de no haber tenido acercamientos a experiencias de simulación virtual, es posible que con un buen desarrollo se logre que los estudiantes puedan tener una herramienta de apoyo que le permita disminuir su miedo y mejorar sus técnicas a la hora de enfrentar a un paciente real."*

E1: ¿Está de acuerdo que la infraestructura y herramientas que se emplean para la capacitación influye en el desarrollo de las competencias profesionales y en el desempeño laboral?

E2: *"Si, es un factor determinante en la capacitación, ya que son cosas pensadas con un objetivo claro y disponen de todos los recursos necesarios para que se desarrollen competencias en su realización y vaya mejorando el desempeño según avance y tiempo. Sin embargo, es común que se requiera del uso de prácticas adicionales de forma independiente."*

ANEXO B

ENTREVISTA A PROFESIONAL EN ODONTOLOGÍA – RETROALIMENTACION DEL FUNCIONAMIENTO DE LA APLICACIÓN TERMINADA

Fecha: 2 de septiembre del 2019.
Entrevistador: Jorge Luis Roncancio Turriago, estudiante de ingeniería de sistemas de la Universidad de Cundinamarca (UDEC).
Entrevistado: Sara Lucia Garcia Berjan, profesional en odontología de la Universidad Colegios de Colombia (UNICOC).
Años/experiencia: 3.
Cargo: Odontóloga general.

Como parte de mi tesis de grado de la facultad de ingeniería de la UDEC de Colombia, estoy realizando las pruebas de experiencia de usuario para validar el funcionamiento del software terminado. La información suministrada en esta entrevista es de carácter confidencial, solo será utilizada para los propósitos de la investigación. Agradezco su colaboración.

Entrevistador (E1): Luego de probar la aplicación ¿Qué opina usted que se puede modificar para mejorar la experiencia del usuario?

Entrevistado (E2): *"Siento que el rayo que se muestra como guía para seleccionar las herramientas es muy clarito y el alcance es muy corto; cuando intenté apuntar al botón del menú dentro del consultorio no podía observar el rayo y no sabía hacia donde estaba apuntando y cuando por fin lo abrí, volví a tener el mismo problema para poder seleccionar alguna de las opciones; siento que el botón del menú está ubicado muy arriba."*

E1: Qué opinión tiene acerca de la navegación por las interfaces de usuario, es decir, la navegación por los menús ¿Le parece fácil de entender? ¿Cree que se deberían mejorar?.

E2: *"La navegación por los menús fue una de las cosas que más me gustaron, es muy fluida, fácil de entender, organizada y agradable a la vista; creo que no es necesario modificarla. Además, me gusta que los menús no estén muy cargados de información"*

E1: ¿El proceso de la limpieza odontológica le parece que quedo bien implementado?

E2: *"Si, cubre todo el proceso de limpieza de forma detallada y los menús informativos son bastante claros; el informe que muestran como método de guía durante la limpieza me parece chévere ya que en las historias clínicas reales se utiliza algo parecido, aunque sí creo que deberían ubicarlo un poco mejor ya que es muy grande."*

E1: ¿Le agregaría o le quitaría algo?

E2: *"De pronto le agregaría instrumentales más modernos, hoy en día existen herramientas como el micromotor que facilitan la realización de la limpieza, pero el método utilizado en el programa es el tradicional; como método básico para alguien que hasta ahora está aprendiendo me parece que está completo."*

E1: ¿Considera entonces que el simulador cumple con los requisitos para poder capacitar a odontólogos en la realización de limpiezas odontológicas?

E2: *"Si, como te dije antes, el procedimiento de limpieza odontológica tradicional esta completo y de una forma muy detallada, donde se explica paso a paso que se debe hacer. Considero que puede ser una buena herramienta para odontólogos en formación, puede utilizarse como una herramienta de apoyo para realizar prácticas."*

E1: ¿Cree usted que el simulador se asemeja de forma exacta o casi exacta a un ambiente del día a día de un odontólogo?

E2: *"De forma exacta no, pero si trata de parecerse; es muy difícil, en mi punto de vista, que una herramienta virtual brinde las mismas sensaciones que puede brindar atender un paciente*

real, sin embargo, si tuviera que darle un porcentaje de similitud le daría un 80% porque si creo que permite tener acercamientos a una situación real."

E1: A medida que fue realizando interacciones con el software ¿Noto que la cantidad de errores cometidos y el tiempo de trabajo disminuía?

E2: *"Si, creo que al principio falle mucho porque apenas estaba conociendo el funcionamiento del programa, ya en los siguientes intentos cometí menos errores y como ya sabía que tenía que hacer no malgaste el tiempo, sino que de una fui al procedimiento."*

E1: Con esta apreciación suya es posible considerar que lo que paso fue que mecanizo el proceso.

E2: *"Posiblemente, igual es lo mismo que pasa en el día a día de un odontólogo, una vez sales de la universidad y empiezas a trabajar, mecanizas todos los procedimientos y ya lo haces más rápido."*

E1: ¿Desea realizar algún aporte o reflexión de su experiencia con la aplicación?

E2: *"Me pareció una experiencia bastante agradable y entretenida; me parece que es una herramienta muy útil y cómoda de utilizar; no es muy completa en cuanto a procedimientos, pero cumple con lo que promete. Muy buen trabajo."*